

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA



“INFLUENCIA DEL CAUDAL Y TIEMPO DE RIEGO EN LA
GEOMETRÍA DEL BULBO HÚMEDO CON RIEGO POR GOTEO
SUBTERRÁNEO EN YUNGAY Y MARCARÁ, 2019”
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

Bach. MELIZA MARGARITA OORTEGUI CALIXTO

Asesor:

ING. MAG. REYES ROQUE ESTEBAN PEDRO
HUARAZ-ANCASH-PERÚ

2022





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por la Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola **MELIZA MARGARITA OLORTEGUI CALIXTO**, denominada: **"INFLUENCIA DEL CAUDAL Y TIEMPO DE RIEGO EN LA GEOMETRÍA DEL BULBO HUMEDO CON RIEGO POR GOTEO SUBTERRANEO EN YUNGAY Y MARCARA, 2019"**, Escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

A P R O B A D A

CON EL CALIFICATIVO (*)

QUINCE (15)

En consecuencia, queda en condición de ser calificada APTO por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de INGENIERA AGRÍCOLA, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 03 de febrero de 2023.

Dr. TEÓFANES MEJÍA ANAYA

PRESIDENTE

Dr. TORIBIO MARCOS REYES RODRÍGUEZ

SECRETARIO

Dr. TITO MONER TINOCO MEYHUAY

VOCAL

Mag. ESTEBAN PEDRO REYES ROQUE

ASESOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19 - 20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17 - 18), APROBADO (14 - 16), DESAPROBADO (00 - 13).



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada "INFLUENCIA DEL CAUDAL Y TIEMPO DE RIEGO EN LA GEOMETRÍA DEL BULBO HUMEDO CON RIEGO POR GOTEO SUBTERRANEO EN YUNGAY Y MARCARA, 2019", presentada por la Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola **MELIZA MARGARITA OLORTEGUI CALIXTO**, y sustentada el día 03 de febrero del 2023, con Resolución Decanatural N° 038-2023 - UNASAM - FCA, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 03 de febrero de 2023.

Dr. **TEÓFANES MEJÍA ANAYA**

PRESIDENTE

Dr. **TORIBIO MARCOS REYES RODRÍGUEZ**

SECRETARIO

Dr. **TITO MONER TINOCO MEYHUAY**

VOCAL

Mag. **ESTEBAN PEDRO REYES ROQUE**

ASESOR



NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS PROFESIONAL-MELIZA M. OLORT
EGUI CALIXTO.docx**

AUTOR

Meliza Margarita Olortegui Calixto

RECUENTO DE PALABRAS

12234 Words

RECUENTO DE CARACTERES

60318 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

111 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

26.7MB

FECHA DE ENTREGA

Feb 23, 2023 4:14 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 23, 2023 4:15 PM GMT-5**● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente

LISTA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Objetivos.....	4
1.1.1. Objetivo general.....	4
1.1.2. Objetivos específicos.....	4
1.2. Hipótesis.....	4
I. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.2. Bases teóricas.....	5
2.2.1. Riego localizado.....	7
2.2.2. Riego por goteo subterráneo (RGS).....	7
2.2.3. Componentes de un sistema de riego por goteo.....	10
2.2.4. Evaluación de uniformidad de riego.....	10
2.2.5. Aspectos hidráulicos de los goteros.....	11
2.2.6. Geometría del bulbo húmedo.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Ubicación de los campos experimentales.....	15
3.1.1. Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba.....	15
3.1.2. Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi.....	15
3.2. Materiales.....	16
3.2.1. Materiales de campo.....	16
3.2.2. Materiales de gabinete.....	17
3.2.3. Herramientas de trabajo.....	17

3.2.4. Equipos de gabinete	17
3.3. Metodología	17
3.3.1. Tipo de Investigación.....	17
3.3.2. Variables de investigación	18
3.3.3. Diseño de investigación	18
3.3.4. Tratamiento de investigación.....	18
3.3.5. Análisis estadístico.....	19
3.3.6. Características de la parcela experimental.....	20
3.3.7. Estudio de suelos.....	22
3.4. Procedimiento de campo.....	23
3.4.1. Preparación de terreno	23
3.4.2. Instalación del sistema de riego	23
3.5. Coeficiente de uniformidad de sistema de riego por goteo subterráneo.....	24
3.6. Instalación de bloques.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. Clase textural de los suelos	26
4.2. Coeficiente de uniformidad de sistema de riego.....	26
4.2.1. Influencia del caudal del emisor y tiempo de riego	27
4.2.2. Análisis estadístico de radio de bulbo húmedo en Marcará y Cañasbamba	46
4.2.3. Análisis estadístico de profundidad de bulbo húmedo en Marcará y Cañasbamba.....	48
4.2.4. Radio y profundidad del bulbo húmedo en Marcará	51
4.2.5. Radio y profundidad del bulbo húmedo en Cañasbamba	54
V. CONCLUSIONES.....	57

VI. RECOMENDACIONES	59
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
VIII. ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Triángulo textural del suelo.....	13
Figura 2. Croquis de la distribución de las unidades experimentales.....	23
Figura 3. Radio del bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal.....	27
Figura 4. Curva de densidad de los residuos del radio de bulbo húmedo.....	28
Figura 5. Radio del bulbo húmedo versus caudal y tiempo.....	30
Figura 7. Profundidad de bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal.....	32
Figura 8. Curva de densidad de los residuos de profundidad de bulbo húmedo	33
Figura 9. Profundidad del bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal	34
Figura 10. Radio de bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal.....	36
Figura 11. Histograma de los residuos para la variable radio de bulbo húmedo	37
Figura 12. Radio del bulbo húmedo en función a la interacción caudal y tiempo.....	39
Figura 13. La profundidad del bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal	40
Figura 14. Curva de densidad de los residuos de profundidad de bulbo húmedo	41
Figura 15. Profundidad del bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal	43
Figura 16. Curva de densidad del radio de bulbo húmedo en Cañasbamba y Marcará.....	46
Figura 17. Radio de bulbo húmedo en suelo franco arenoso	47
Figura 18. Diagrama de cajas de la profundidad del bulbo húmedo.....	48
Figura 19. Profundidad de bulbo húmedo en suelo franco arenoso.....	49
Figura 20. Geometría del bulbo húmedo con 1h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h.....	51
Figura 21. Geometría del bulbo húmedo con 2h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h.....	52
Figura 22. Geometría del bulbo húmedo con 3h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h.....	53
Figura 23. Geometría del bulbo húmedo con 1h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h.....	54

Figura 24. Geometría del bulbo húmedo con 2h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h.....	55
Figura 25. Geometría del bulbo húmedo con 3h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h.....	56
Figura 26. Grafica de tiempo de riego (h) vs Caudal de emisor (l/h)	57
Figura 27. Grafica de tiempo de riego (h) vs Caudal de emisor (l/h)	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas del riego por goteo subterráneo	9
Tabla 2. Valores recomendados para coeficiente de uniformidad	11
Tabla 3. Análisis de varianza para un modelo factorial en parcelas divididas	17
Tabla 4. Descripción de los tratamientos de investigación.....	18
Tabla 5. Clasificación textural del suelo.....	26
Tabla 6. Coeficiente de uniformidad de riego.....	26
Tabla 7. Análisis de varianza del radio de bulbo húmedo	29
Tabla 8. Estadísticos del radio de bulbo húmedo para la interacción.....	30
Tabla 9. Análisis de varianza de la profundidad del bulbo húmedo	34
Tabla 10. Estadísticos de la profundidad de bulbo húmedo para la interacción.....	34
Tabla 11. Análisis de varianza del radio de bulbo húmedo	38
Tabla 12. Estadísticos del radio del bulbo húmedo para la interacción.....	42
Tabla 13. Análisis de varianza de la profundidad del bulbo húmedo	43
Tabla 14. Estadísticos de la profundidad de bulbo húmedo para la interacción.....	43
Tabla 15. Pruebas de varianza y media para el radio de bulbo húmedo	47
Tabla 16. Pruebas de varianza y media para la profundidad de bulbo húmedo.....	49
Tabla 17. Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Marcará.....	51
Tabla 18. Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Marcará.....	52
Tabla 19. Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Marcará.....	53
Tabla 20. Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Cañasbamba.....	54
Tabla 21. Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Cañasbamba.....	55
Tabla 22. Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Cañasbamba.....	56

Tabla 23. Dimensión de diámetro (X) y profundidad (Y) de Marcará	57
Tabla 24. Dimensión de diámetro (X) y profundidad (Y) de Cañasbamba	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis de la parcela experimental.....	62
Anexo 2. Análisis de suelo	63
Anexo 3. Ecuación del emisor	65
Anexo 4. Datos para determinar el coeficiente de uniformidad de riego en Marcará.....	66
Anexo 5. Cálculo del coeficiente de uniformidad de riego por goteo en Cañasbamba.....	69
Anexo 6. Radio y profundidad de bloques en Marcará	72
Anexo 7. Radio y profundidad de los Bloques en Cañasbamba.....	81
Anexo 8. Valores numéricos de Marcará para el análisis estadístico.....	90
Anexo 9. Valores numéricos de Cañasbamba para el análisis estadístico.....	92
Anexo 10. Preparación de terreno para la instalación de riego por goteo	94
Anexo 11. Marcado para la instalación de las tuberías de laterales	95
Anexo 12. Instalación del sistema por goteo subterráneo	96
Anexo 13. Medida de C.U del sistema de riego por goteo subterráneo	97
Anexo 14. Instalación de las tuberías laterales a 15cm de profundidad.....	98
Anexo 15. Medidas del perfil del bulbo húmedo	99

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de caudal y tiempo de riego en la geometría del bulbo húmedo con riego por goteo subterráneo en los Centros de Investigación y experimentación Cañasbamba y Allpa Rumi. La metodología consistió en el análisis estadístico de Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial de parcelas divididas, el análisis se realizó mediante el Software R versión 3.6.2. Para adquirir las medidas de radio y profundidad con sistema de riego subterráneo (enterrado a 15 cm), se desarrolló con la excavación donde se ubica cada emisor, en dirección del lateral y hasta la profundidad de influencia del riego, aplicando tres caudales 2 l/h, 4 l/h y 8 l/h y tres tiempos de riego de 1, 2 y 3 horas, con tres repeticiones para cada tratamiento. Los resultados del radio del bulbo húmedo, de la parcela experimental en Marcará, en función del caudal del emisor y tiempo de riego son 63.707 cm y 20.210 cm, para los caudales de 8 l/h y 2 l/h, con tiempo 3 h y 1 h respectivamente. La profundidad promedio del bulbo húmedo, en función del caudal del emisor y tiempo de riego son 63.707 cm, 40.660 cm, para los caudales de 8 l/h y 2 l/h, con tiempo 3 h y 1h respectivamente. Los resultados del radio promedio del bulbo húmedo, de la parcela experimental de Cañasbamba, en función del caudal del emisor y tiempo de riego son 30.187 cm y 17.147 cm, para los caudales de 8 l/h y 2 l/h, con tiempo 3 h y 1 h respectivamente. La profundidad promedio del bulbo húmedo, en función del caudal del emisor y tiempo de riego, son 71.407 cm y 47.440 cm, para los caudales de 8 l/h y 2 l/h, con tiempo 3 h y 1 h respectivamente. Los resultados demostraron la influencia de las variables independientes (caudal de goteo y tiempo de riego), sobre las dimensiones de la variable dependiente (radio y profundidad).

Palabras claves: bulbo húmedo, riego por goteo subterráneo, caudal de riego, tiempo de riego.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to determine the influence of flow and irrigation time on the geometry of the wet bulb with subterranean drip irrigation in the Cañasbamba and Allpa Rumi Research and Experimentation Centers. The methodology consisted of the statistical analysis of Random Complete Block Design (DBCAs) with factorial arrangement of divided plots, the analysis was carried out using Software R version 3.6.2. To acquire the measurements of radius and depth with an underground irrigation system (buried at 15 cm), it was developed with the excavation where each emitter is located, in the direction of the side and up to the depth of influence of the irrigation, applying three flows 2 l/h, 4 l/h and 8 l/h and three irrigation times of 1, 2 and 3 hours, with three repetitions for each treatment. The results of the radius of the wet bulb, of the experimental plot in Marcará, depending on the flow of the emitter and irrigation time are 63,707 cm and 20,210 cm, for the flows of 8 l/h and 2 l/h, with time 3 h and 1 h respectively. The average depth of the wet bulb, depending on the flow rate of the emitter and irrigation time, are 63,707 cm, 40,660 cm, for flows of 8 l/h and 2 l/h, with a time of 3 h and 1 h respectively. The results of the average radius of the wet bulb, of the experimental plot of Cañasbamba, depending on the emitter flow and irrigation time are 30,187 cm and 17,147 cm, for the flows of 8 l/h and 2 l/h, with time 3 h and 1 hour respectively. The average depth of the wet bulb, depending on the emitter flow and irrigation time, are 71,407 cm and 47,440 cm, for flows of 8 l/h and 2 l/h, with a time of 3 h and 1 h respectively. The results demonstrated the influence of the independent variables (drip flow rate and irrigation time) on the dimensions of the dependent variable (radius and depth).

Keywords: Wet bulb, subsurface drip irrigation, irrigation flow, irrigation time.

I. INTRODUCCIÓN

El riego por goteo subterráneo (RGS), es considerado como la forma más eficaz de proporcionar agua y nutrientes directamente a las plantas, en la mayoría de los casos, reduce significativamente las pérdidas de evaporación directa, escorrentía y percolación profunda, también evita el crecimiento de las malezas alrededor de los cultivos. El RGS proporciona valores de eficiencia de riego superiores al 95 %, entonces más del 95 % del agua suministrada es mantenida en la zona de raíces siendo beneficiosa para los cultivos (Bourziza et al., 2014).

El bulbo húmedo es el volumen de suelo humedecido por un emisor de riego localizado. El movimiento del agua en el suelo determina la forma y el tamaño del bulbo húmedo, que tiene una gran importancia, ya que en él se desarrolla el sistema radical de las plantas (Fuentes, 2009).

La estimación de la dimensión del bulbo húmedo formado a partir del caudal del emisor y tiempo de riego, es importante para determinar la cantidad de emisores en una determinada área y así planificar el diseño del sistema de riego por goteo .

En el análisis estadístico se determinó la influencia del caudal de goteo y tiempo de riego, sobre la geometría del bulbo húmedo. A medida que aumenta la aplicación de caudal de goteo y tiempo de riego, aumenta las dimensiones de radio y profundidad del bulbo húmedo.

1.1.Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar la influencia del caudal y tiempo de riego en la geometría del bulbo húmedo con riego por goteo subterráneo en Marcará y Yungay.

1.1.2. Objetivos específicos

- 1) Realizar el riego por goteo subterráneo en las parcelas experimentales, para determinar la geometría del bulbo húmedo, mediante la aplicación de tres caudales de goteo y tres tiempos de riego.
- 2) Analizar estadísticamente la influencia del caudal de goteo y tiempo de riego en la geometría del bulbo húmedo.

1.2.Hipótesis

El caudal del emisor y el tiempo de riego influyen en la geometría del bulbo húmedo, con la aplicación de riego por goteo subterráneo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Brito (2014), en la tesis “Estudio de la influencia del tipo de suelo, caudal de goteo y tiempo de riego en la geometría del bulbo de humedecimiento”, menciona que el objetivo es evaluar estadísticamente la influencia del tipo de suelo, caudal de goteo y tiempo de riego en la geometría del bulbo de humedecimiento y generar información experimental de dimensiones de radio y profundidad de bulbo de humedecimiento en tres tipos de suelo para su uso en la optimización del diseño agronómico de sistemas de riego por goteo en nuestra región, la metodología para el experimento se desarrolló mediante un diseño completamente randomizado con arreglo de parcela dividida, donde el caudal de goteo es el factor instalado como parcela principal y el tiempo de riego como sub-parcela, con tres (3) repeticiones por tratamiento. En las tres parcelas se desarrollarán el mismo tipo de instalación experimental y se usará los mismos equipos. Después de la aplicación de agua por goteo en todo el sistema y con un tiempo considerado, se iniciará con la excavación de terreno, cortando el círculo mojado por el punto de goteo en dirección del lateral y hasta la profundidad de influencia del riego, donde se definirá la forma del bulbo de humedecimiento, teniendo como resultado el radio y profundidad del bulbo húmedo, llevando a cabo los análisis estadísticos según el diseño experimental (parcelas divididas) planteados para tipos de suelo, con el análisis de varianza (ANVA) determinándose que: el caudal de goteo y tiempo de riego influyen muy significativamente en las dimensiones de profundidad y radio del bulbo de humedecimiento o VSH.

Ticona (2013), en la tesis “Determinación del bulbo húmedo con goteros de diferente caudal en dos suelos, La Molina-Lima y Viru-Trujillo”, indica que el objetivo es determinar del bulbo húmedo del riego por goteo, en dos suelos típicos de la costa peruana, la metodología para realizar las evaluaciones del bulbo húmedo en los suelos franco y arenoso con el sistema de riego por goteo con tres caudales (1,1 l/h, 1,6 l/h y 2,2 l/h), con tiempos de aplicación de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 horas, mediante el diseño estadístico de bloques completamente al azar con 18 tratamientos para cada tipo de suelo y con 6 repeticiones. Con pruebas de campo, se determinaron la forma y dimensión del bulbo húmedo, realizando un corte al suelo (calicata) con una pala, en sentido transversal a la dirección del sentido de los laterales, las dimensiones longitudinales se determinarán con wincha y con una regla de metal, obteniéndose los resultados de acuerdo a los datos registrados en las pruebas de campo, la forma geométrica que más se aproxima y describe el bulbo húmedo en el suelo franco es de un elipsoide truncado mientras que en un suelo arenoso es de un elipsoide alargado truncado.

Mujica, Carmenates y Paneque (2012), en el artículo “Determinación de la forma y dimensiones del bulbo húmedo en el riego subterráneo para el cultivo de la caña de azúcar”, indican que el objetivo es determinar las características hidroedafológicas del suelo ferralítico rojo con fines del diseño de los sistemas de micro irrigación, la metodología utilizada para la determinación de las características hidráulicas del suelo fue mediante la medición de los radios de humedecimiento de los emisores para cada uno de los siguientes tiempos de aplicación: 1 minutos, 5 minutos, 10 minutos, 20 minutos, 30 minutos. Después del tiempo de aplicación se abrirá una

zanja según la línea recta que pasa por el punto donde está situado el emisor, para medir el diámetro de humedecimiento y profundidad total y dibujar con precisión la forma del suelo humedecido, obteniéndose los resultados de la relación entre el radio de humedecimiento y el volumen de agua aplicada por el emisor DRIPNET en suelos Ferralíticos Rojos. La longitud del diámetro de humedecimiento tiende a estabilizarse a partir 5,2 litros a unos 48cm, por lo que el máximo espaciamiento entre emisores puede garantizar una franja continua de humedad y un solapamiento entre bulbos de un 10%, siendo el espaciamiento entre emisores de 48cm. Teniendo como conclusión que a medida que se incrementa el volumen de agua aplicado el frente de humedad avanzara tanto en profundidad como en sentido horizontal desde el emisor aumentando el volumen de suelo humedecido.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Riego localizado

El riego por goteo es la aplicación del agua gota a gota sobre la superficie del suelo o subterráneo, utilizando tuberías a presión y emisores, de manera que la humedad se mantenga relativamente constante .

Con el riego localizado se puede suministrar agua y fertilizantes directamente a la superficie del suelo, generando que la zona radicular contenga mejores característica biológicos, físicos y químicos, que favorezcan con el rendimiento de los cultivos (Fernández et al. 2010).

2.2.2. Riego por goteo subterráneo (RGS)

El sistema de riego subterráneo es una alternativa para incrementar la productividad del agua en la agricultura, consistiendo en la aplicación de agua de forma

localizada gota a gota bajo la superficie del suelo, mediante emisores con caudales de descarga similares a los goteros superficiales (Salvador y Aragüés, 2013).

El RGS es considerado como la forma más eficaz de proporcionar agua y nutrientes directamente a las plantas, reduce significativamente las pérdidas de evaporación directa, escorrentía y percolación profunda, también evita el crecimiento de las malezas alrededor de los cultivos. El RGS proporciona valores de eficiencia de riego superiores al 95 %, entonces más del 95 % del agua suministrada es mantenida en la zona de raíces siendo beneficiosa para los cultivos (Bourziza et al. 2014).

La profundidad de instalación del lateral de portagoteros dependerá del cultivo y tipo de suelo. Por lo tanto, la óptima profundidad de instalación es desconocida para cada cultivo (Fernández et al. 2010).

Tabla 1

Ventajas y desventajas del riego por goteo subterráneo

Ventajas	Desventajas
Categoría I: Problemas de agua y suelo	
Disminución o eliminación de escorrentía, mínima lixiviación de nutrientes y químicos por percolación profunda.	Pequeño patrón de humectación en suelos de textura gruesa donde se presenta un desarrollo radicular reducido.
Mayor eficiencia en el uso del agua.	Seguimiento y evaluación de eventos de riego
Mayor uniformidad en la aplicación de agua.	Menor movimiento del agua hacia arriba
Categoría II: Cultivo y prácticas culturales	
Incrementa el crecimiento, calidad y rendimiento de la planta y un mayor control de malezas y enfermedades por hongos.	Menores opciones de labranza: Operaciones de arado limitadas por la colocación de los laterales de riego.

Mayor eficiencia en la aplicación de fertilizantes y pesticidas	Menor desarrollo radicular de las plantas
No es necesario que el sistema sea removido entre campañas.	Problemas de desarrollo de las plantas: Algunos cultivos pueden no desarrollarse adecuadamente bajo RGS en algunos tipos de suelos y/o climas.
Categoría III: Infraestructura del sistema	
Disminución de costos energéticos: Las presiones de trabajo son por lo general menores que algunos sistemas de riego por aspersión.	Costos: Tiene un alto costo de inversión inicial comparado con otras alternativas de sistemas de riego.
Problemas de integridad del sistema: Hay un menor número de piezas mecanizadas en comparación con otros sistemas de riego, además los componentes a menudo son de plástico y menos sujetos a problemas de corrosión.	Otros problemas de mantenimiento: El mantenimiento oportuno, permanente y las reparaciones son un requisito. Las líneas de goteo deben ser monitorizados para detectar la intrusión de raíces.
Diseño flexible: Existe una mayor adecuación a la forma y del tamaño del campo en comparación con otros sistemas de riego por aspersión y de pivote central.	Problemas operacionales: Hay menos indicadores visuales de funcionamiento del sistema y de la uniformidad de la aplicación. Es necesario el uso de medidores de flujo y medidores de presión para determinar si el sistema está funcionando correctamente.
Longevidad del sistema: Su larga vida útil permite la amortización de los costos de inversión.	Problemas de diseño: Errores de diseño son más difíciles de resolver puesto que la mayor parte del sistema está bajo tierra.

Fuente: (Lamm, 2002)

2.2.3. Componentes de un sistema de riego por goteo

Los principales componentes del sistema de riego por goteo son:

a. Cabezal de riego.

Es el conjunto de elementos que maneja toda la instalación donde se provee presión, se mide el caudal del sistema, se instala el filtro, se inyecta fertilizante, se mide volúmenes, presiones, y se puede controlar en forma manual o automática el funcionamiento del sistema de riego (Ciancaglini, 2015).

b. Red de distribución.

Conducen el agua y los fertilizantes desde el cabezal de riego hasta los emisores o goteros (Salvador y Aragués, 2013).

c. Líneas de goteros.

Son mangueras de polietileno donde se integrarán los goteros. El espaciamiento entre emisores y el caudal de cada emisor depende de las demandas del cultivo (Rogers et al., 2018).

d. Goteros.

En los goteros o emisores el agua pierde su presión a causa del recorrido interno que ha de atravesar, aportando el agua en forma de gotas, a caudales reducidos y a baja presión, saturando un volumen de suelo. Una de las características más importantes en los goteros es su sensibilidad a la obturación, que depende de la velocidad con que se traslada el agua (Reche, 1994).

2.2.4. Evaluación de uniformidad de riego

Para evaluar la uniformidad de riego se utiliza el coeficiente de uniformidad (CU) y con este valor se detectarán faltas de eficiencia y se solucionarán pequeños

problemas que mejorarán el funcionamiento de la instalación, el coeficiente de uniformidad (Quiñones, 2011).

$$C_u = \frac{Q_{25\%}}{Q_a} * 100 \quad (2.1)$$

Donde:

Q_a = Caudal promedio de una instalación de riego.

$Q_{25\%}$ = Caudal promedio del 25% de emisores con caudal más bajo.

Dependiendo del valor del coeficiente de uniformidad, la calificación de la instalación de riego será la que se muestra en el Tabla 2.

Tabla 2.

Valores de Coeficiente de uniformidad

Valor CU	Estado
90% - 100%	Excelente
80% - 90%	Buena
70% - 80%	Aceptable
< 70%	Inaceptable

Fuente: (Quiñones, 2011)

2.2.5. Aspectos hidráulicos de los goteros

Relación del caudal y presión del gotero

El caudal que descarga un emisor está relacionado con la presión hidráulica existente a su entrada, mostrándose en la siguiente ecuación.

$$q = Kh^x \quad (2.2)$$

Donde:

q = caudal del emisor (l/h)

K = coeficiente de descarga (adimensional)

h = presión a la entrada del emisor (m.c.a)

x = exponente de descarga (adimensional)'

2.2.6. Geometría del bulbo húmedo

Se llama bulbo húmedo al volumen de suelo humedecido por un emisor de riego localizado. El movimiento del agua en el suelo determina la forma y el tamaño del bulbo húmedo, que tiene una gran importancia, ya que en él se desarrolla el sistema radical de las plantas. El agua en el suelo se mueve en todas direcciones, pero en unos casos lo hace con mayor facilidad que en otros, dependiendo de la porosidad del suelo: en los poros grandes el agua circula por su propio peso, desde arriba hacia abajo, mientras que en los poros pequeños el agua circula por capilaridad en todas direcciones (Fuentes, 2009). La forma y tamaño del bulbo húmedo dependen de los siguientes factores:

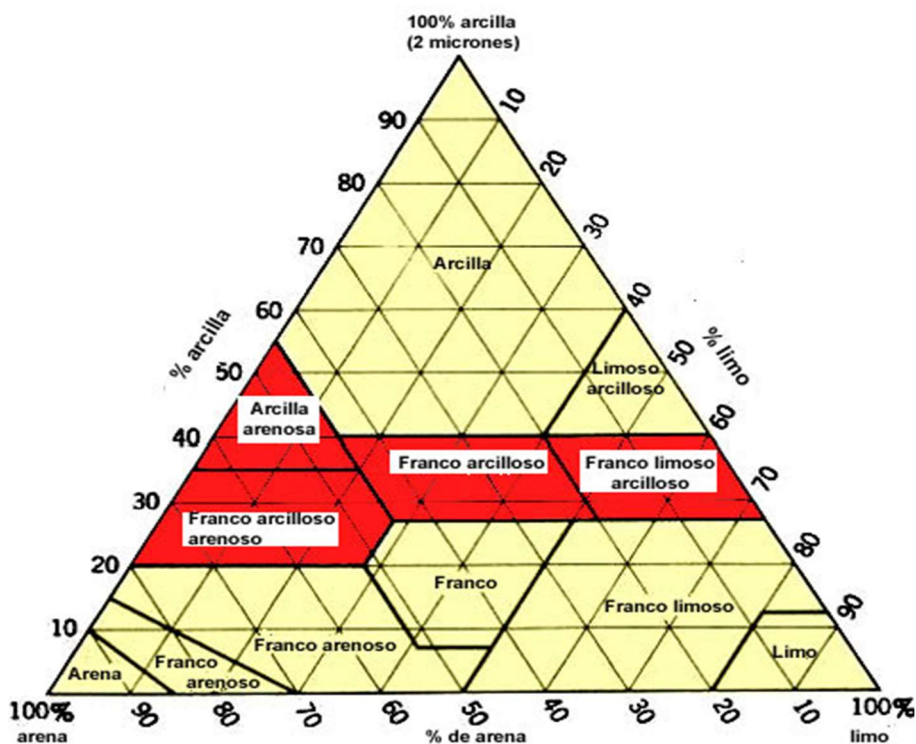
a. Textura del suelo.

La textura es la composición granulométrica de la fracción inorgánica del suelo, usualmente los suelos se separan en tres clases por tamaño denominados arena, limo y arcilla, la textura del suelo se determina por procedimientos de laboratorio con el uso del método del hidrómetro o de Bouyucos (Jordán, 2006).

En suelos arenosos, con gran cantidad de poros grandes, el agua circula con mayor facilidad hacia abajo, mientras que en suelos arcillosos el agua se extiende con más facilidad hacia los lados. En consecuencia, en suelos arenosos el bulbo tiene forma alargada y en suelos arcillosos tiene forma achatada (Fuentes, 2009). En la figura 1, se muestra el triángulo textural del suelo.

Figura 1

Triángulo textural del suelo



Fuente: (Jordán, 2006)

b. El caudal de gotero.

Cuando el agua empieza a salir por un emisor se forma un pequeño charco, a la vez que el suelo empieza a absorber agua en toda la superficie del mismo. El tamaño del charco depende del caudal que sale por el emisor: a mayor caudal corresponde una superficie mayor del charco y, por tanto, un bulbo más extendido en sentido horizontal (Fuentes, 2009).

c. El tiempo de riego.

A medida que aumenta el tiempo de riego (con caudal constante en el emisor) el tamaño del bulbo aumenta en profundidad, y aumenta su extensión en sentido horizontal (Fuentes, 2009).

d. Profundidad de la línea porta-goteros.

La profundidad ideal depende de la estructura y textura del suelo, del patrón de desarrollo de las raíces, de la profundidad de laboreo de maquinarias agrícolas, de la permanencia de un mismo cultivo en la parcela y si el lateral será retirado o no cada ciclo (Salvador y Aragués, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de los campos experimentales

3.1.1. Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba

Ubicación política

País : Perú

Departamento : Ancash

Provincia : Yungay

Distrito : Yungay

Ubicación geográfica

Latitud sur : 9°05'53.21"

Longitud oeste : 77°46'15.11"

Altitud : 2293 m.s.n.m

3.1.2. Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi

Ubicación política

País : Perú

Departamento : Ancash

Provincia : Carhuaz

Distrito : Marcará

Ubicación geográfica

Latitud sur : 9°19'36.92"

Longitud oeste : 77°36'22.43"

Altitud : 2721 m.s.n.m

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales de campo

- Bomba de agua de 3.4 hp
- 02 llaves de paso PVC de ½” con reducción a 25 mm de HDPE
- 03 llave de paso de 25 mm de HDPE
- 02 tee PE con reducción de 25 mm a 16 mm
- 01 codo PE de 90° con reducción de 25 mm a 16 mm
- 27 llave de paso PE de 16mm
- 27 tee PE de 16 mm
- 45 goteros autocompensantes de 2 l/h
- 45 goteros autocompensantes de 4 l/h
- 45 goteros autocompensantes de 8 l/h
- 100 m de manguera PE de 25 mm
- 250 m de manguera PE de 16 mm
- 01 manómetro de mano de 2.5 bares.
- Yeso 20 kg
- 16 jarras graduadas de 1l
- 01 cronómetro
- 27 tableros de identificación.
- 06 tuberías PVC de ½”

3.2.2. Materiales de gabinete

- 01 libreta de apunte
- 03 lapiceros

- 01 millar de papel bond
- 01usb

3.2.3. Herramientas de trabajo

- 02 barretas
- 02 lampas rectas
- 02 picos
- Cordel
- Wincha de 30m
- Estacas
- Regla de metal de 1m

3.2.4. Equipos de gabinete

- 01 laptop
- 01 cámara fotográfica
- 01 impresora

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es aplicada, porque la investigación estuvo orientada a determinar la influencia del caudal de goteo y tiempo de riego, sobre las dimensiones del bulbo húmedo, utilizando los conocimientos adquiridos, con la finalidad de enriquecer la información sobre las dimensiones de radio y profundidad del bulbo húmedo.

3.3.2. Variables de investigación

Las variables independientes de la presente investigación son el caudal de emisor y tiempo de riego. Mientras que la variable dependiente es geometría del bulbo húmedo.

3.3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación empleado fue experimental, ya que las variables independientes (tiempo de riego y caudal de goteo) influyen sobre la variable dependiente (bulbo húmedo). El estudio experimental que se planteó es Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial en parcelas divididas, donde el caudal del emisor fue el factor instalado en la parcela principal y el tiempo de riego en la subparcela con tres repeticiones por tratamiento.

3.3.4. Tratamiento de investigación

Para realizar la evaluación del bulbo húmedo en el Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba y Allpa Rumi, con sistema de riego subterráneo, se aplicó caudal (QX) y tiempo de riego (TY). Los tratamientos se muestran en la tabla 3.

En la investigación se utilizó 03 caudales de emisor, las cuales fueron asignados a la parcela principal:

Q_2 = Caudal del emisor 2 l/h

Q_4 = Caudal del emisor 4 l/h

Q_8 = Caudal del emisor 8 l/h

En la investigación se utilizó 03 tiempos de riego, las cuales fueron asignados a las sub-parcelas:

T_1 = Tiempo de riego 1 h

T_2 = Tiempo de riego 2 h

T_3 = Tiempo de riego 3 h

3.3.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el Software R versión 3.6.2.

El modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \rho_j + (\alpha\rho)_{ij} + \beta_k + (\rho\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad (3.1)$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la ijk -ésima unidad experimental

μ = Media general del ensayo.

α_i = Efecto del i - ésima nivel factor A (caudal de emisor)

ρ_j = Efecto del j - ésima del bloque

β_k = Efecto del k - ésimo nivel del factor B (tiempo de riego)

$(\alpha\rho)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j - ésimo bloque, que es utilizado como residuo de parcelas grandes y es representado por error(a).

$(\rho\beta)_{jk}$ = Efecto debido a la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j - ésimo nivel del factor B.

ε_{ijk} = Error experimental asociada a Y_{ijk} , es utilizada como residuo a nivel de subparcela, y es definido como: Error(b).

Tabla 3.*Análisis de varianza para un modelo factorial en parcelas divididas*

	GRADOS DE LIBERTAD (GL)	SUMA DE CUADROS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	VALOR DE F
<i>BLOQUES</i>	r-1	$\sum_{j=1}^t \frac{Y_{..j}^2}{ab} - \frac{Y_{...}^2}{arb}$		
<i>A</i>	a-1	$\sum_{i=1}^a \frac{Y_{i..}^2}{rb} - \frac{Y_{...}^2}{arb}$	$\frac{SA_A}{GL_A}$	$\frac{CM_A}{CM_{(a)}}$
<i>Error</i>	(a-1) (r-1)	$SC_{subt} - SC_{bloque} - SC_A$	$\frac{SC_a}{GL_{(a)}}$	
<i>B</i>	b-1	$\sum_{k=1}^b \frac{Y_{..k}^2}{ar} - \frac{Y_{...}^2}{arb}$	$\frac{SC_B}{GL_B}$	$\frac{CM_B}{CM_{(b)}}$
<i>AB</i>	(a-1) (b-1)	$\sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^a \frac{Y_{ik}^2}{r} - \frac{Y_{...}^2}{arb} - SC_A - SC_B$	$\frac{SC_{AB}}{GL_{AB}}$	$\frac{CM_{AB}}{CM_{(b)}}$
<i>Error(a)</i>	a (a-1) (r-1)	$SC_{total} - SC_{sub total} - SC_B - SC_{AB}$	$\frac{SC_{(b)}}{GL_b}$	
<i>Total</i>	abr-1	$\sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^b Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{arb}$		

*Fuente: (López y González, 2016)***3.3.6. Características de la parcela experimental**

- Bloques: 3
- Repeticiones: 3
- Tratamientos de la parcela principal: 3
- Tratamiento de la sub-parcela: 3

- Unidades experimentales: 27
- Ancho de campo: 10.40 m
- Largo del campo: 22.70 m
- Calle entre bloque: 0.45 m
- Área total: 236.08 m²

Tabla 4*Descripción de los tratamientos de la investigación*

Bloque I	
	Tratamiento 1 = Q ₈ T ₁
	Tratamiento 2 = Q ₈ T ₂
	Tratamiento 3 = Q ₈ T ₃
	Tratamiento 4 = Q ₂ T ₃
Tratamientos	Tratamiento 5 = Q ₂ T ₂
	Tratamiento 6 = Q ₂ T ₁
	Tratamiento 7 = Q ₄ T ₁
	Tratamiento 8 = Q ₄ T ₃
	Tratamiento 9 = Q ₄ T ₂
Bloque II	
	Tratamiento 1 = Q ₄ T ₂
	Tratamiento 2 = Q ₄ T ₁
	Tratamiento 3 = Q ₄ T ₃
	Tratamiento 4 = Q ₂ T ₂
Tratamientos	Tratamiento 5 = Q ₂ T ₁
	Tratamiento 6 = Q ₂ T ₃
	Tratamiento 7 = Q ₈ T ₂
	Tratamiento 8 = Q ₈ T ₃
	Tratamiento 9 = Q ₈ T ₁

Bloque III	
	Tratamiento 1 = Q ₂ T ₂
	Tratamiento 2 = Q ₂ T ₃
	Tratamiento 3 = Q ₂ T ₁
	Tratamiento 4 = Q ₄ T ₂
Tratamientos	Tratamiento 5 = Q ₄ T ₃
	Tratamiento 6 = Q ₄ T ₁
	Tratamiento 7 = Q ₈ T ₃
	Tratamiento 8 = Q ₈ T ₂
	Tratamiento 9 = Q ₈ T ₁

Figura 2.

Croquis de la distribución de las unidades experimentales

BLOQUE I	Q2T3	Q2T2	Q2T1	Q4T1	Q4T3	Q4T2	Q8T1	Q8T2	Q8T3
BLOQUE II	Q2T2	Q2T1	Q2T3	Q4T2	Q4T1	Q4T3	Q8T2	Q8T3	Q8T1
BLOQUE III	Q2T2	Q2T3	Q2T1	Q4T2	Q4T3	Q4T1	Q8T3	Q8T2	Q8T1

3.3.7. Estudio de suelos

Esta actividad se realizó manualmente; con ayuda de un pico, lampa y barreta, las cuales fueron facilitadas por el Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba y Allpa Rumi. Las dimensiones de la calicata fueron de un metro de ancho, largo y alto aproximadamente. Las muestras de suelo fueron llevadas al Laboratorio GEOSTRUCT con el propósito de determinar las características físicas y químicas que poseen cada muestra de suelo.

3.4.Procedimiento de campo

3.4.1.Preparación de terreno

Arado

Esta actividad se realizó con la ayuda de un tractor, el cual fue facilitado por el Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi y con arado manual con caballo en el Centro de Investigación y Experimentación (CIE) Cañasbamba, la profundidad del arado fue de 15 cm aproximadamente. El propósito fue roturar y airear el sub-suelo. Días previos a la arada se aplicó un riego de machaco con la finalidad de dejarlo a capacidad de campo.

Eliminación de terrones

Se realizó manualmente con la ayuda del peones y herramientas proporcionado por el Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba y Allpa Rumi, con el propósito de desmenuzar los posibles terrones que dejó el arado y dejar el suelo en condiciones óptimas para el surcado e instalación de riego.

3.4.2.Instalación del sistema de riego

En el Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba y Allpa Rumi, se instaló el cabezal de riego compuesto de manómetro y llave de paso, en la cabecera del área experimental.

Tubería principal

En la instalación se empleó tubería PE de 25mm de diámetro, donde se conectó llave de paso PE de 25 mm para cada bloque.

Tuberías terciarias

En la instalación se empleó tubería PE de 16 mm de diámetro, en cada bloque.

Tuberías laterales

Se instalaron 9 unidades de tuberías PE de 16 mm, con 5 goteros de igual caudal. Los espaciamientos tanto entre laterales como entre goteros son de 1.00 m, distancia establecida con la finalidad de evitar el traslape de los bulbos de humedecimiento.

3.5. Coeficiente de uniformidad de sistema de riego por goteo subterráneo

Una vez instalados los laterales en cada bloque, se realizaron las pruebas para determinar el coeficiente de uniformidad del sistema de riego, para ver si el agua se distribuye homogéneamente en los goteros. Para determinar el coeficiente de uniformidad, se midieron los volúmenes de 16 goteros de cada caudal (Anexo 4 y 5), las mediciones se realizaron durante un tiempo de 5 minutos, para luego medirlos milimétricamente.

3.6. Instalación de bloques

Delimitación y rotulado de las unidades experimentales

Se realizó la delimitación de las unidades experimentales marcando con yeso la superficie del terreno y la ubicación de componentes del sistema de riego. También se colocarán rótulos en cada unidad experimental para tener una rápida identificación de los tratamientos y de sus repeticiones.

Excavación de zanjas e instalación de tuberías

Se excavó zanjas de 0.20 m de ancho y 0.15 m de profundidad promedio, para enterrar las tuberías del sistema de riego (tuberías principales). Se realizan la excavación en cada una de las parcelas experimentales a profundidades de 15cm, para colocar las tuberías de goteo subterráneo.

Evaluación de la geometría del bulbo húmedo

Las aplicaciones de riego por goteo subterráneo, de acuerdo a los tratamientos planteados, se ejecutaron en diferentes fechas para cada bloque con el fin de tener suficiente tiempo para realizar las pruebas de bulbo húmedo. Primero se realizaron las pruebas en el Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi y posteriormente en el Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba.

Se realizó un primer humedecimiento con los tiempos de riego correspondientes a cada bloque, dejándose secar por una semana, para aplicar el riego en las pruebas de campo. Para adquirir las medidas de radio y profundidad con sistema de riego subterráneo (enterrado a 15 cm), se desarrolló con la excavación donde se ubica cada emisor, en dirección del lateral y hasta la profundidad de influencia del riego, aplicando tres caudales 2 l/h, 4 l/h y 8 l/h y tres tiempos de riego de 1, 2 y 3 horas, con tres repeticiones para cada tratamiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Clase textural de los suelos

Tabla 5.

Clasificación textural del suelo

Nº	Centro de Investigación y Experimentación	Clase textural
1	Marcará	Franco arenoso
2	Cañasbamba	Franco arenoso

4.2. Coeficiente de uniformidad de sistema de riego

Tabla 6

Coeficiente de uniformidad de riego en Marcará y Yungay

Centro de Investigación y Experimentación	Caudal (l/h)	C.U
Allpa Rumi	2	91.30%
	4	91.68%
	8	91.47%
Cañasbamba	2	91.14%
	4	91.43%
	8	91.11%

Los valores del coeficiente de uniformidad de riego por goteo, para la parcela experimental en el Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi son de 91.30 % (2 l/h), 91.68 % (4 l/h) y 91.47 % (8 l/h), y del Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba son de 91.14 % (2 l/h), 91.43 % (4 l/h) y 91.11 % (8 l/h), en consecuencia, resultando la uniformidad Excelente (Quiñones, 2011).

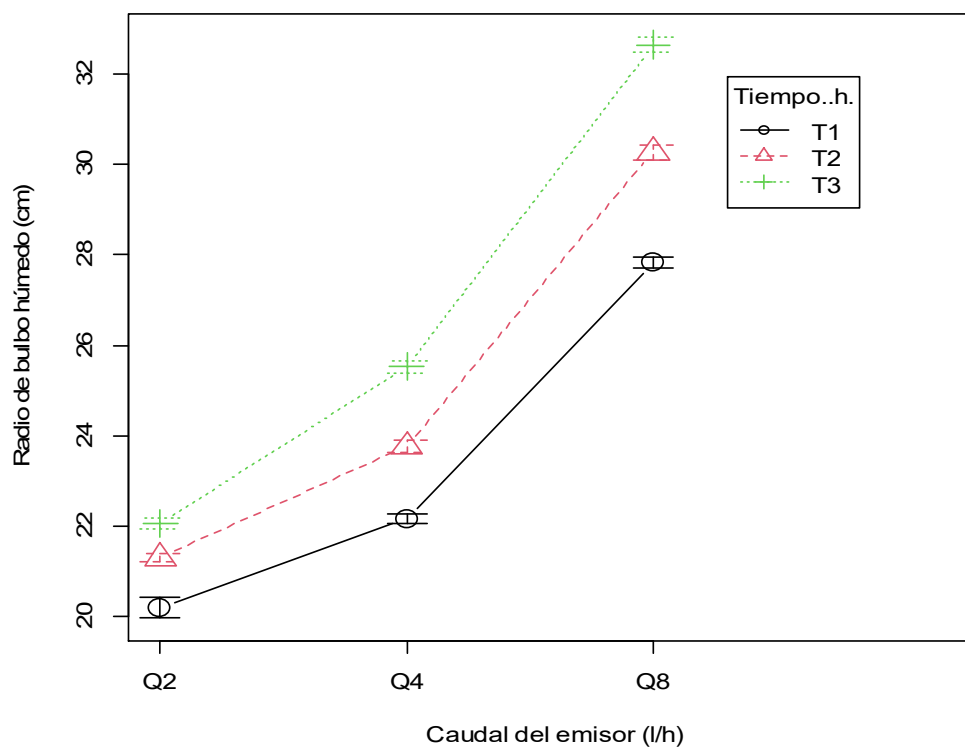
4.2.1. Influencia del caudal del emisor y tiempo de riego

El análisis de cada uno de las variables dependientes (radio y profundidad del bulbo húmedo), en Marcará (Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi) y Yungay (Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba), se presenta en lo siguiente:

4.2.1.1. Análisis del radio de bulbo húmedo (cm) en Marcará.

Figura 3

Radio del bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal



En la figura 3, el radio de bulbo húmedo aumenta a medida que incrementa el caudal del emisor y el tiempo de riego. Donde Q2, Q4 y Q8 representan caudales de 2, 4 y 8 l/h, mientras que T1, T2 y T3, representan tiempos de riego de 1, 2 y 3 h. Es decir que el caudal y tiempo de riego están

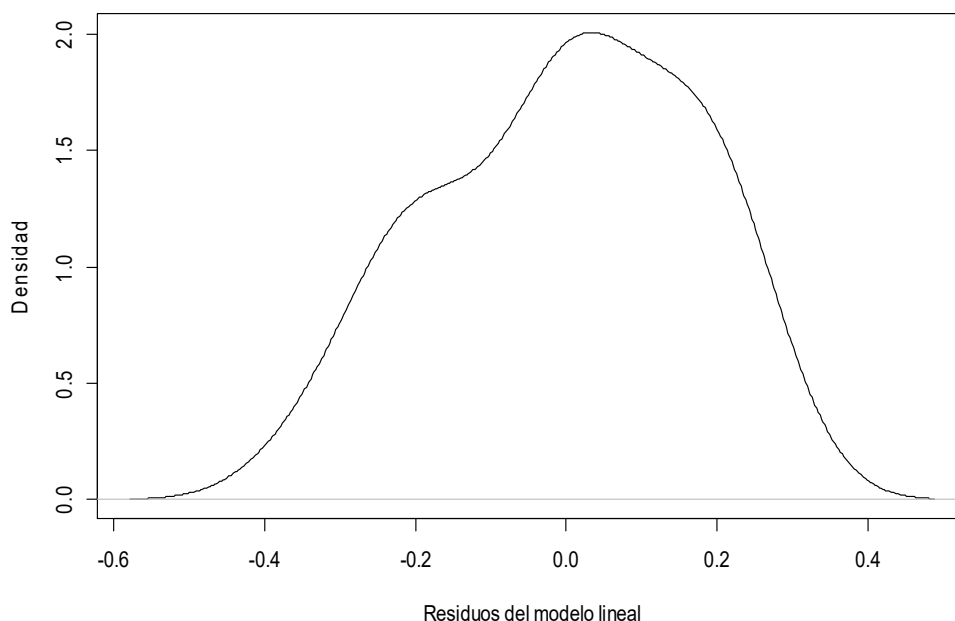
en una razón directa con el radio del bulbo húmedo, a mayor caudal y tiempo de riego, el radio de bulbo húmedo es mayor.

En el modelo lineal para el análisis en parcelas divididas, se determinó que el coeficiente de determinación múltiple (R^2) es 0.9956, lo cual indica que el 99.56 % de la variación de radio del bulbo húmedo es debido al caudal del emisor, tiempo de riego y la interacción de ambos más el factor de control del bloque.

Posterior al análisis del modelo lineal, se calcularon los residuos del radio del bulbo húmedo, con la finalidad de verificar que cumplan la normalidad, homogeneidad de varianza y la independencia de los residuos. Por ser criterios necesarios para realizar una prueba paramétrica o una prueba no paramétrica.

Figura 4

Curva de densidad de los residuos del radio de bulbo húmedo



En la figura 4, se muestra la normalidad de los residuos del radio de bulbo húmedo comprobada con la prueba de Shapiro Wilk ($W = 0.957$), cuyo p-valor es 0.320.

Según la prueba de Bartlett, no se detectaron diferencias significativas entre las varianzas de los residuos para el caudal del emisor, el tiempo de riego y la interacción con p-valores de 0.235, 0.646 y 0.744 respectivamente. Según la prueba de Bonferroni (p-valor = 0.056), no se encontraron valores atípicos entre los residuos. Por lo tanto, cumple las condiciones para la realización de la prueba paramétrica y con ello el análisis de varianza.

Tabla 7

Análisis de varianza del radio del bulbo húmedo

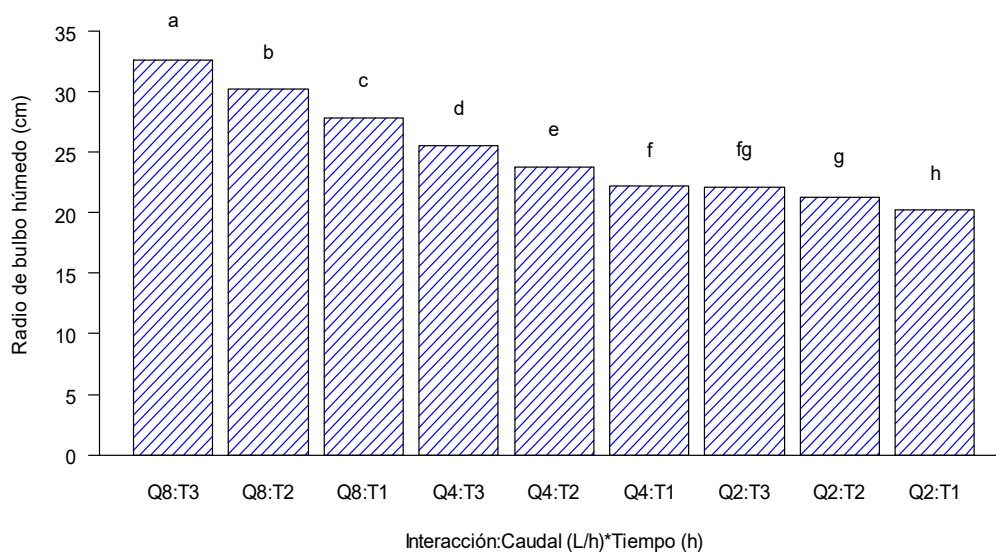
Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F valor	Pr (>F)
Bloque	2	0.230	0.113	5952.	1.13e-
Caudal (l/h)	2	390	195	523	07***
Error (a)	4	0.130	0.033	408.0	9.26e-
Tiempo (h)	2	50.280	25.139	69	12***
Caudal*Tiempo	4	6.610	1.653	8	06***
Error (b)	12	0.740	0.062	26.82	6.62e-
Total	26	447.990	222		

* Nivel de significancia

En la tabla 7, muestra el efecto aditivo del caudal del emisor, el tiempo de riego con p-valor ≤ 0.05 , por lo tanto, existe interacción entre el caudal del emisor y el tiempo de riego, sobre el radio del bulbo húmedo.

Tabla 8*Estadísticos del radio de bulbo húmedo para la interacción*

Interacción	Radio (cm)	Desviación estándar	Repetición	Mínimo	Máximo
Q2:T1	20.210	0.370	3	19.840	20.580
Q2:T2	21.313	0.140	3	21.180	21.460
Q2:T3	22.067	0.190	3	21.880	22.260
Q4:T1	22.167	0.170	3	22.000	22.340
Q4:T2	23.760	0.240	3	23.520	24.000
Q4:T3	25.527	0.230	3	25.300	25.760
Q8:T1	27.827	0.230	3	27.600	28.060
Q8:T2	30.267	0.290	3	29.980	30.560
Q8:T3	32.637	0.280	3	32.360	32.920

Figura 5*Radio del bulbo húmedo versus caudal y tiempo*

En la figura 5, se observa que letras de “a” hasta “h”, representan grupos homogéneos con p -valor ≤ 0.05 , según la prueba de Tukey. La mayor dimensión de radio de bulbo húmedo resultó 32.637 cm, con la aplicación de

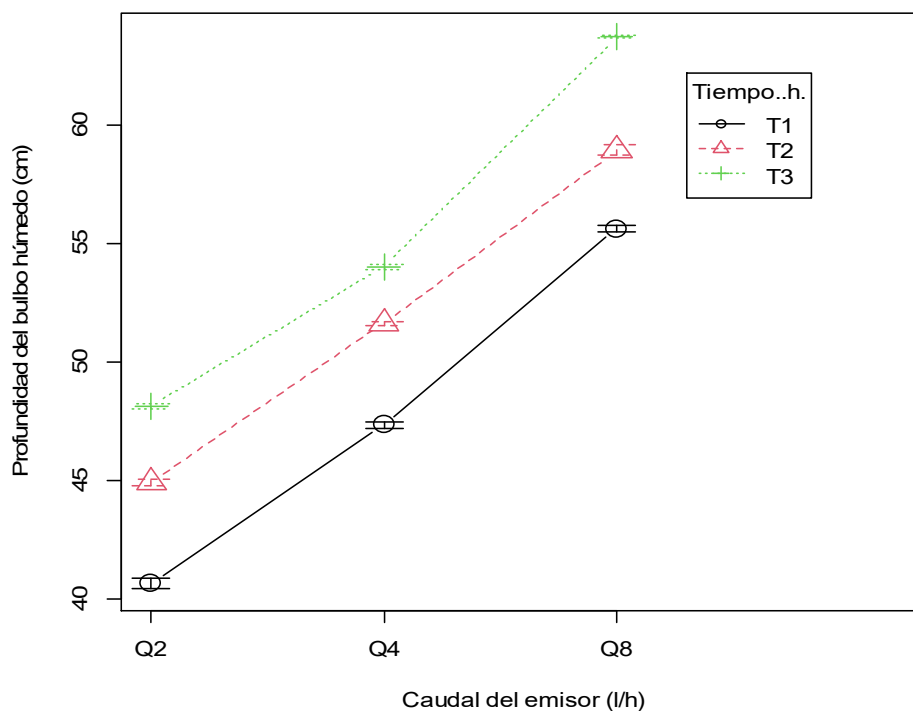
caudal del emisor 8 l/h y tiempo de 3 h (Q8:T3), y el radio menor de 20.210 cm, con el caudal del emisor de 2 l/h y tiempo de riego de 1 h (Q2:T1). En consecuencia, según los resultados a mayor caudal aplicado y tiempo de riego, mayor dimensión de radio de humedecimiento.

El coeficiente de variación en la parcela principal fue de 1.7 % y en la subparcela donde se controló el tiempo de riego fue de 1 %. Estos resultados indican que los datos fueron homogéneos para cada tratamiento en las unidades experimentales, que le confiere mayor confiabilidad al estudio experimental en parcelas divididas.

4.2.1.2. Análisis de la profundidad del bulbo húmedo (cm) en Marcará

Figura 7

Profundidad de bulbo húmedo con interacción de tiempo de riego y caudal

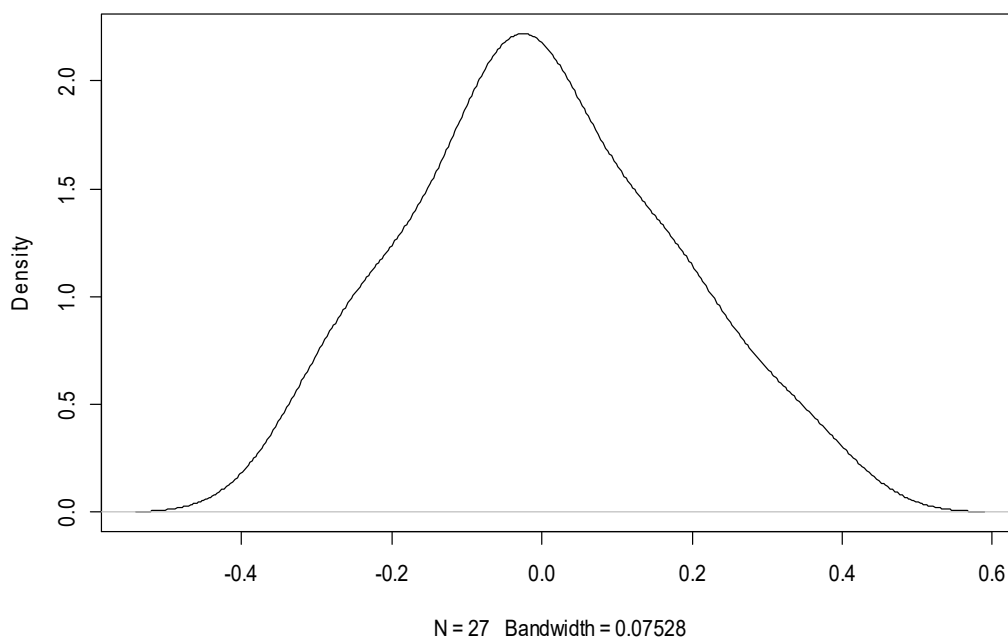


En la figura 7, se observa que profundidad del bulbo húmedo aumenta a medida que incrementa el caudal del emisor y el tiempo de riego para los caudales de 2, 4 y 8 l/h y los tres tiempos de aplicación del riego 1 h, 2 h y 3 h.

En el modelo lineal para el análisis en parcelas divididas, se determinó que el coeficiente de determinación múltiple (R^2) es 0.9649, lo cual indica que el 96.49 % de la variación de profundidad del bulbo húmedo es debido al caudal del emisor, tiempo de riego y la interacción de ambos más el factor de control del bloque. Posterior al análisis del modelo lineal, se calcularon la curva de densidad de los residuos de la profundidad del bulbo húmedo.

Figura 8

Curva de densidad de los residuos de profundidad de bulbo húmedo



La figura 8, muestra que los residuos del modelo lineal de la profundidad promedio del bulbo húmedo no se ajustan a la distribución normal, el mismo que ha sido corroborado mediante la prueba de Shapiro Wilk (p-valor = 0.935).

Las varianzas de los residuos para las modalidades de caudal del emisor y la interacción son heterogéneas según la prueba de Bartlett con probabilidad críticas de 0.178, 0.286 y 0.641 respectivamente. Por otro lado, en los residuos no se detectaron valores atípicos según la prueba de Bonferroni (p-valor = 0.318). Por lo tanto, cumple las condiciones para la realización de análisis de varianza.

Tabla 9*Análisis de varianza de la profundidad del bulbo húmedo*

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F valor	Pr (>F)
Bloque	2	0.150	0.070		
Caudal (l/h)	2	998.230	499.110	10941.943	3.340e-08***
Error (a)	4	0.180	0.050		
Tiempo (h)	2	247.830	123.910	1877.466	1.110e-15***
Caudal*Tiempo	4	4.540	1.140	17.216	6.525e-05***
Error (b)	12	0.790	0.070		
Total	26	1251.72	910.540		

* Nivel de significancia

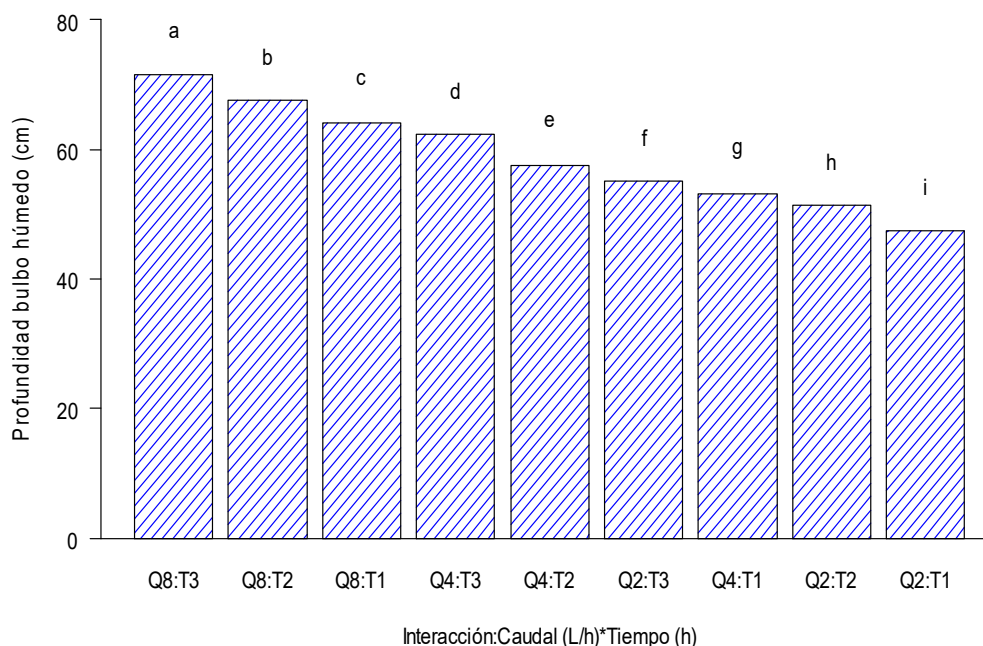
En la tabla 9, se observa la interacción entre las variables caudal del emisor y tiempo de riego en la profundidad del bulbo húmedo ($p\text{-valor} \leq 0.05$). Por lo tanto, existe interacción entre el caudal del emisor y el tiempo de riego, sobre la profundidad del bulbo húmedo.

Tabla 10*Estadísticos de la profundidad de bulbo húmedo para la interacción*

Interacción	Profundidad (cm)	Desviación estándar	Repetición	Mínimo	Máximo
Q2:T1	40.660	0.350	3	40.300	41.000
Q2:T2	44.913	0.230	3	44.680	45.140
Q2:T3	48.133	0.170	3	47.960	48.300
Q4:T1	47.333	0.260	3	47.080	47.600
Q4:T2	51.627	0.160	3	51.460	51.780
Q4:T3	54.013	0.201	3	53.800	54.200
Q8:T1	55.613	0.272	3	55.400	55.920
Q8:T2	58.933	0.370	3	58.560	59.300
Q8:T3	63.707	0.100	3	63.600	63.800

Figura 9

Profundidad del bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal



En la figura 9, se observan las letras a, b, c, d, e, f, g, h y i, las cuales representan grupos homogéneos con $p\text{-valor} \leq 0.05$, según la prueba de Tukey. La dimensión de la profundidad máxima del bulbo húmedo fue de 63.707 cm, con caudal de 8 l/h y el tiempo de riego 3 h (Q8:T3), y la menor profundidad del bulbo húmedo de 40.660 cm con caudal de emisor de 2 l/h y el tiempo de 1 h (Q2:T1).

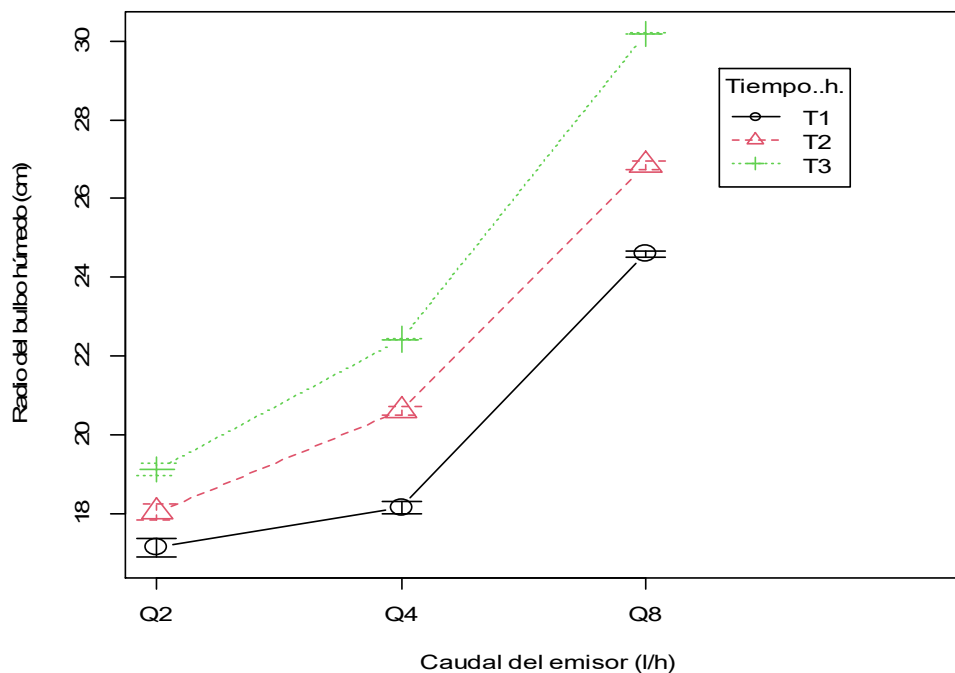
Comprobar el error experimental, es un factor importante para tener mayor confiabilidad de los resultados obtenidos en el campo. En el presente estudio el coeficiente de variación en la parcela principal fue de 0.90 %, mientras que en la subparcela donde se controló el tiempo de riego fue de 1.00 %. Estos resultados indican que los datos fueron homogéneos para cada tratamiento.

En el análisis estadístico (análisis de varianza y comparaciones múltiples con $p\text{-valor} \leq 0.05$) del radio y profundidad de los datos de campo recopilados de la parcela experimental de Marcará (Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi), se verificó la influencia del caudal de goteo y tiempo de riego, sobre las dimensiones del bulbo húmedo. A medida que se incrementa el volumen de agua aplicado el frente de humedad avanzará tanto en profundidad como en sentido horizontal desde el emisor aumentando el volumen de suelo humedecido (Mujica et al., 2012).

4.2.1.3. Análisis del Radio de bulbo húmedo (cm) en Cañasbamba

Figura 10

Radio de bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal



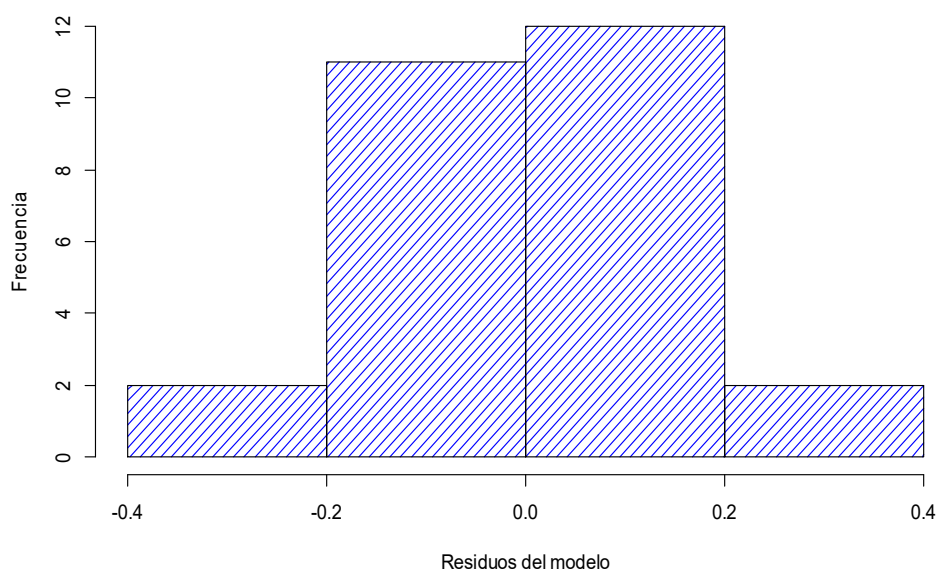
En la figura 10, el radio de bulbo húmedo aumenta a medida que incrementa el caudal del emisor y el tiempo de riego. Donde Q2, Q4 y Q8 representan caudales de 2, 4 y 8 l/h, mientras que T1, T2 y T3 representan tiempos de riego de 1, 2 y 3 h.

En el modelo lineal para el análisis en parcelas divididas, se determinó que el coeficiente de determinación múltiple (R^2) es 0.9980, lo cual indica que el 99.80 % de la variación de radio del bulbo húmedo es debido al caudal del emisor, tiempo de riego y la interacción de ambos más el factor de control del bloque.

Posterior al análisis del modelo lineal, se calcularon el histograma de residuos del radio del bulbo húmedo, con la finalidad de verificar que cumplan la normalidad, homogeneidad de varianza y la independencia de los residuos.

Figura 11

Histograma de los residuos para la variable radio del bulbo húmedo



En la figura 11, se muestra la normalidad de los residuos del radio de bulbo húmedo comprobada con la prueba de Shapiro Wilk (p-valor = 0.954).

Según la prueba de Bartlett, existe homocedasticidad entre los residuos de las variables de caudal del emisor, tiempo de riego e interacción de los tratamientos, con probabilidades críticas de 8.82 %, 57.50 % y 33.42 % respectivamente.

Con la prueba de Bonferroni (p-valor = 0.580), no se detectó valores atípicos de los residuos. Por lo tanto, cumple las condiciones para la realización de la prueba paramétrica y con ello el análisis de varianza.

Tabla 11
Análisis de varianza del radio del bulbo húmedo

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F valor	Pr (>F)
Bloque	2	0.08	0.041		
Caudal (l/h)	2	403.55	201.774	3198.630	3.905e-07***
Error (a)	4	0.25	0.063		
Tiempo (h)	2	70.12	35.060	593.872	1.001e-12***
Caudal*Tiempo	4	10.84	2.710	45.906	3.533e-07** *
Error (b)	12	0.71	0.059		
Total	26	485.55	239.707		

* Nivel de significancia

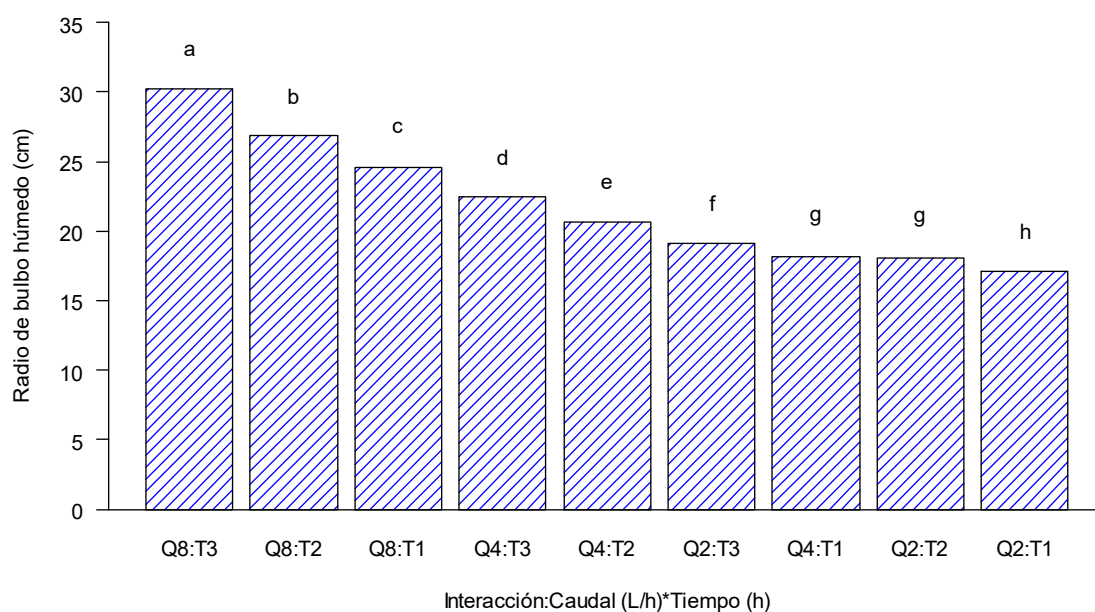
En la tabla 11, el efecto aditivo de las variables caudal del emisor, tiempo de riego y la interacción entre ambas variables, para el radio de bulbo húmedo con p-valor ≤ 0.05 . Las interacciones entre las variables caudal del emisor y tiempo de riego, incrementan la dimensión del radio de bulbo húmedo.

Tabla 12
Estadísticos del radio del bulbo húmedo para la interacción

Interacción	Radio (cm)	Desviación estándar	Repetición	Mínimo	Máximo
Q2:T1	17.147	0.403	3	16.720	17.520
Q2:T2	18.047	0.353	3	17.640	18.280
Q2:T3	19.112	0.265	3	18.850	19.380
Q4:T1	18.153	0.250	3	17.900	18.400
Q4:T2	20.607	0.190	3	20.420	20.800
Q4:T3	22.427	0.042	3	22.380	22.460
Q8:T1	24.593	0.150	3	24.420	24.680
Q8:T2	26.840	0.200	3	26.640	27.040
Q8:T3	30.187	0.031	3	30.160	30.220

Figura 12

Radio del bulbo húmedo en función a la interacción caudal y tiempo



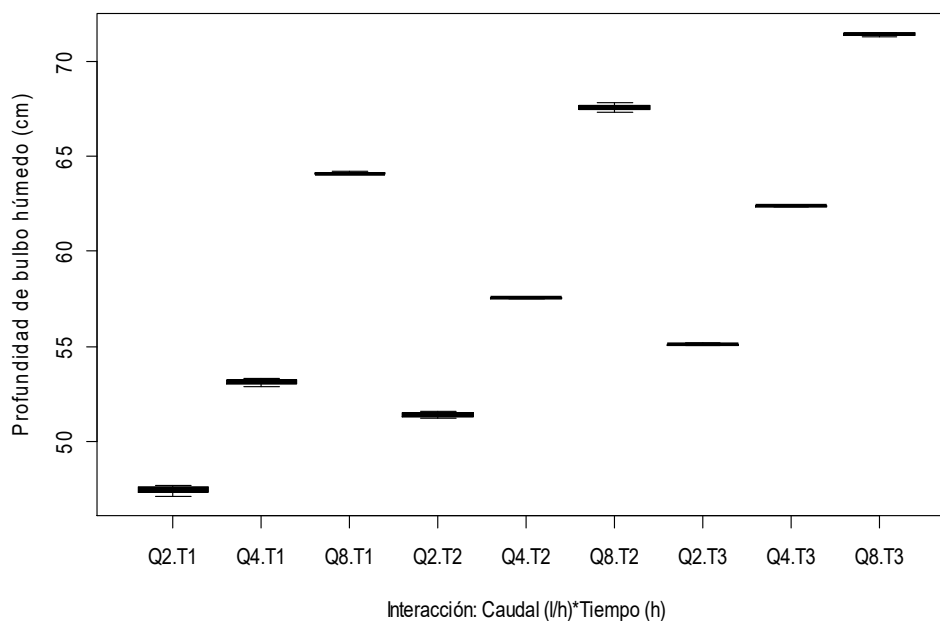
En la figura 12, se observa que letras de “a” hasta “h”, representan grupos homogéneos con $p\text{-valor} \leq 0.05$, según la prueba de Tukey. La mayor dimensión de radio de bulbo húmedo resultó 30.187 cm, con la aplicación de caudal del emisor 8 l/h y tiempo de 3 h (Q8:T3), seguido de 26.840 cm con caudal del emisor 8 l/h y tiempo de 2 h (Q8:T2). El menor radio de 17.147 cm, con el caudal del emisor de 2 l/h y tiempo de riego de 1 h (Q2:T1).

El coeficiente de variación en la parcela principal fue de 1.1 % y en la subparcela donde se controló el tiempo de riego fue de 1.1 %. Estos resultados indican que los datos fueron homogéneos para cada tratamiento.

4.2.1.4. Análisis de la profundidad del bulbo húmedo (cm) en Cañasbamba

Figura 13

La profundidad del bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal



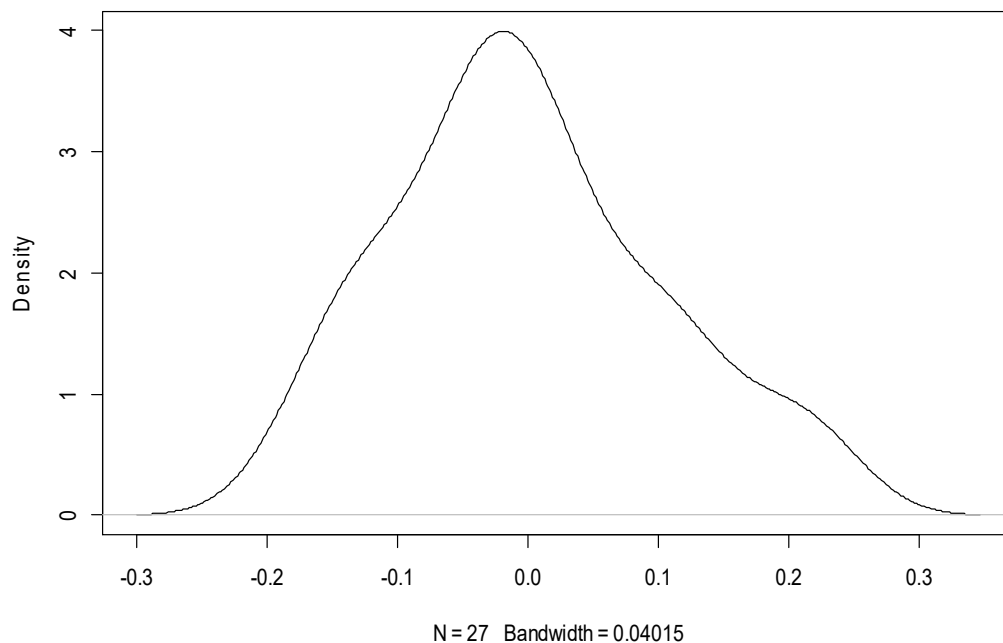
En el diagrama de cajas (figura 13), se observa que las dimensiones de la profundidad del bulbo húmedo se incrementan cuando aumenta el caudal del emisor y el tiempo de riego. La mayor profundidad se obtiene cuando el caudal del emisor es de 8 l/h, para tiempo de riego de 3 h (Q8:T3), mientras que la profundidad de humedecimiento es menor para un bajo caudal del emisor y menor tiempo de riego (Q2:T1).

El coeficiente de determinación múltiple (R^2) del modelo lineal fue de 0.9798, es decir que el 97.98 %, de la variación de la profundidad del bulbo húmedo es debido al caudal del emisor, tiempo de riego, interacción entre los tratamientos y el factor de control del bloque.

Posterior al análisis del modelo lineal, se calcularon la curva de densidad de los residuos de la profundidad del bulbo húmedo.

Figura 14

Curva de densidad de los residuos de profundidad de bulbo húmedo



En la figura 14, los residuos del modelo lineal se ajustan a la ley normal con p-valor de 0.639 según la prueba de Shapiro Wilk.

No existe diferencia significativa entre las varianzas de los residuos en los tratamientos de caudal de goteo, tiempo de riego e interacción con probabilidades críticas de 11.07 %, 33.42 % y 44.08 % respectivamente, según la prueba de Bartlett.

No se apreció tampoco valores atípicos de los residuos según la prueba de Bonferroni (p-valor=0.158).

Tabla 13*Análisis de varianza de la profundidad del bulbo húmedo*

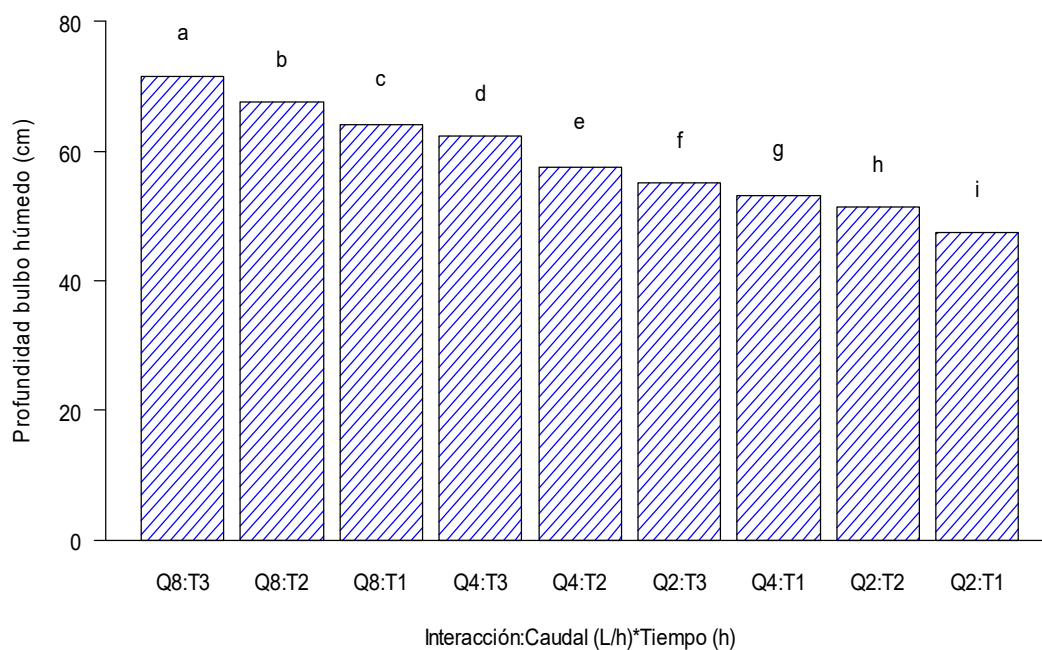
Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F valor	Pr (>F)
Bloque	2	0.030	0.020		
Caudal (l/h)	2	1225.400	612.700	11030.079	3.287e-08***
Error (a)	4	0.220	0.060		
Tiempo (h)	2	293.510	146.760	6208.754	2.200e-06***
Caudal*Tiempo	4	3.370	0.840	35.642	1.431e-06***
Error (b)	12	0.28	0.020		
Total	26	1522.78	760.38		

* Nivel de significancia

En la tabla 13, se observa la interacción entre las variables caudal del emisor y tiempo de riego en la profundidad del bulbo húmedo ($p\text{-valor} \leq 0.05$). A su vez el caudal del emisor y el tiempo de riego influyen en la profundidad del bulbo húmedo. Este análisis se realiza mediante comparaciones múltiples con el método de Tukey.

Tabla 14*Estadísticos de la profundidad de bulbo húmedo para la interacción*

Interacción	Profundidad (cm)	Desviación estándar	Repetición	Mínimo	Máximo
Q2:T1	47.440	0.242	3	29.889	30.333
Q2:T2	51.407	1.357	3	30.056	32.500
Q2:T3	55.113	1.284	3	30.364	32.667
Q4:T1	53.113	1.122	3	30.364	32.400
Q4:T2	57.553	0.064	3	32.458	32.583
Q4:T3	62.367	0.058	3	34.808	34.923
Q8:T1	64.107	1.366	3	34.846	37.250
Q8:T2	67.547	1.415	3	35.000	37.500
Q8:T3	71.407	1.399	3	37.313	39.824

Figura 15*Profundidad del bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal*

En la figura 15, se observan las letras a, b, c, d, e, f, g, h y i, las cuales representan grupos homogéneos con $p\text{-valor} \leq 0.05$, según la prueba de Tukey. La dimensión de la profundidad máxima del bulbo húmedo fue de 71.407 cm, con caudal de 8 l/h y el tiempo de riego 3 h, seguido de 67.547 cm con caudal del emisor 8 l/h y tiempo de riego 2 h (Q8:T2), y finalmente la menor profundidad del bulbo húmedo de 47.440 cm con caudal de emisor de 2 l/h y el tiempo de 1 h (Q2:T1).

Comprobar el error experimental, es un factor importante para tener mayor confiabilidad de los resultados obtenidos en el campo. En el presente estudio el coeficiente de variación en la parcela principal fue de 1 %, mientras que en la subparcela donde se controló el tiempo de riego fue de 0.9 %. Estos resultados indican que los datos fueron homogéneos para cada tratamiento.

En el análisis estadístico (análisis de varianza y comparaciones múltiples con $p\text{-valor} \leq 0.05$) del radio y profundidad de la parcela experimental en Yungay (Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba), se verificó la influencia del caudal de goteo y tiempo de riego, sobre las dimensiones del bulbo húmedo. El movimiento del agua en el suelo determina la forma y el tamaño del bulbo húmedo, que tiene una gran importancia, ya que en él se desarrolla el sistema radical de las plantas (Fuentes, 2009).

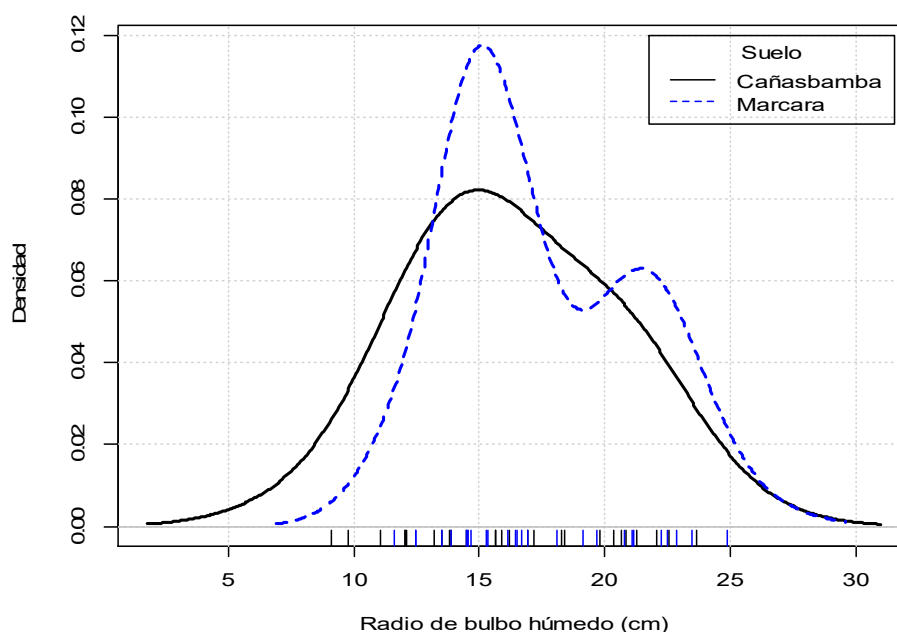
En consecuencia, mediante el análisis de varianza y comparaciones múltiples del radio del bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal con $p\text{-valor} = 6.62 \text{ e-}12$, $p\text{-valor} = 3.533 \text{ e-}07$ ($p\text{-valor} \leq 0.05$) y de la profundidad del bulbo húmedo con interacción de tiempo y caudal $p\text{-valor} = 6.525 \text{ e-}5$, $p\text{-valor} = 1.431 \text{ e-}06$ ($p\text{-valor} \leq 0.05$), se verificó la influencia del caudal del emisor y tiempo de riego en la geometría del bulbo húmedo de las parcelas experimentales en los Centros de Investigación y Experimentación Allpa Rumi y Cañasbamba respectivamente. El ANOVA nos permite afirmar que el caudal y el tiempo de riego influyen en el radio y profundidad del bulbo húmedo; lo cual nos indica que debemos determinar cuál es el mejor nivel de tiempo de riego y también cual es el mejor caudal de goteo según nuestras necesidades de diseño (Brito, 2014).

4.2.2. Análisis estadístico de radio de bulbo húmedo en Marcará y Cañasbamba

El análisis estadístico del radio de bulbo húmedo en función de la textura franco arenoso, en Marcará (Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi) y en Yungay (Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba), obtenidos los datos de campo, ordenados y procesados mediante un software R, se obtuvo los siguientes resultados:

Figura 16

Curva de densidad del radio de bulbo húmedo en Cañasbamba y Marcará



En la figura 16, se observa que, la curva de densidad del radio del bulbo húmedo es mayor en Marcará (Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi), que en Yungay (Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba), en el mismo sentido se aprecia mayor variabilidad del radio en Marcará (Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi). En ambos casos los valores se concentran relativamente alrededor de la media, o con

distribución gaussiana contrastada con las pruebas de Shapiro Wilk, cuyas probabilidades críticas fueron de 0.533 y 0.145 para los suelos de Cañasbamba y Marcará respectivamente.

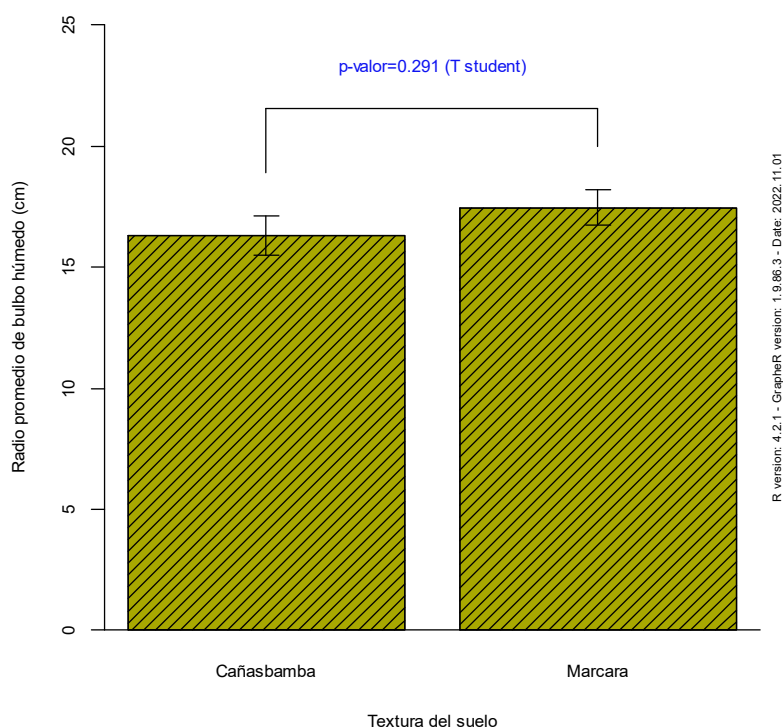
Tabla 15

Pruebas de varianza y media para el radio de bulbo húmedo

Tipo de suelo	N	Varianza	Media	Valor F	Valor T	P-valor
Cañasbamba	27	16.879	16.305	1.172		0.688
Marcará	27	14.396	17.454		-1.067	0.291

Figura 17

Radio de bulbo húmedo en suelo franco arenoso



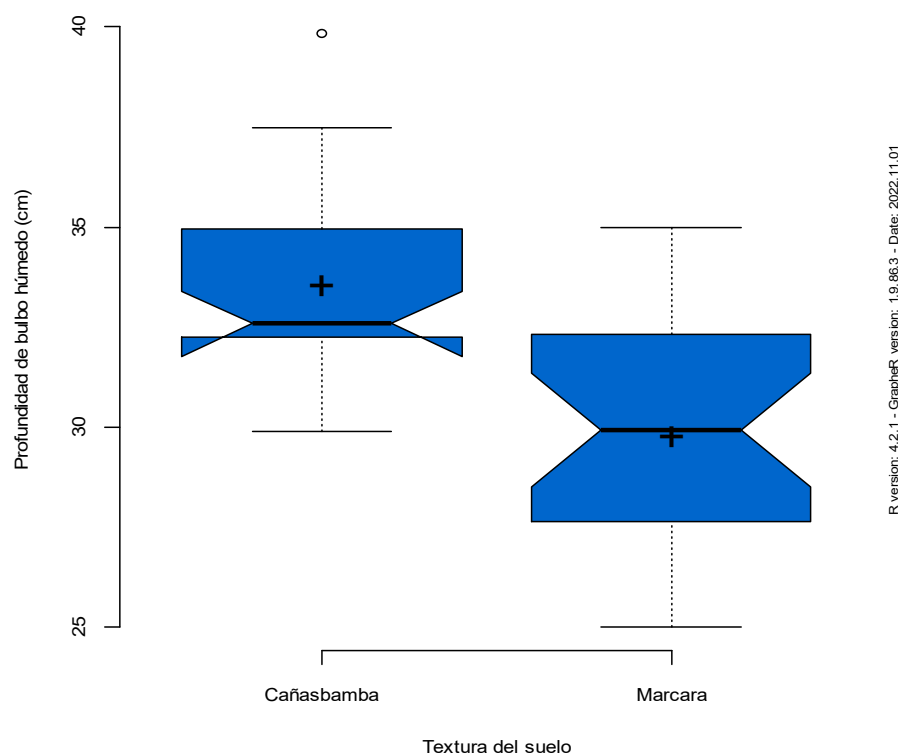
El radio del bulbo húmedo en el suelo de textura franco arenoso en Cañasbamba y Marcará no es significativamente variable según la prueba de Fisher bilateral (p-valor = 0.688). Asimismo, no existe diferencia significativa

entre los radios de bulbo húmedo según la prueba T de Student bilateral (p-valor = 0.291) para un intervalo de confianza de 95 %.

4.2.3. Análisis estadístico de profundidad de bulbo húmedo

Figura 18

Diagrama de cajas de la profundidad del bulbo húmedo



En la Figura 18, se observa, que la profundidad del bulbo húmedo es superior en Cañasbamba que en Marcará. Como también se observa mayor variabilidad de las profundidades del bulbo húmedo en Cañasbamba. Según las pruebas de Shapiro Wilk las profundidades del bulbo húmedo se ajustan a la distribución normal en el suelo de Marcará (p-valor = 0.118) y Cañasbamba (p-valor = 0.053).

Tabla 16

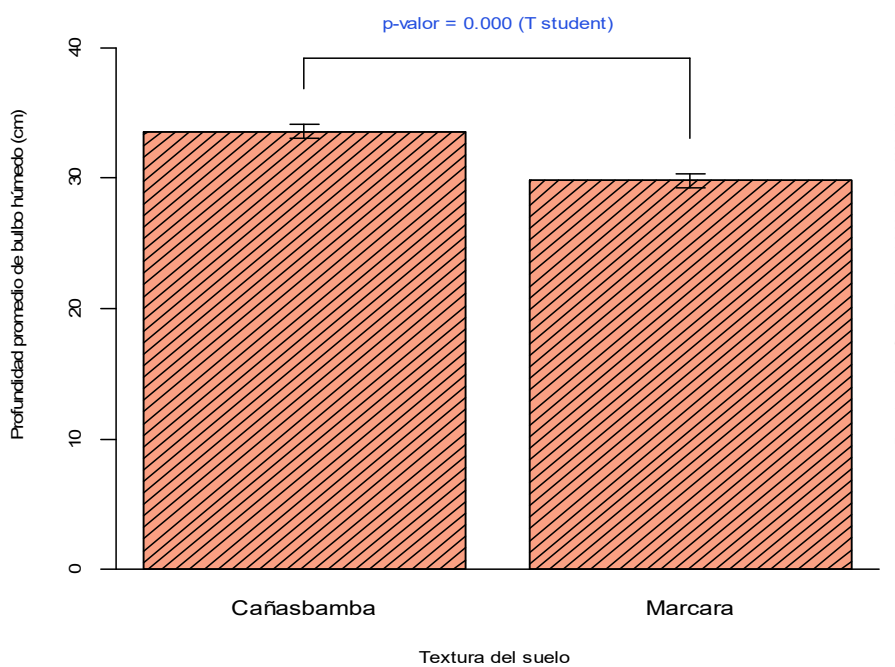
Pruebas de varianza y media para la profundidad de bulbo húmedo

Tipo de suelo	N	Varianza	Media	Valor F	Valor T	P-valor
Cañasbamba	27	7.376	33.588	1.028		0.943
Marcará	27	7.172	29.812		5.144	0.000

En la Tabla 16, no se observa diferencia significativa entre las varianzas de la profundidad de bulbo húmedo en Cañasbamba (7.376) y en Marcará (7.172) según la prueba de Fisher bilateral (p-valor = 0.943) para un intervalo de confianza de 95 %.

Figura 19

Profundidad de bulbo húmedo en suelo franco arenoso



En la Figura 19, muestra que la profundidad del bulbo húmedo es superior en Cañasbamba que en Marcará, según la prueba T de Student bilateral para muestras independientes (p-valor = 0.200) y para un intervalo de confianza de 95 %.

En consecuencia, la dimensión del radio del bulbo húmedo es superior en la parcela experimental del Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi y la dimensión de la profundidad es superior en la parcela experimental del Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba. En suelos arenosos, con gran cantidad de poros grandes, el agua circula con mayor facilidad hacia abajo, mientras que en suelos arcillosos el agua se extiende con más facilidad hacia los lados (Fuentes, 2009).

4.2.4. Radio y profundidad del bulbo húmedo en Marcará

El análisis de la geometría del bulbo húmedo en Marcará (Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi) con los datos obtenidos, ordenados y procesados, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 17

Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Marcará

Q2T1			Q4T1			Q8T1		
\bar{X}	Y	X	\bar{X}	Y	X	\bar{X}	Y	X
-17.97	-12.28	17.97	-17.07	-9.96	17.07	-10.31	-4.23	10.31
-20.21	-15.00	20.21	-22.17	-15.00	22.17	-15.03	-5.00	15.03
-18.40	-20.00	18.40	-21.39	-20.00	21.39	-24.83	-10.00	24.83
-16.92	-25.00	16.92	-20.65	-25.00	20.65	-27.83	-15.00	27.83
-14.98	-30.00	14.98	-18.95	-30.00	18.95	-26.81	-20.00	26.81
-10.95	-35.00	10.95	-17.33	-35.00	17.33	-26.00	-25.00	26.00
0.00	-40.66	0.00	-13.19	-40.00	13.19	-24.53	-30.00	24.53
			-8.47	-45.00	8.47	-18.06	-45.00	18.06
			0.00	-47.33	0.00	-11.96	-50.00	11.96
						0.00	-55.61	0.00

Figura 20

Geometría del bulbo húmedo con 1h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h en Marcará

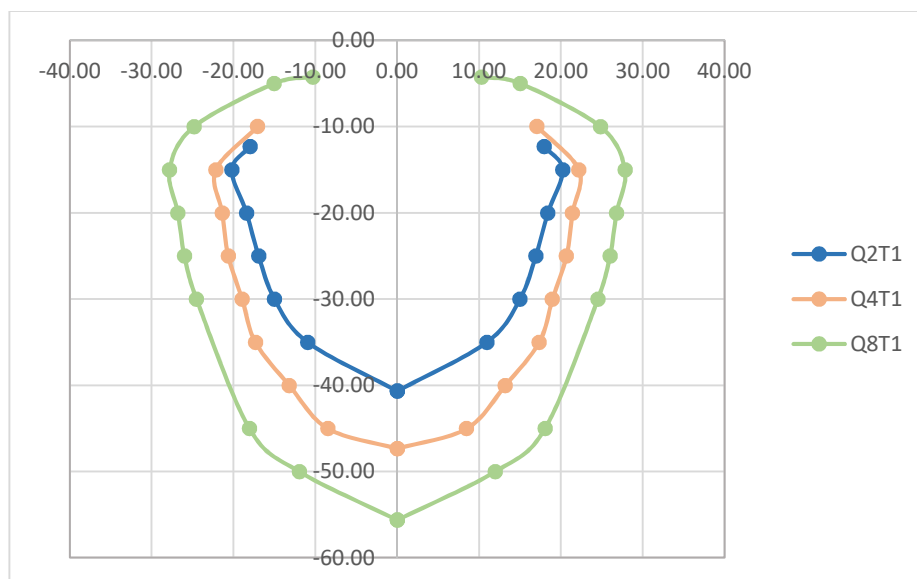


Tabla 18*Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Marcará*

Q2T2			Q4T2			Q8T2		
-X	Y	X	-X	Y	X	-X	Y	X
-16.65	-9.93	16.65	-15.96	-8.31	15.96	-7.77	-3.06	7.77
-21.31	-15.00	21.31	-23.76	-15.00	23.76	-16.33	-5.00	16.33
-19.99	-20.00	19.99	-22.49	-20.00	22.49	-26.21	-10.00	26.21
-18.67	-25.00	18.67	-21.69	-25.00	21.69	-30.27	-15.00	30.27
-17.12	-30.00	17.12	-20.71	-30.00	20.71	-28.51	-20.00	28.51
-15.25	-35.00	15.25	-18.13	-35.00	18.13	-27.51	-25.00	27.51
-10.25	-40.00	10.25	-15.83	-40.00	15.83	-26.91	-30.00	26.91
0.00	-44.91	0.00	-12.33	-45.00	12.33	-25.71	-35.00	25.71
			-7.20	-50.00	7.20	-24.55	-40.00	24.55
			0.00	-51.63	0.00	-22.97	-45.00	22.97
						-19.95	-50.00	19.95
						-12.15	-55.00	12.15
						0.00	-58.93	0.00

Figura 21

Geometría del bulbo húmedo con 2h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h en Marcará

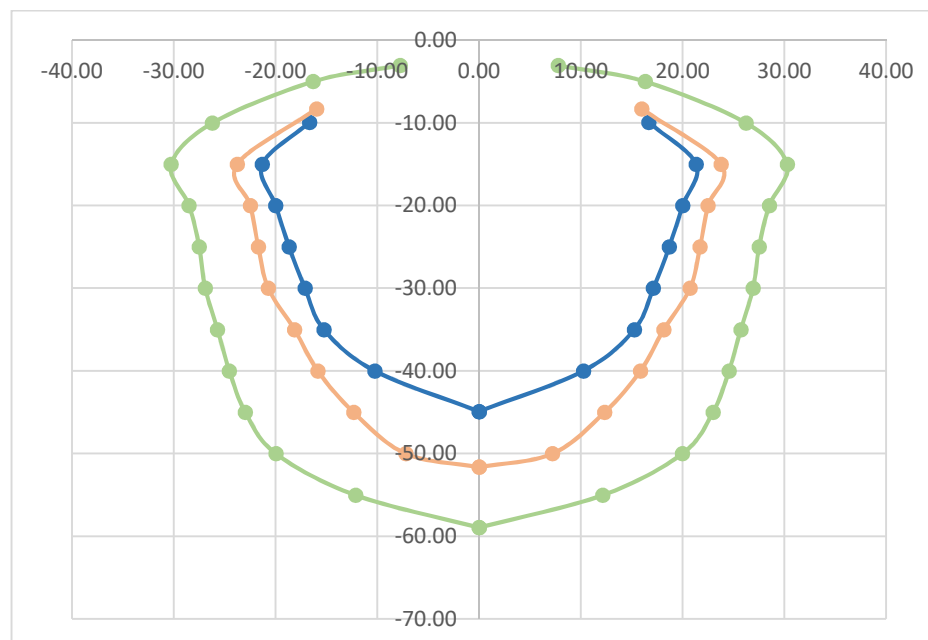
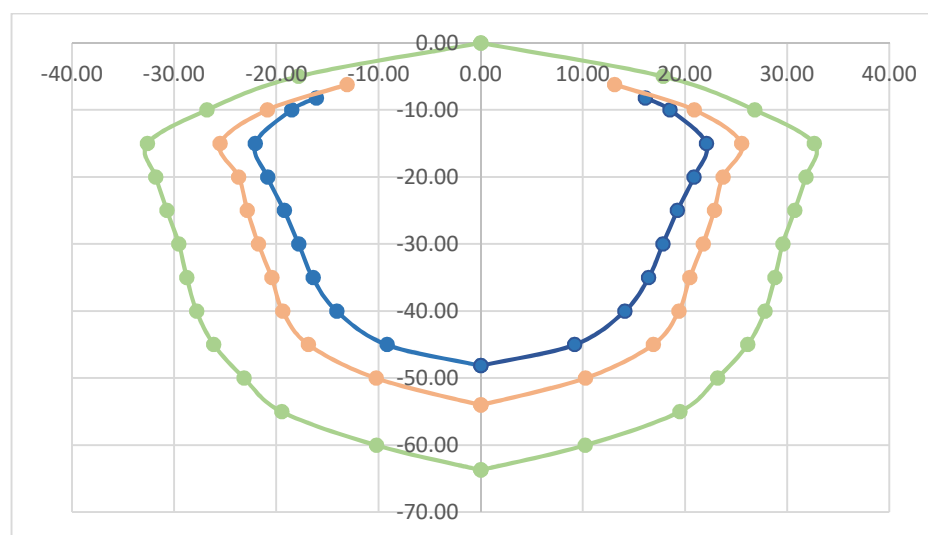


Tabla 19*Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Marcará*

Q2T3			Q4T3			Q8T3		
-X	Y	X	-X	Y	X	-X	Y	X
-16.11	-8.21	16.11	-13.08	-6.21	13.08	0.00	0.00	0.00
-18.51	-10.00	18.51	-20.90	-10.00	20.90	-17.86	-5.00	17.86
-22.07	-15.00	22.07	-25.53	-15.00	25.53	-26.80	-10.00	26.80
-20.85	-20.00	20.85	-23.70	-20.00	23.70	-32.64	-15.00	32.64
-19.23	-25.00	19.23	-22.86	-25.00	22.86	-31.82	-20.00	31.82
-17.81	-30.00	17.81	-21.77	-30.00	21.77	-30.72	-25.00	30.72
-16.43	-35.00	16.43	-20.47	-35.00	20.47	-29.56	-30.00	29.56
-14.09	-40.00	14.09	-19.40	-40.00	19.40	-28.78	-35.00	28.78
-9.19	-45.00	9.19	-16.87	-45.00	16.87	-27.82	-40.00	27.82
0.00	-48.13	0.00	-10.23	-50.00	10.23	-26.14	-45.00	26.14
			0.00	-54.01	0.00	-23.16	-50.00	23.16
						-19.48	-55.00	19.48
						-10.22	-60.00	10.22
						0.00	-63.71	0.00

Figura 22*Geometría del bulbo húmedo con 3h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h en Marcará*

En las figuras 20, 21 y 22, de acuerdo a los datos registrados de las pruebas de campo para una 1h, 2h y 3h de riego respectivamente, se observa que el radio (x) y la profundidad (y) aumenta su dimensión con el incremento del caudal del emisor y tiempo de riego.

4.2.5. Radio y profundidad del bulbo húmedo en Cañasbamba

El análisis de la geometría del bulbo húmedo en Yungay (Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba) con los datos obtenidos, ordenados y procesados, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 20

Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Cañasbamba

Q2T1			Q4T1			Q8T1		
-X	Y	X	-X	Y	X	-X	Y	X
-13.76	-12.83	13.76	-13.91	-11.09	13.91	-14.18	-7.03	14.18
-17.15	-15.00	17.15	-18.15	-15.00	18.15	-19.16	-10.00	19.16
-16.01	-20.00	16.01	-17.14	-20.00	17.14	-24.66	-15.00	24.66
-15.11	-25.00	15.11	-16.04	-25.00	16.04	-23.98	-20.00	23.98
-14.21	-30.00	14.21	-15.01	-30.00	15.01	-22.97	-25.00	22.97
-12.91	-35.00	12.91	-13.59	-35.00	13.59	-21.53	-30.00	21.53
-11.33	-40.00	11.33	-11.87	-40.00	11.87	-20.60	-35.00	20.60
-7.59	-45.00	7.59	-9.98	-45.00	9.98	-19.48	-40.00	19.48
0.00	-47.21	0.00	-5.77	-50.00	5.77	-18.38	-45.00	18.38
			0.00	-53.11	0.00	-16.01	-50.00	16.01
						-13.13	-55.00	13.13
						-7.07	-60.00	7.07
						0.00	-63.91	0.00

Figura 23

Geometría del bulbo húmedo con 1h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h en Cañasbamba

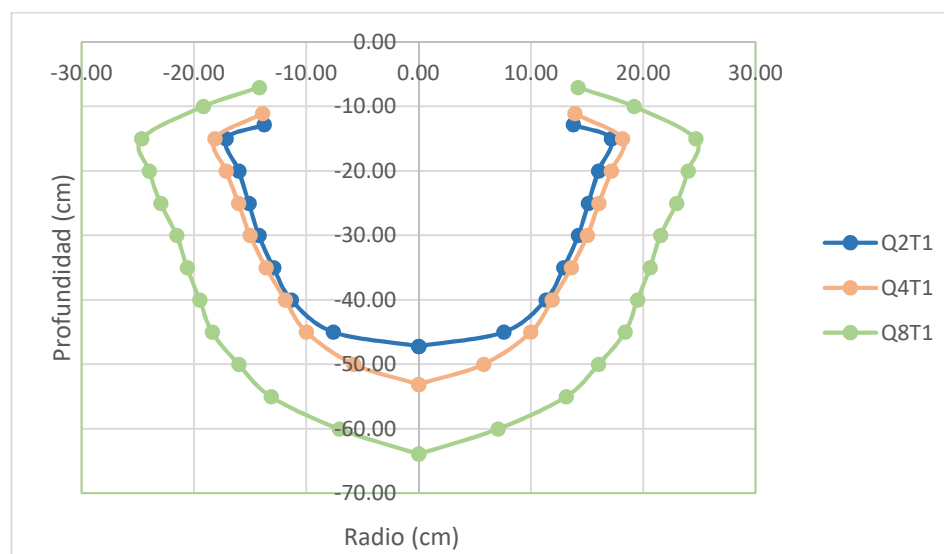


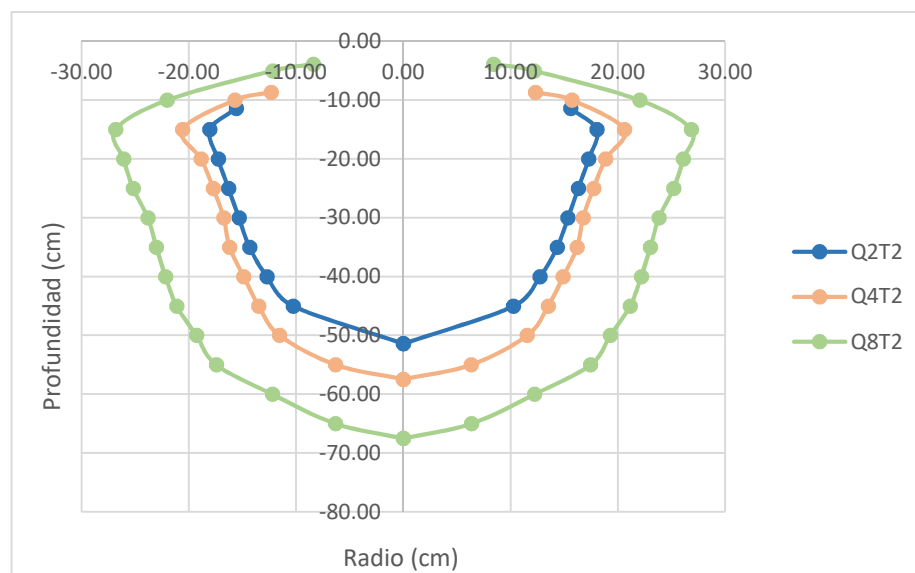
Tabla 21

Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Cañasbamba

Q2T2			Q4T2			Q8T2		
-X	Y	X	-X	Y	X	-X	Y	X
-15.58	-11.40	15.58	-12.32	-8.67	12.32	-8.39	-3.86	8.39
-18.05	-15.00	18.05	-15.71	-10.00	15.71	-12.18	-5.00	12.18
-17.27	-20.00	17.27	-20.61	-15.00	20.61	-22.02	-10.00	22.02
-16.29	-25.00	16.29	-18.85	-20.00	18.85	-26.84	-15.00	26.84
-15.33	-30.00	15.33	-17.73	-25.00	17.73	-26.09	-20.00	26.09
-14.33	-35.00	14.33	-16.75	-30.00	16.75	-25.19	-25.00	25.19
-12.72	-40.00	12.72	-16.20	-35.00	16.20	-23.83	-30.00	23.83
-10.26	-45.00	10.26	-14.89	-40.00	14.89	-23.03	-35.00	23.03
0.00	-51.41	0.00	-13.49	-45.00	13.49	-22.17	-40.00	22.17
			-11.55	-50.00	11.55	-21.13	-45.00	21.13
			-6.32	-55.00	6.32	-19.29	-50.00	19.29
			0.00	-57.47	0.00	-17.43	-55.00	17.43
						-12.21	-60.00	12.21
						-6.33	-65.00	6.33
						0.00	-67.51	0.00

Figura 24

Geometría del bulbo húmedo con 2h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h en Cañasbamba

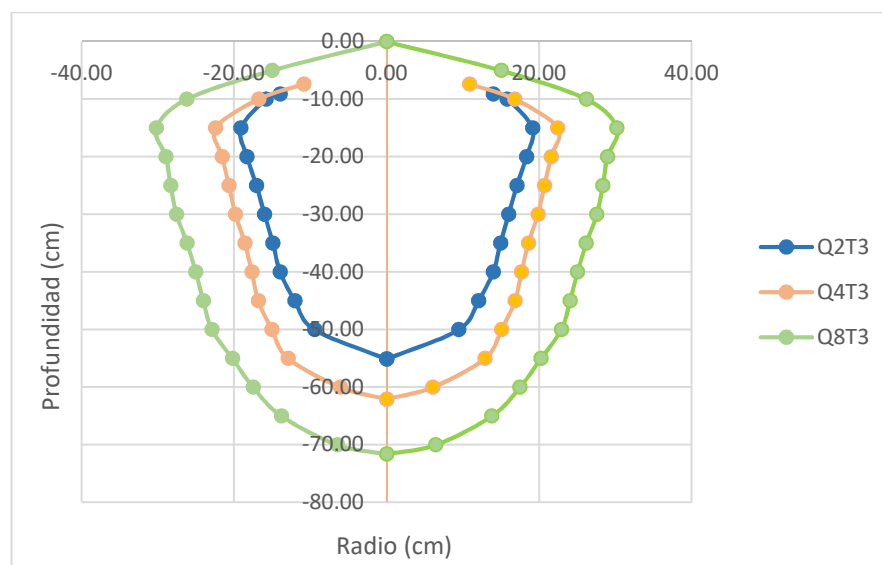
**Tabla 22**

Dimensión de Radio (X) y profundidad (Y) en Cañasbamba

Q2T3			Q4T3			Q8T3		
'-X	Y	X	'-X	Y	X	'-X	Y	X
-13.98	-9.12	13.98	-10.85	-7.35	10.85	0.00	0.00	0.00
-15.80	-10.00	15.80	-16.80	-10.00	16.80	-15.02	-5.00	15.02
-19.12	-15.00	19.12	-22.43	-15.00	22.43	-26.21	-10.00	26.21
-18.33	-20.00	18.33	-21.56	-20.00	21.56	-30.19	-15.00	30.19
-17.07	-25.00	17.07	-20.67	-25.00	20.67	-28.95	-20.00	28.95
-16.01	-30.00	16.01	-19.83	-30.00	19.83	-28.31	-25.00	28.31
-14.93	-35.00	14.93	-18.58	-35.00	18.58	-27.55	-30.00	27.55
-13.97	-40.00	13.97	-17.68	-40.00	17.68	-26.17	-35.00	26.17
-12.04	-45.00	12.04	-16.82	-45.00	16.82	-25.03	-40.00	25.03
-9.45	-50.00	9.45	-15.06	-50.00	15.06	-24.03	-45.00	24.03
0.00	-55.11	0.00	-12.90	-55.00	12.90	-22.90	-50.00	22.90
			-6.07	-60.00	6.07	-20.23	-55.00	20.23
			0.00	-62.07	0.00	-17.47	-60.00	17.47
						-13.79	-65.00	13.79
						-6.44	-70.00	6.44
						0.00	-71.61	0.00

Figura 25

Geometría del bulbo húmedo con 3h para caudales de 21/h, 41/h y 81/h en Cañasbamba



En las figuras 23, 24 y 25, de acuerdo a los datos registrados de las pruebas de campo para una 1h, 2h y 3h de riego respectivamente, se observa que el radio (x) y la profundidad (y) aumenta su dimensión con el incremento del caudal del emisor y tiempo de riego.

En resumen, con los datos críticos de radio y profundidad, la geometría del bulbo húmedo está en razón directamente proporcional con los tiempos de riego ($T_1=1h$, $T_2=2h$ y $T_3=3h$) y caudales de emisor ($Q_2=2l/h$, $Q_4=4l/h$ y $Q_8=8l/h$); tal como se muestra:

Tabla 23

Dimensión de diámetro (X) y profundidad (Y) de Marcará

Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi						
	T1= 1 h		T2= 2 h		T3= 3 h	
Q (l/h)	D (cm)	Y (cm)	D (cm)	Y (cm)	D (cm)	Y (cm)
2	40.42	-40.66	42.62	-44.91	44.14	-48.13
4	44.34	-47.33	47.52	-51.63	51.06	-54.01
8	55.66	-55.61	60.54	-58.93	65.28	-63.71

Figura 26

Grafica de tiempo (h) vs Caudal (l/h)

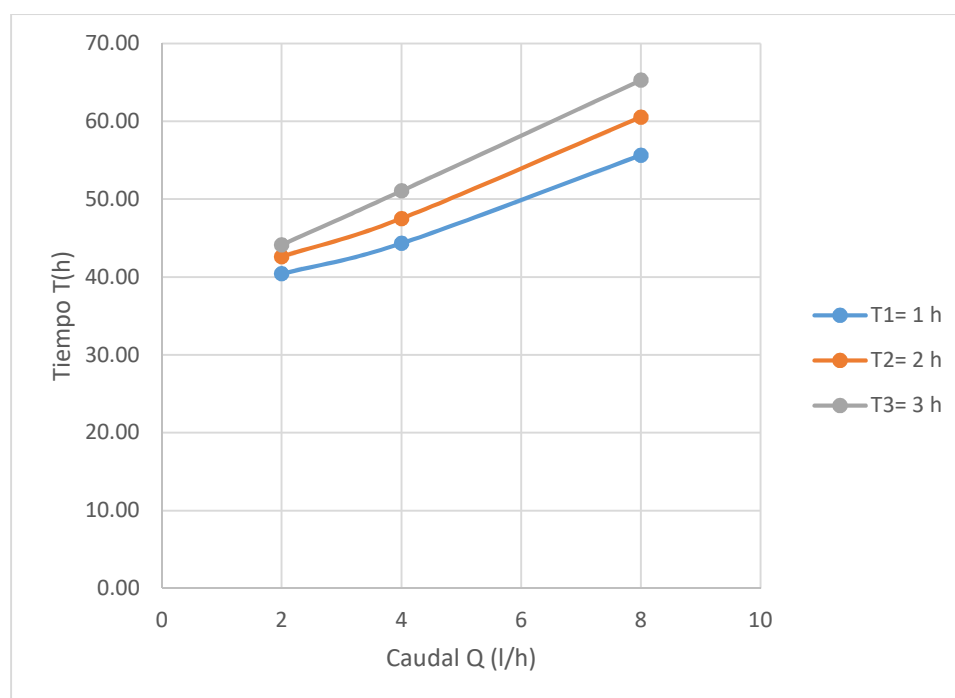
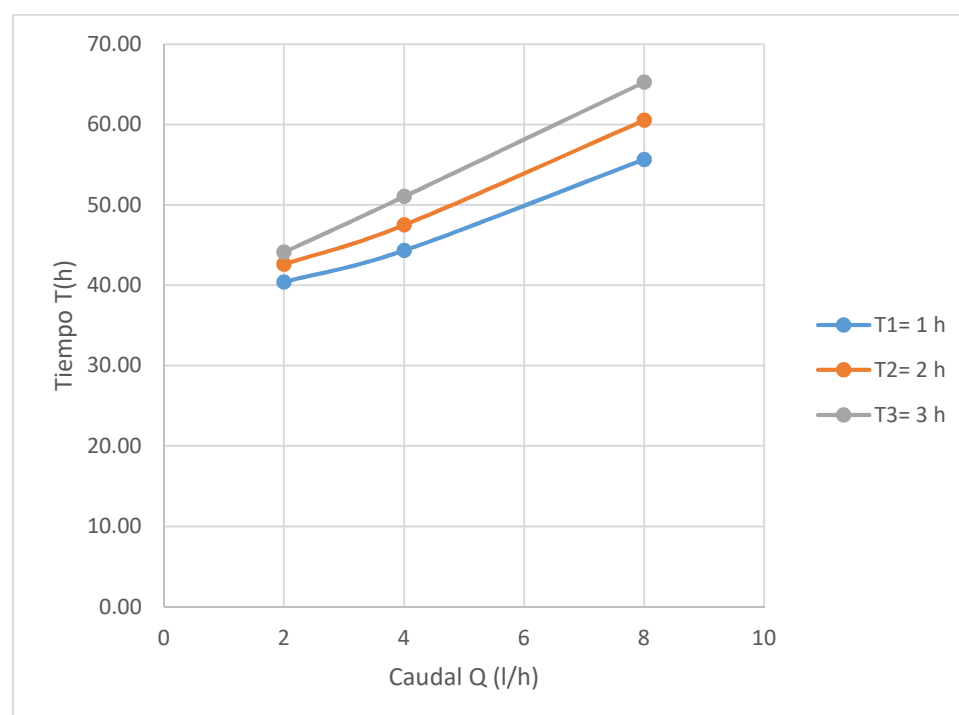


Tabla 24*Dimensión de diámetro (X) y profundidad (Y) de Cañasbamba*

Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba						
Q (l/h)	T1= 1 h		T2= 2 h		T3= 3 h	
	D (cm)	Y (cm)	D (cm)	Y (cm)	D (cm)	Y (cm)
2.00	34.30	-47.21	36.10	-51.41	38.24	-55.11
4.00	36.30	-53.11	41.22	-57.47	44.86	-62.07
8.00	49.32	-63.91	53.68	-67.51	60.38	-71.61

Figura 27*Gráfica de tiempo (h) vs Caudal (l/h)*

V. CONCLUSIONES

La textura del suelo de las parcelas Experimentales del Centro de Investigación y Experimentación Allpa Rumi y Cañasbamba, fueron franco arenoso, resultados que se obtuvieron después de análisis de suelo en el laboratorio GEOSTRUCT.

El radio y profundidad del bulbo húmedo es directamente proporcional al tiempo de riego y caudal del emisor, tal como se muestra en la tabla 23, figura 26, tabla 24 y figura 27.

Mediante el análisis de varianza y comparaciones múltiples del análisis estadístico, el radio y profundidad del bulbo húmedo es directamente proporcional a la interacción del tiempo de riego y caudal del emisor.

VI. RECOMENDACIONES

Continuar la investigación con diferentes texturas de suelo, para estimar la geometría del bulbo húmedo en función del caudal y tiempo de riego.

Para la estimación de la geometría del bulbo húmedo adicionalmente al tiempo de riego y el caudal del emisor, se recomienda considerar la infiltración básica.

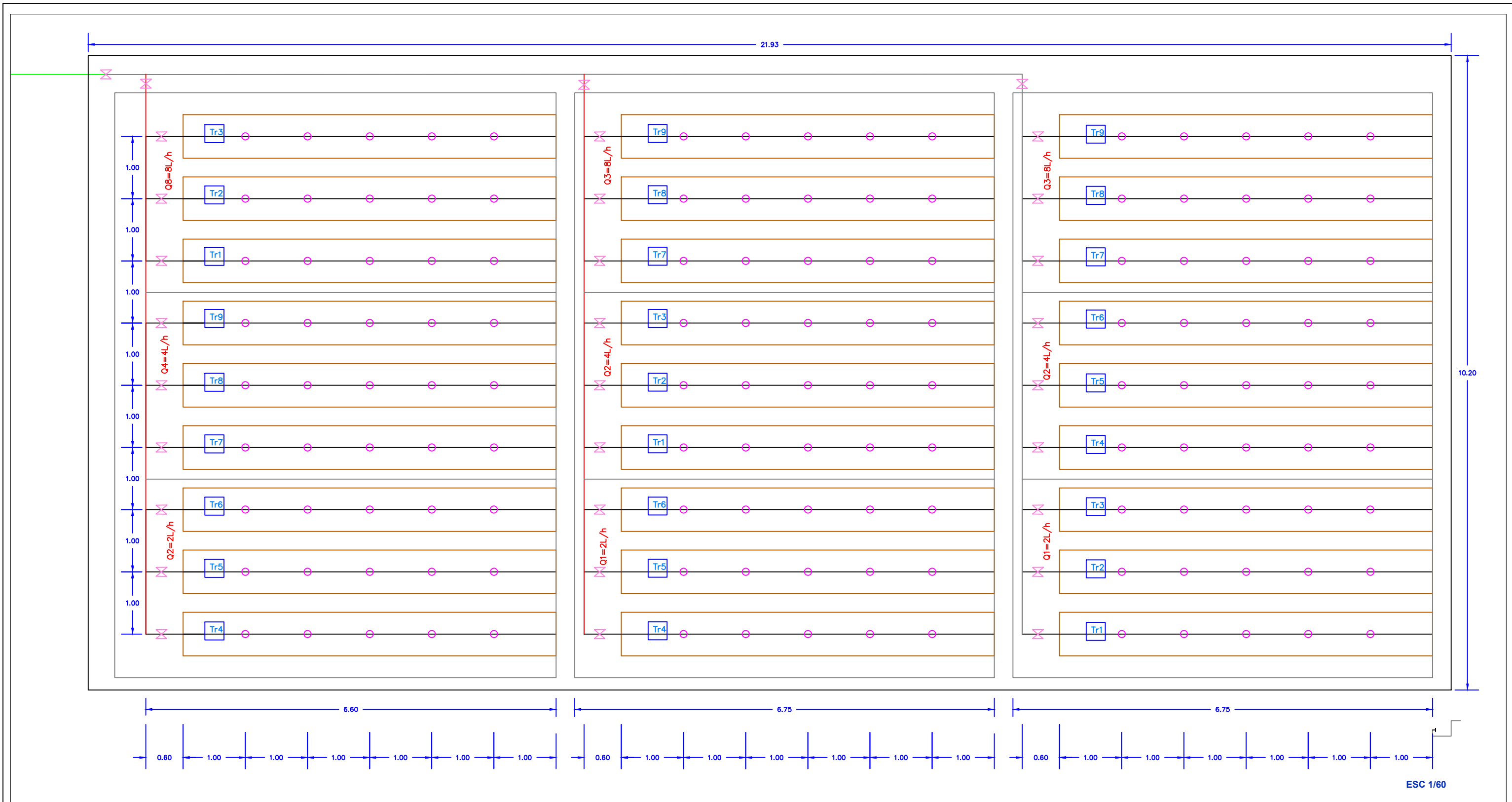
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bourziza, R., Hammani, A., y Bouaziz, a. (2014). *Water saving in arid regions: Comparison of innovative techniques for irrigation of young date palms*. International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering. International Journal of Earth, Energy and Environmental Sciences, 8(11).
- Brito, O. C. (2014). *Estudio de la influencia del tipo de suelo, caudal de goteo y tiempo de riego en la geometría del bulbo de humedecimiento*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- Ciancaglini, N. (2015). *Riego por goteo*. Recuperado de https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf
- Cifuentes, M. A. (2016). *Requerimiento de agua para el césped americano (Stenotaphrum secundatum) empleando riego por goteo subterráneo, durante el otoño en la UNALM*. Tesis pregrado, Lima.
- Fernández, G. R. (2010). *Manual de Riego para Agricultores*. Junta de Andalucía.
- Fuentes, Y. J. (2009). *Características agronómicas del riego por goteo*. Neografis .S.L.
- Jordán, L. A. (2006). *Manual de edafología*. Recuperado de https://www.academia.edu/6005589/Manual_de_edafologia_jordan
- Lamm, F. (2002). *ADVANTAGES AND DISADVANTAGES*. Recuperado de <https://fyi.extension.wisc.edu/cropirrigation/files/2015/12/Adv-Disadv-SDI-KS-2002-Lamm.pdf>
- López, E., y González, B. (2016). *Diseño y análisis de experimentos*. Recuperado de http://cete.fausac.gt/wp-content/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf
- Mujica, C. A., Carmenates, H. D., y Paneque, R. P. (2012). *Determinación de la forma y dimensiones del bulbo húmedo en el riego subsuperficial para el cultivo de caña de azúcar*. Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol (21),59-62.

- Quiñones, G. T. (2011). *DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO POR GOTEO DE 115 HECTÁREAS DE CULTIVO DE MANDARINOS* . Tesis pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Lima.
- Ramírez, C. R. (2007). *PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LOS SUELOS*.
- Reche, M. J. (1994). *Limpieza y mantenimiento de las instalaciones de riego por goteo*. Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-jose-faustino-sanchez-carrion/fertilidad-de-suelo/propiedades-fisicas-quimicas-y-biologicas-de-los-suelos/13834325>
- Rogers, D., Lamm, F., & Aguilar, J. (2018). *Subsurface drip irrigation (SDI) components : Minimum requirements*. Recuperado de <https://www.ksre.k-state.edu/sdi/reports/2018/MF2576.pdf>
- Salvador, R., y Aragüés, R. (2013). *Estado de la cuestión del riego por goteo enterrado: Diseño, manejo, mantenimiento y control de la salinidad del suelo*. Información técnica económica agraria (itea).
- Ticona, A. Y. (2013). *Determinación del bulbo húmedo con goteros de diferente caudal en los suelos, la Molina-Lima y Viru-Trujillo*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional la Molina.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Croquis de parcela experimental



PROYECTO:
 “INFLUENCIA DEL CAUDAL Y TIEMPO DE RIEGO EN LA GEOMETRÍA DEL BULBO HÚMEDO CON RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO EN YUNGAY Y MARCARÁ, 2019”

UBICACION :
 DEPARTAMENTO : ANCASH
 PROVINCIA : YUNGAY- CARHUAZ
 DISTRITO : YUNGAY - MARCARÁ
 SECTOR : CAÑASBAMBA-ALLPA RUMI

PLANO
 CROQUIS DE LA INSTALACION DE RIEGO
TESISTA:
 OLORTEGUI CALIXTO MELIZA MARGARITA

LAMINA:
U-1

Anexo 2. Análisis de suelo

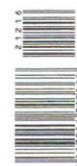


Hoja 1 de 1

PROYECTO: INFLUENCIA DEL CAUDAL Y TIEMPO DE RIEGO EN LA GEOMETRIA DEL BULBO HUMEDO CON RIEGO POR GOTEO SUBTERRANEO EN YUNGAY Y MARCARA, 2019

SOLICITANTE: MELIZA OLORTEGUI CALIXTO
 LUGAR: MARCARA-CARHUAZ-ANCASH
 CANTERA: FUNDO ALLPA RUMI-MARCARA-CARHUAZ-ANCASH
 MUESTRA N° : M-01
 FECHA: 19/09/2020

CERT: 201216



ANALISIS DE CARACTERIZACION DEL SUELO

N°	Textura			Clase textural	Ph	M.O %	Nt %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
1	49	34	17	Franca Arenoso	6	1.92	0.09	10.80	65	0.191

CATIONES CAMBIABLES

Muestra N° 01	Ca ⁺² me/100 gr.	Mg ⁺² me/100 gr.	K ⁺² me/100 gr.	Na ⁺² me/100 gr.	H + Al me/100 gr.	CIC me/100 gr.
1	6.07	1.29	0.13	0.04	0.95	8.41

ANIONES

Muestra N° 01	Ca Co ₃ me/100 gr.	SO ₄ me/100 gr.	Cl me/100 gr.	Suma me/100 gr.
1	0	0.72	1.19	1.91

PARAMETROS FISICOS

Da	g/cm ³	Dr. g/cm ³	C.C	%	P.M.	%
	1.55	2.57	18.8		6.9	

PARAMETROS PERMISIBLES:

CLORUROS: 600 ppm Máximo
 SULFATOS: 1000 ppm Máximo
 C.E. < de 250 US/cm3
 pH 5.5 a 8.0
 Matreria Orgánica. 3 ppm Máximo

CONCLUSIONES: La muestra tiene una reacción Moleradamente ácida pobre en materia orgánica
 El Cl se encuentra dentro de los parametros permisibles
 El SO₄ se encuentra dentro de los parametros permisibles
 Las sales solubles totales se encuentra dentro de los parametros permisibles



201216

Oficina: Jr. Hualcan N° 240 - Huaraz - Telf.: 043509230 - 943048865 - 942918776 - WhatsApp: 943048865 - 942918776
 Email: geoestructura@gmail.com - jbarreto@gmail.com - informes@geoestruct.com.pe
 www.geoestruct.com.pe



Hoja 1 de 1

PROYECTO: INFLUENCIA DEL CAUDAL Y TIEMPO DE RIEGO EN LA GEOMETRIA DEL BULBO HUMEDO CON RIEGO POR GOTEO SUBTERRANEO EN YUNGAY Y MARCARA, 2019

SOLICITANTE: MELIZA OLORTEGUI CALIXTO
LUGAR: YUNGAY-ANCASH
CANTERA: CIE CAÑASBAMBA
MUESTRA N°: M-01
FECHA: 19/09/2020

CERT: 201215

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

N°	Textura			Clase textural	Ph	M.O %	Nt %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
1	71	19	10	Franca Arenosa	6.51	1.021	0.05	9.00	74	0.317

CACIONES CAMBIABLES

Muestra N° 01	Ca ⁺² me/100 gr.	Mg ⁺² me/100 gr.	K ⁺² me/100 gr.	Na ⁺² me/100 gr.	H + Al me/100 gr.	Cl me/100 gr.
1	6.06	1.27	0.15	0.03	0.98	8.49

ANIONES

Muestra N° 01	Ca Co ₃ me/100 gr.	SO ₄ me/100 gr.	Cl me/100 gr.	Suma me/100 gr.
1	0	0.74	1.18	1.92

PARAMETROS FISICOS

Da	g/cm ³	Dr. g/cm ³	C.C	% P.M.	%
	1.6	2.4	14.7	5.4	

PARAMETROS PERMISIBLES:

CLORUROS: 600 ppm Máximo
SULFATOS: 1000 ppm Máximo
C.E. < de 250 US/cm³
pH 5.5 a 8.0
Materia Orgánica. 3 ppm Máximo

CONCLUSIONES: La muestra tiene una reacción Ligeramente ácida pobre en materia orgánica
El Cl se encuentra dentro de los parametros permisibles
El SO₄ se encuentra dentro de los parametros permisibles
Las sales solubles totales se encuentra dentro de los parametros permisibles



Oficina: Jr. Hualcan N° 240 - Huaraz - Telf.: 043509230 - 943048865 - 942918776 - WhatsApp: 943048865 - 942918776
Email: geoestructura@gmail.com - jbarretop@gmail.com - informes@geoestruct.com.pe
www.geoestruct.com.pe

201215

Anexo 3. Ecuación del emisor

Color de tapa e inserción	Descarga (L/h)	Exponente del emisor (x)	Coefficiente de flujo (K)
Amarillo	2	0.48	2
Negro	4	0.48	4
Azul	8	0.48	8

Datos técnicos y condiciones de color, a una presión operativa de 1 bar

Ecuación de goteros

Para $Q=2l/h$

$$Q(L/h) = 2h^{0.48}$$

Para $Q=4l/h$

$$Q(L/h) = 8h^{0.48}$$

Para $Q=8l/h$

$$Q(L/h) = 4h^{0.48}$$

Anexo 4. Cálculo del coeficiente de uniformidad de riego por goteo en Marcará

Tiempo de riego (min):	5
Número de goteros evaluados:	16
Caudal de gotero (l/h):	2

Posición del emisor en el lateral	Posición del lateral en la línea distribuidora			
	Inicio	A 1/3	A 2/3	Al final
Al inicio	190 ml	185 ml	190 ml	185 ml
A 1/3	180 ml	175 ml	185 ml	180 ml
A 2/3	160 ml	170 ml	170 ml	160 ml
AL FINAL	155 ml	160 ml	160 ml	155 ml

Volumen del emisor (ml)	Caudal del emisor (l/h)	Orden de descenso
190	2.28	2.28
180	2.16	2.28
160	1.92	2.22
155	1.86	2.22
185	2.22	2.22
175	2.1	2.16
170	2.04	2.16
160	1.92	2.1
190	2.28	2.04
185	2.22	2.04
170	2.04	1.92
160	1.92	1.92
185	2.22	1.92
180	2.16	1.92
160	1.92	1.86
155	1.86	1.86
Promedio	2.07	1.89

Caudal promedio de los emisores que constituyen el 25 % de más bajo caudal.

$$CU = \frac{Q_{25\%}}{Q_a} = 91.30\%$$

Tiempo de riego (min):	5
Número de goteros evaluados:	16
Caudal de gotero (l/h):	4

Posición del emisor en el lateral	Posición del lateral en la línea distribuidora			
	Inicio	A 1/3	A 2/3	Al final
Al inicio	375 ml	370 ml	375 ml	375 ml
A 1/3	365 ml	360 ml	365 ml	365 ml
A 2/3	355 ml	350 ml	345 ml	355 ml
Al final	330 ml	320 ml	320 ml	325 ml

Volumen del emisor (ml)	Caudal del emisor (l/h)	Orden de descenso
375	4.5	4.5
365	4.38	4.5
355	4.26	4.5
330	3.96	4.44
370	4.44	4.38
360	4.32	4.38
350	4.2	4.38
320	3.84	4.32
375	4.5	4.26
365	4.38	4.26
345	4.14	4.2
320	3.84	4.14
375	4.5	3.96
365	4.38	3.9
355	4.26	3.84
325	3.9	3.84
Promedio	4.24	3.89



Caudal promedio de los emisores que constituyen el 25 % de más bajo caudal.

$$CU = \frac{Q_{25\%}}{Q_a} = 91.68\%$$

Tiempo de riego (min):	5
Número de goteros evaluados:	16
Caudal de gotero (l/h):	8

Posición del emisor en el lateral	Posición del lateral en la línea distribuidora			
	Inicio	A 1/3	A 2/3	Al final
AL INICIO	750 ml	745 ml	740 ml	745 ml
A 1/3	720 ml	715 ml	710 ml	720 ml
A 2/3	680 ml	670 ml	670 ml	685 ml
AL FINAL	640 ml	630 ml	630 ml	635 ml

Volumen del emisor (ml)	Caudal del emisor(L/h)	Orden de descenso
750	9	9
720	8.64	8.94
680	8.16	8.94
640	7.68	8.88
745	8.94	8.64
715	8.58	8.64
670	8.04	8.58
630	7.56	8.52
740	8.88	8.22
710	8.52	8.16
670	8.04	8.04
630	7.56	8.04
745	8.94	7.68
720	8.64	7.62
685	8.22	7.56
635	7.62	7.56
Promedio	8.31	7.61



Caudal promedio de los emisores que constituyen el 25 % de más bajo caudal.

$$CU = \frac{Q_{25\%}}{Q_a} = 91.47\%$$

Anexo 5. Cálculo del coeficiente de uniformidad de riego por goteo en Cañasbamba

Tiempo de riego (min):	5
Número de goteros evaluados:	16
Caudal de gotero (l/h):	2

Posición del emisor en el lateral	Posición del lateral en la línea distribuidora			
	Inicio	A 1/3	A 2/3	Al final
Al inicio	190 ml	185 ml	190 ml	185 ml
A 1/3	180 ml	175 ml	185 ml	180 ml
A 2/3	165 ml	170 ml	170 ml	160 ml
Al final	155 ml	160 ml	160 ml	155 ml

Volumen del emisor (ml)	Caudal del emisor (l/h)	Orden de descenso
190	2.28	2.28
180	2.16	2.28
165	1.98	2.22
155	1.86	2.22
185	2.22	2.22
175	2.1	2.16
170	2.04	2.16
160	1.92	2.1
190	2.28	2.04
185	2.22	2.04
170	2.04	1.98
160	1.92	1.92
185	2.22	1.92
180	2.16	1.92
160	1.92	1.86
155	1.86	1.86
Promedio	2.07	1.89

Caudal promedio de los emisores que constituyen el 25 % de más bajo caudal.

$$CU = \frac{Q_{25\%}}{Q_a} = 91.14\%$$

Tiempo de riego (min):	5
Número de goteros evaluados:	16
Caudal de gotero (l/h):	4

Posición del emisor en el lateral	Posición del lateral en la línea distribuidora			
	Inicio	A 1/3	A 2/3	Al final
Al inicio	375 ml	370 ml	375 ml	370 ml
A 1/3	360 ml	360 ml	365 ml	355 ml
A 2/3	340 ml	350 ml	355 ml	345 ml
Al final	320 ml	320 ml	325 ml	315 ml

Volumen del emisor (ml)	Caudal del emisor (l/h)	Orden de descenso
375	4.5	4.5
360	4.32	4.5
340	4.08	4.44
320	3.84	4.44
370	4.44	4.38
360	4.32	4.32
350	4.2	4.32
320	3.84	4.26
375	4.5	4.26
365	4.38	4.2
355	4.26	4.14
325	3.9	4.08
370	4.44	3.9
355	4.26	3.84
345	4.14	3.84
315	3.78	3.78
Promedio	4.2	3.84

Caudal promedio de los emisores que constituyen el 25 % de más bajo caudal.

$$CU = \frac{Q_{25\%}}{Q_a} = 91.43\%$$

Tiempo de riego (min):	5
Número de goteros evaluados:	16
Caudal de gotero (l/h):	8

Posición del emisor en el lateral	Posición del lateral en la línea distribuidora			
	Inicio	A 1/3	A 2/3	Al final
Al inicio	755 ml	750 ml	745 ml	750 ml
A 1/3	725 ml	720 ml	715 ml	725 ml
A 2/3	700 ml	690 ml	680 ml	690 ml
Al final	630 ml	650 ml	630 ml	640 ml

Volumen del emisor (ml)	Caudal del emisor(l/h)	Orden de descenso
755	9.06	9.06
725	8.7	9
700	8.4	9
630	7.56	8.94
750	9	8.7
720	8.64	8.7
690	8.28	8.64
650	7.8	8.58
745	8.94	8.4
715	8.58	8.28
680	8.16	8.28
630	7.56	8.16
750	9	7.8
725	8.7	7.68
690	8.28	7.56
640	7.68	7.56
Promedio	8.4	7.65



Caudal promedio de los emisores que constituyen el 25 % de más bajo caudal.

$$CU = \frac{Q_{25\%}}{Q_a} = 91.11\%$$

Anexo 6. Radio y profundidad de bloques en Marcará

Q2T1

BLOQUE I

\bar{X}	Y	X
-17.96	-12.28	17.96
-20.21	-15.00	20.21
-18.39	-20.00	18.39
-16.51	-25.00	16.51
-14.97	-30.00	14.97
-10.94	-35.00	10.94
0.00	-40.68	0.00

BLOQUE II

\bar{X}	Y	X
-18.34	-12.30	18.34
-20.58	-15.00	20.58
-18.78	-20.00	18.78
-17.50	-25.00	17.50
-15.36	-30.00	15.36
-11.32	-35.00	11.32
0.00	-40.30	0.00

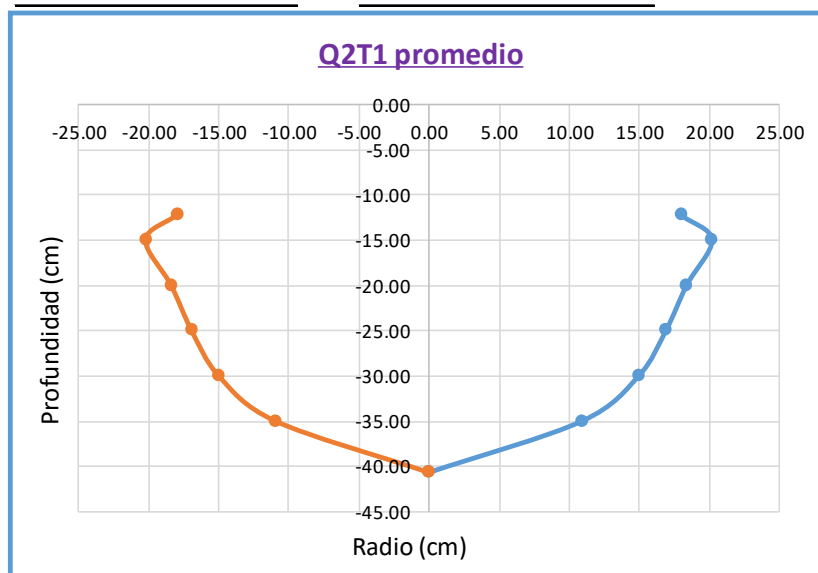
BLOQUE III

\bar{X}	Y	X
-17.60	-12.26	17.60
-19.84	-15.00	19.84
-18.04	-20.00	18.04
-16.76	-25.00	16.76
-14.62	-30.00	14.62
-10.58	-35.00	10.58
0.00	-41.00	0.00

Q2T1 Promedio

\bar{X}	Y	X
-17.97	-12.28	17.97
-20.21	-15.00	20.21
-18.40	-20.00	18.40
-16.92	-25.00	16.92
-14.98	-30.00	14.98
-10.95	-35.00	10.95
0.00	-40.66	0.00

Q2T1 promedio



Q4T1BLOQUE I

\bar{X}	Y	X
-16.84	-9.90	16.84
-22.00	-15.00	22.00
-21.22	-20.00	21.22
-20.48	-25.00	20.48
-18.78	-30.00	18.78
-17.16	-35.00	17.16
-13.02	-40.00	13.02
-8.30	-45.00	8.30
0.00	-47.60	0.00

BLOQUE II

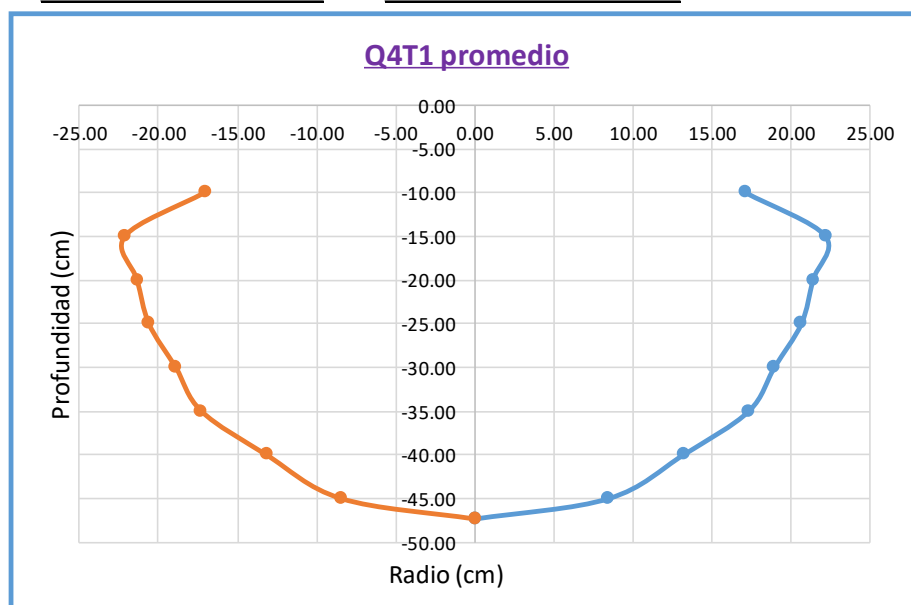
\bar{X}	Y	X
-17.06	-9.94	17.06
-22.16	-15.00	22.16
-21.38	-20.00	21.38
-20.64	-25.00	20.64
-18.94	-30.00	18.94
-17.32	-35.00	17.32
-13.18	-40.00	13.18
-8.46	-45.00	8.46
0.00	-47.32	0.00

BLOQUE III

\bar{X}	Y	X
-17.32	-10.04	17.32
-22.34	-15.00	22.34
-21.56	-20.00	21.56
-20.82	-25.00	20.82
-19.12	-30.00	19.12
-17.50	-35.00	17.50
-13.36	-40.00	13.36
-8.64	-45.00	8.64
0.00	-47.08	0.00

Q4T1 Promedio

\bar{X}	Y	X
-17.07	-9.96	17.07
-22.17	-15.00	22.17
-21.39	-20.00	21.39
-20.65	-25.00	20.65
-18.95	-30.00	18.95
-17.33	-35.00	17.33
-13.19	-40.00	13.19
-8.47	-45.00	8.47
0.00	-47.33	0.00



Q8T1BLOQUE I

\bar{X}	Y	X
-10.54	-4.28	10.54
-15.26	-5.00	15.26
-25.06	-10.00	25.06
-28.06	-15.00	28.06
-27.04	-20.00	27.04
-26.24	-25.00	26.24
-24.76	-30.00	24.76
-23.76	-35.00	23.76
-22.66	-40.00	22.66
-18.30	-45.00	18.30
-12.20	-50.00	12.20
0.00	-55.40	0.00

BLOQUE II

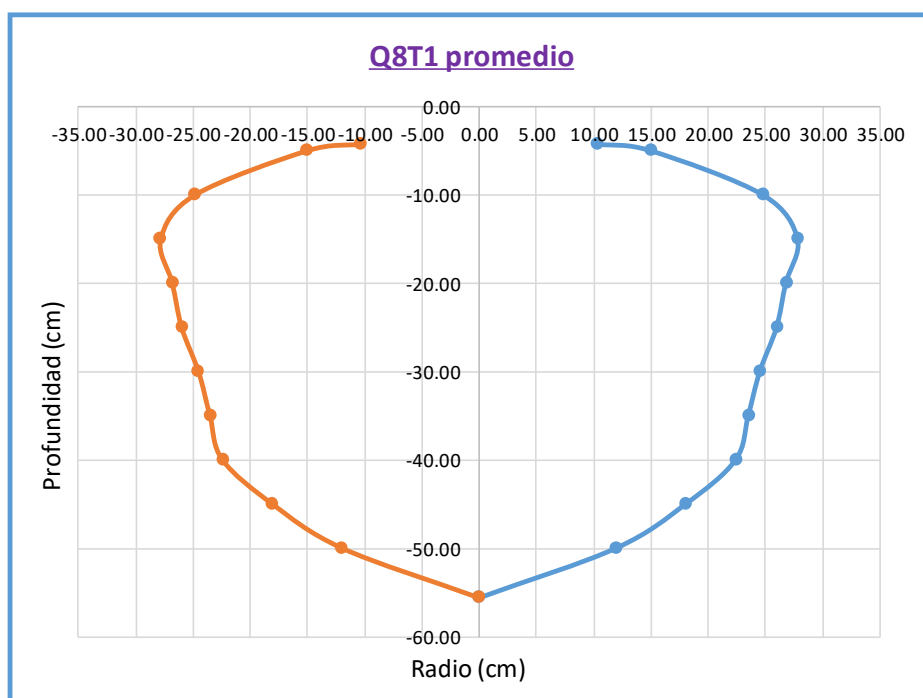
\bar{X}	Y	X
-10.08	-4.20	10.08
-14.80	-5.00	14.80
-24.60	-10.00	24.60
-27.60	-15.00	27.60
-26.58	-20.00	26.58
-25.78	-25.00	25.78
-24.30	-30.00	24.30
-23.30	-35.00	23.30
-22.20	-40.00	22.20
-17.84	-45.00	17.84
-11.74	-50.00	11.74
0.00	-55.92	0.00

BLOQUE III

\bar{X}	Y	X
-10.30	-4.22	10.30
-15.04	-5.00	15.04
-24.82	-10.00	24.82
-27.82	-15.00	27.82
-26.80	-20.00	26.80
-25.98	-25.00	25.98
-24.52	-30.00	24.52
-23.52	-35.00	23.52
-22.42	-40.00	22.42
-18.04	-45.00	18.04
-11.94	-50.00	11.94
0.00	-55.52	0.00

Q8T1 Promedio

\bar{X}	Y	X
-10.31	-4.23	10.31
-15.03	-5.00	15.03
-24.83	-10.00	24.83
-27.83	-15.00	27.83
-26.81	-20.00	26.81
-26.00	-25.00	26.00
-24.53	-30.00	24.53
-23.53	-35.00	23.53
-22.43	-40.00	22.43
-18.06	-45.00	18.06
-11.96	-50.00	11.96
0.00	-55.61	0.00



Q2T2**BLOQUE I**

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-16.50	-9.86	16.50
-21.18	-15.00	21.18
-19.86	-20.00	19.86
-18.54	-25.00	18.54
-16.98	-30.00	16.98
-15.12	-35.00	15.12
-10.12	-40.00	10.12
0.00	-45.14	0.00

BLOQUE II

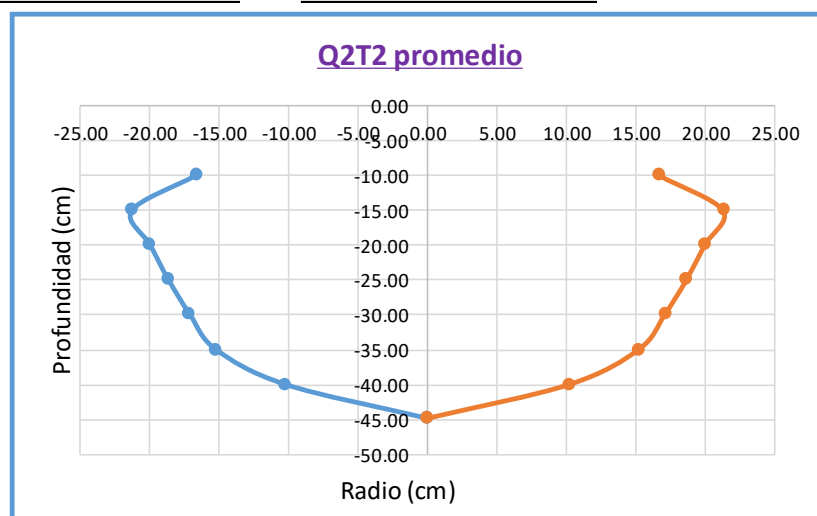
<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-16.82	-10.00	16.82
-21.46	-15.00	21.46
-20.14	-20.00	20.14
-18.82	-25.00	18.82
-17.26	-30.00	17.26
-15.40	-35.00	15.40
-10.40	-40.00	10.40
0.00	-44.68	0.00

BLOQUE III

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-16.64	-9.92	16.64
-21.30	-15.00	21.30
-19.98	-20.00	19.98
-18.66	-25.00	18.66
-17.12	-30.00	17.12
-15.24	-35.00	15.24
-10.24	-40.00	10.24
0.00	-44.92	0.00

Q2T2 Promedio

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-16.65	-9.93	16.65
-21.31	-15.00	21.31
-19.99	-20.00	19.99
-18.67	-25.00	18.67
-17.12	-30.00	17.12
-15.25	-35.00	15.25
-10.25	-40.00	10.25
0.00	-44.91	0.00



Q4T2**BLOQUE I**

\bar{X}	Y	X
-15.96	-8.14	15.96
-23.76	-15.00	23.76
-22.42	-20.00	22.42
-21.68	-25.00	21.68
-20.70	-30.00	20.70
-18.12	-35.00	18.12
-15.82	-40.00	15.82
-12.34	-45.00	12.34
-7.20	-50.00	7.20
0.00	-51.64	0.00

BLOQUE II

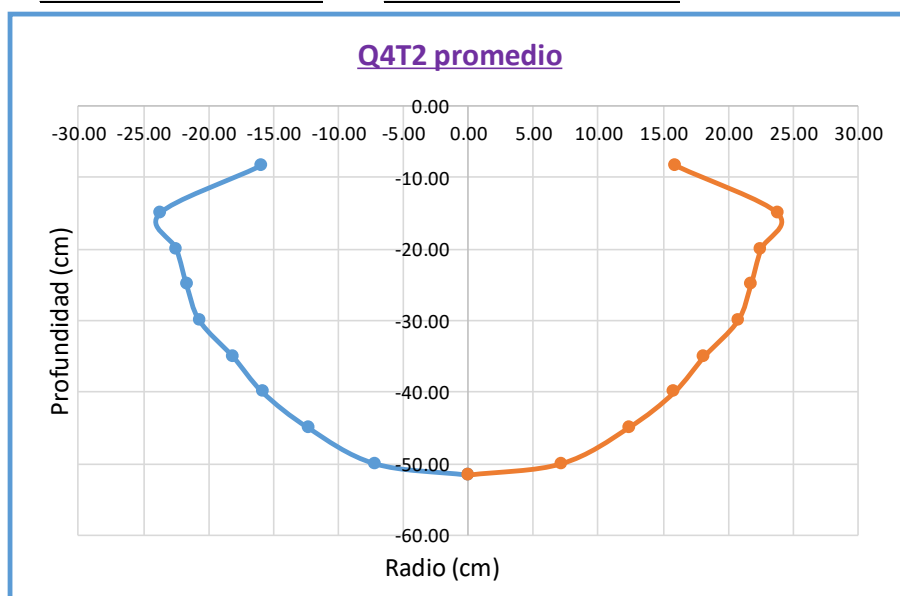
\bar{X}	Y	X
-16.24	-8.50	16.24
-24.00	-15.00	24.00
-22.76	-20.00	22.76
-21.94	-25.00	21.94
-20.96	-30.00	20.96
-18.24	-35.00	18.24
-16.08	-40.00	16.08
-12.56	-45.00	12.56
-7.44	-50.00	7.44
0.00	-51.46	0.00

BLOQUE III

\bar{X}	Y	X
-15.68	-8.30	15.68
-23.52	-15.00	23.52
-22.28	-20.00	22.28
-21.46	-25.00	21.46
-20.48	-30.00	20.48
-18.04	-35.00	18.04
-15.60	-40.00	15.60
-12.08	-45.00	12.08
-6.96	-50.00	6.96
0.00	-51.78	0.00

Q4T2 Promedio

\bar{X}	Y	X
-15.96	-8.31	15.96
-23.76	-15.00	23.76
-22.49	-20.00	22.49
-21.69	-25.00	21.69
-20.71	-30.00	20.71
-18.13	-35.00	18.13
-15.83	-40.00	15.83
-12.33	-45.00	12.33
-7.20	-50.00	7.20
0.00	-51.63	0.00



Q8T2BLOQUE I

\bar{X}	Y	X
-7.42	-2.96	7.42
-16.04	-5.00	16.04
-25.92	-10.00	25.92
-29.98	-15.00	29.98
-28.22	-20.00	28.22
-27.22	-25.00	27.22
-26.62	-30.00	26.62
-25.42	-35.00	25.42
-24.26	-40.00	24.26
-22.68	-45.00	22.68
-19.66	-50.00	19.66
-11.86	-55.00	11.86
0.00	-59.30	0.00

BLOQUE II

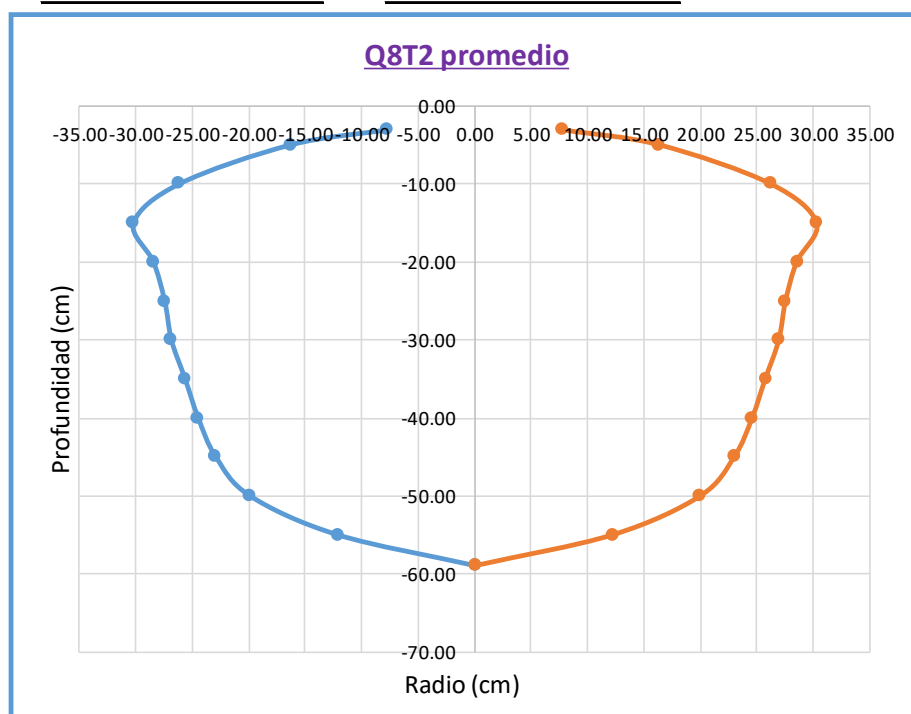
\bar{X}	Y	X
-8.10	-3.12	8.10
-16.62	-5.00	16.62
-26.50	-10.00	26.50
-30.56	-15.00	30.56
-28.80	-20.00	28.80
-27.80	-25.00	27.80
-27.20	-30.00	27.20
-26.00	-35.00	26.00
-24.84	-40.00	24.84
-23.26	-45.00	23.26
-20.24	-50.00	20.24
-12.44	-55.00	12.44
0.00	-58.56	0.00

BLOQUE III

\bar{X}	Y	X
-7.78	-3.10	7.78
-16.32	-5.00	16.32
-26.22	-10.00	26.22
-30.26	-15.00	30.26
-28.50	-20.00	28.50
-27.52	-25.00	27.52
-26.92	-30.00	26.92
-25.70	-35.00	25.70
-24.54	-40.00	24.54
-22.98	-45.00	22.98
-19.96	-50.00	19.96
-12.14	-55.00	12.14
0.00	-58.94	0.00

Q8T2 Promedio

\bar{X}	Y	X
-7.77	-3.06	7.77
-16.33	-5.00	16.33
-26.21	-10.00	26.21
-30.27	-15.00	30.27
-28.51	-20.00	28.51
-27.51	-25.00	27.51
-26.91	-30.00	26.91
-25.71	-35.00	25.71
-24.55	-40.00	24.55
-22.97	-45.00	22.97
-19.95	-50.00	19.95
-12.15	-55.00	12.15
0.00	-58.93	0.00



Q2T3BLOQUE I

\bar{X}	Y	X
-16.10	-8.22	16.10
-18.50	-10.00	18.50
-22.06	-15.00	22.06
-20.86	-20.00	20.86
-19.24	-25.00	19.24
-17.80	-30.00	17.80
-16.42	-35.00	16.42
-14.08	-40.00	14.08
-9.18	-45.00	9.18
0.00	-48.14	0.00

BLOQUE II

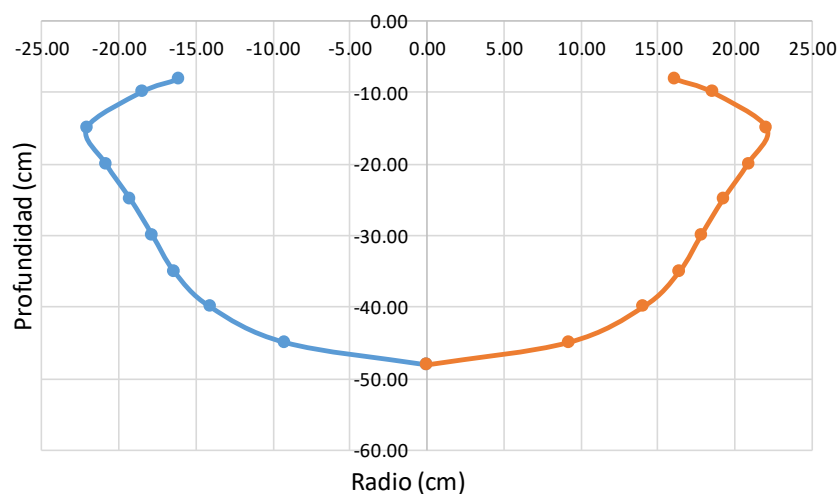
\bar{X}	Y	X
-16.30	-8.10	16.30
-18.70	-10.00	18.70
-22.26	-15.00	22.26
-21.04	-20.00	21.04
-19.42	-25.00	19.42
-18.00	-30.00	18.00
-16.62	-35.00	16.62
-14.28	-40.00	14.28
-9.38	-45.00	9.38
0.00	-47.96	0.00

BLOQUE III

\bar{X}	Y	X
-15.92	-8.30	15.92
-18.32	-10.00	18.32
-21.88	-15.00	21.88
-20.66	-20.00	20.66
-19.04	-25.00	19.04
-17.62	-30.00	17.62
-16.24	-35.00	16.24
-13.90	-40.00	13.90
-9.00	-45.00	9.00
0.00	-48.30	0.00

Q2T3 Promedio

\bar{X}	Y	X
-16.11	-8.21	16.11
-18.51	-10.00	18.51
-22.07	-15.00	22.07
-20.85	-20.00	20.85
-19.23	-25.00	19.23
-17.81	-30.00	17.81
-16.43	-35.00	16.43
-14.09	-40.00	14.09
-9.19	-45.00	9.19
0.00	-48.13	0.00

Q2T3 promedio

Q4T3**BLOQUE I**

\bar{X}	Y	X
-13.32	-6.26	13.32
-21.14	-10.00	21.14
-25.76	-15.00	25.76
-23.94	-20.00	23.94
-23.10	-25.00	23.10
-22.00	-30.00	22.00
-20.70	-35.00	20.70
-19.64	-40.00	19.64
-17.10	-45.00	17.10
-10.46	-50.00	10.46
0.00	-53.80	0.00

BLOQUE II

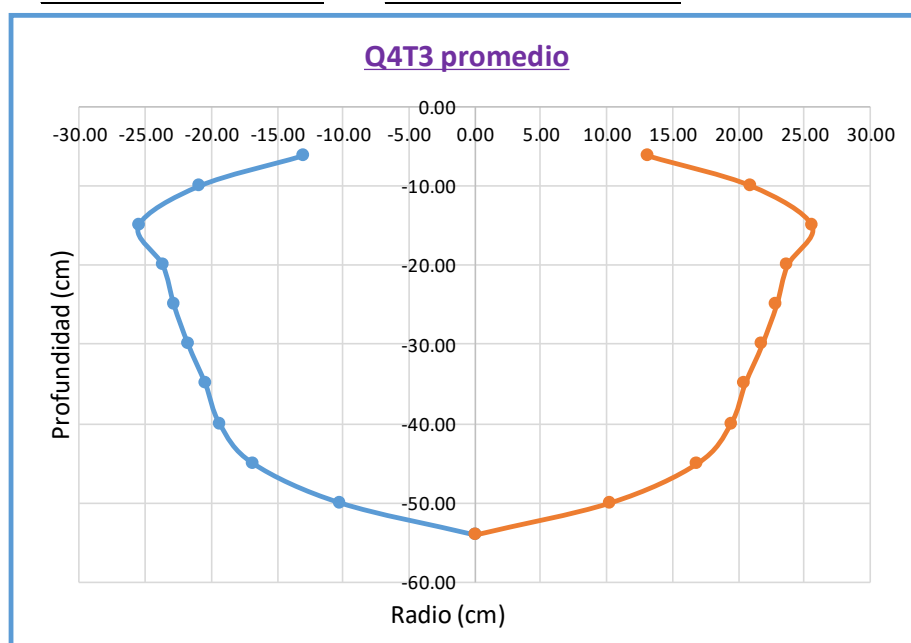
\bar{X}	Y	X
-12.86	-6.20	12.86
-20.68	-10.00	20.68
-25.30	-15.00	25.30
-23.48	-20.00	23.48
-22.64	-25.00	22.64
-21.54	-30.00	21.54
-20.24	-35.00	20.24
-19.18	-40.00	19.18
-16.64	-45.00	16.64
-10.00	-50.00	10.00
0.00	-54.20	0.00

BLOQUE III

\bar{X}	Y	X
-13.06	-6.16	13.06
-20.88	-10.00	20.88
-25.52	-15.00	25.52
-23.68	-20.00	23.68
-22.84	-25.00	22.84
-21.78	-30.00	21.78
-20.46	-35.00	20.46
-19.38	-40.00	19.38
-16.86	-45.00	16.86
-10.22	-50.00	10.22
0.00	-54.04	0.00

Q4T3 Promedio

\bar{X}	Y	X
-13.08	-6.21	13.08
-20.90	-10.00	20.90
-25.53	-15.00	25.53
-23.70	-20.00	23.70
-22.86	-25.00	22.86
-21.77	-30.00	21.77
-20.47	-35.00	20.47
-19.40	-40.00	19.40
-16.87	-45.00	16.87
-10.23	-50.00	10.23
0.00	-54.01	0.00



Q8T3**BLOQUE I**

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
0.00	0.00	0.00
-17.85	-5.00	17.85
-26.79	-10.00	26.79
-32.63	-15.00	32.63
-31.81	-20.00	31.81
-30.71	-25.00	30.71
-29.55	-30.00	29.55
-28.79	-35.00	28.79
-27.83	-40.00	27.83
-26.13	-45.00	26.13
-23.17	-50.00	23.17
-19.49	-55.00	19.49
-10.23	-60.00	10.23
0.00	-63.72	0.00

BLOQUE II

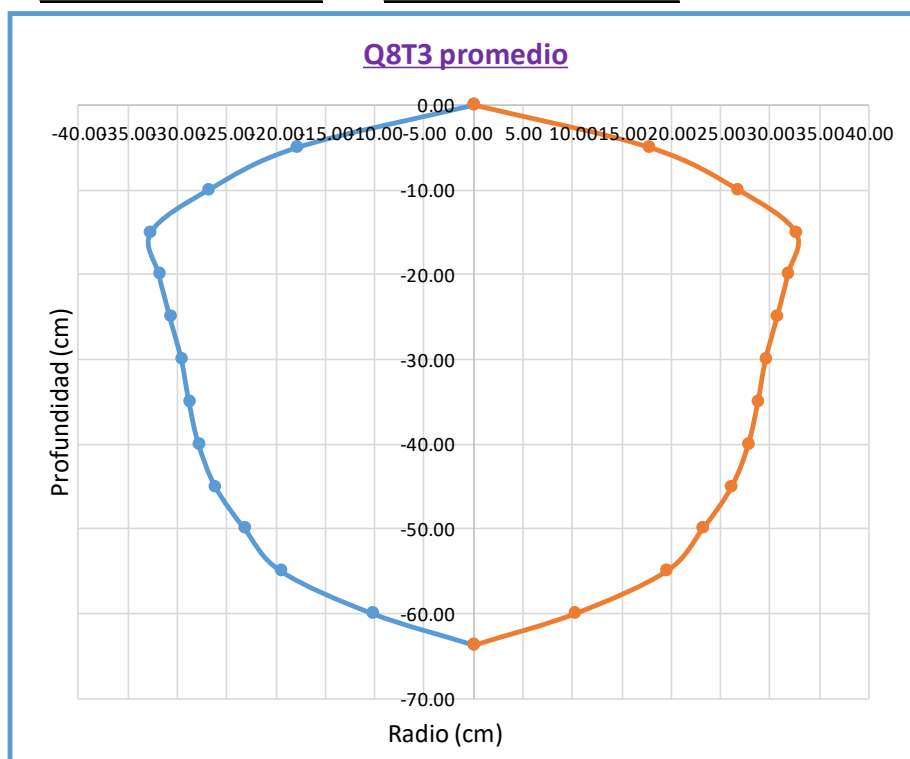
<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
0.00	0.00	0.00
-18.14	-5.00	18.14
-27.08	-10.00	27.08
-32.92	-15.00	32.92
-32.10	-20.00	32.10
-31.00	-25.00	31.00
-29.84	-30.00	29.84
-29.06	-35.00	29.06
-28.10	-40.00	28.10
-26.42	-45.00	26.42
-23.44	-50.00	23.44
-19.76	-55.00	19.76
-10.50	-60.00	10.50
0.00	-63.60	0.00

BLOQUE III

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
0.00	0.00	0.00
-17.58	-5.00	17.58
-26.52	-10.00	26.52
-32.36	-15.00	32.36
-31.54	-20.00	31.54
-30.44	-25.00	30.44
-29.28	-30.00	29.28
-28.50	-35.00	28.50
-27.54	-40.00	27.54
-25.86	-45.00	25.86
-22.88	-50.00	22.88
-19.20	-55.00	19.20
-9.94	-60.00	9.94
0.00	-63.80	0.00

Q8T3 Promedio

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
0.00	0.00	0.00
-17.86	-5.00	17.86
-26.80	-10.00	26.80
-32.64	-15.00	32.64
-31.82	-20.00	31.82
-30.72	-25.00	30.72
-29.56	-30.00	29.56
-28.78	-35.00	28.78
-27.82	-40.00	27.82
-26.14	-45.00	26.14
-23.16	-50.00	23.16
-19.48	-55.00	19.48
-10.22	-60.00	10.22
0.00	-63.71	0.00



Anexo 7. Radio y profundidad de los Bloques en Cañasbamba

Q2T1

BLOQUE I

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-13.85	-12.79	13.85
-17.20	-15.00	17.20
-16.08	-20.00	16.08
-15.14	-25.00	15.14
-14.28	-30.00	14.28
-12.94	-35.00	12.94
-11.44	-40.00	11.44
-7.61	-45.00	7.61
0.00	-47.42	0.00

BLOQUE II

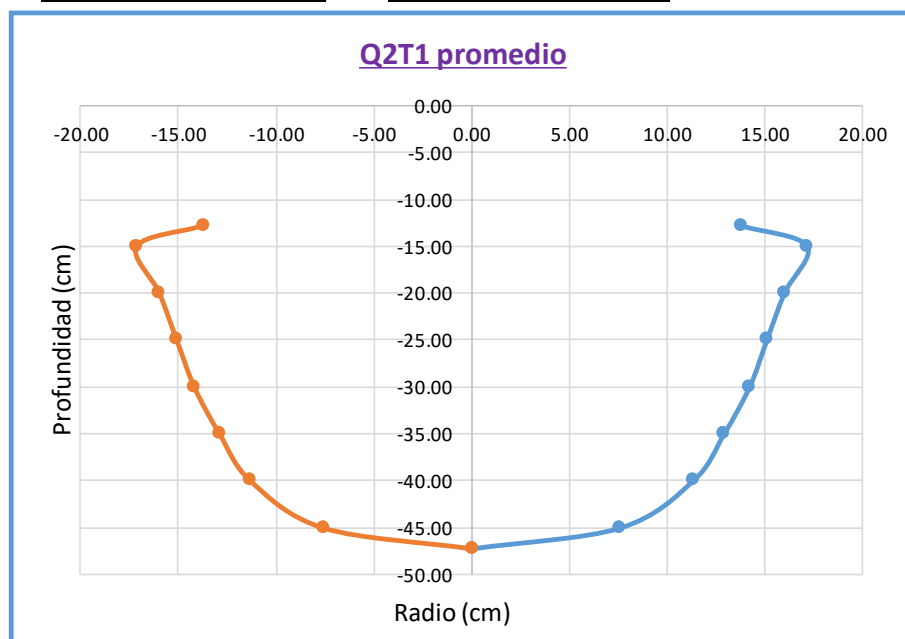
<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-14.18	-12.60	14.18
-17.52	-15.00	17.52
-16.44	-20.00	16.44
-15.36	-25.00	15.36
-14.68	-30.00	14.68
-13.16	-35.00	13.16
-11.90	-40.00	11.90
-7.74	-45.00	7.74
0.00	-47.50	0.00

BLOQUE III

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-13.26	-13.10	13.26
-16.72	-15.00	16.72
-15.50	-20.00	15.50
-14.82	-25.00	14.82
-13.68	-30.00	13.68
-12.64	-35.00	12.64
-10.64	-40.00	10.64
-7.42	-45.00	7.42
0.00	-46.70	0.00

Q2T1 Promedio

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-13.76	-12.83	13.76
-17.15	-15.00	17.15
-16.01	-20.00	16.01
-15.11	-25.00	15.11
-14.21	-30.00	14.21
-12.91	-35.00	12.91
-11.33	-40.00	11.33
-7.59	-45.00	7.59
0.00	-47.21	0.00



Q4T1**BLOQUE I**

\bar{X}	Y	X
-14.16	-10.98	14.16
-18.40	-15.00	18.40
-17.38	-20.00	17.38
-16.30	-25.00	16.30
-15.24	-30.00	15.24
-13.84	-35.00	13.84
-12.12	-40.00	12.12
-10.22	-45.00	10.22
-6.02	-50.00	6.02
0.00	-52.88	0.00

BLOQUE II

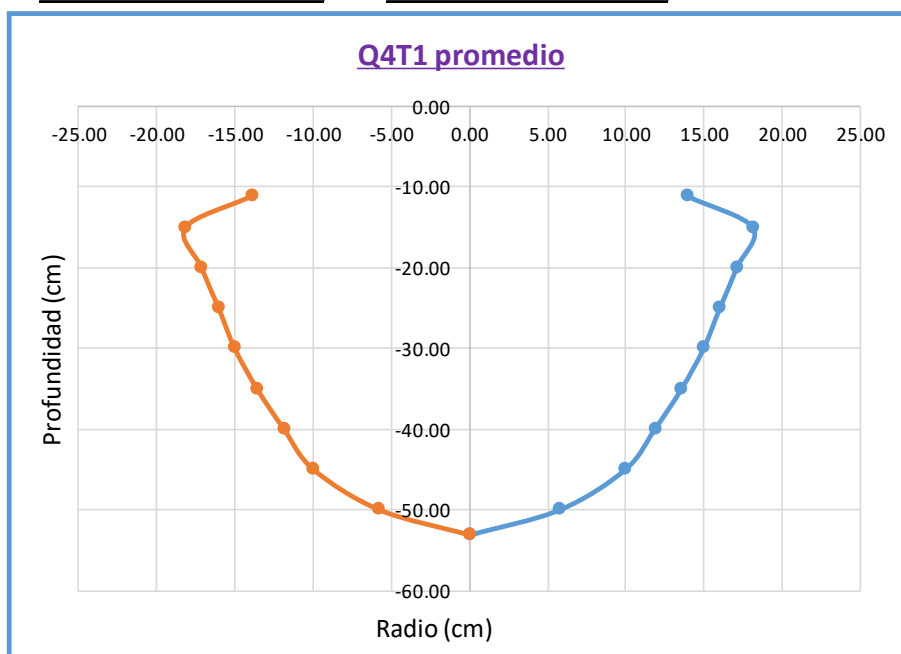
\bar{X}	Y	X
-13.66	-11.22	13.66
-17.90	-15.00	17.90
-16.90	-20.00	16.90
-15.80	-25.00	15.80
-14.78	-30.00	14.78
-13.34	-35.00	13.34
-11.62	-40.00	11.62
-9.72	-45.00	9.72
-5.52	-50.00	5.52
0.00	-53.34	0.00

BLOQUE III

\bar{X}	Y	X
-13.90	-11.08	13.90
-18.16	-15.00	18.16
-17.14	-20.00	17.14
-16.02	-25.00	16.02
-15.00	-30.00	15.00
-13.58	-35.00	13.58
-11.88	-40.00	11.88
-10.00	-45.00	10.00
-5.78	-50.00	5.78
0.00	-53.12	0.00

Q4T1 Promedio

\bar{X}	Y	X
-13.91	-11.09	13.91
-18.15	-15.00	18.15
-17.14	-20.00	17.14
-16.04	-25.00	16.04
-15.01	-30.00	15.01
-13.59	-35.00	13.59
-11.87	-40.00	11.87
-9.98	-45.00	9.98
-5.77	-50.00	5.77
0.00	-53.11	0.00



Q8T1**BLOQUE I**

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-14.22	-6.90	14.22
-19.40	-10.00	19.40
-24.88	-15.00	24.88
-24.22	-20.00	24.22
-23.20	-25.00	23.20
-21.76	-30.00	21.76
-20.82	-35.00	20.82
-19.72	-40.00	19.72
-18.72	-45.00	18.72
-16.24	-50.00	16.24
-13.36	-55.00	13.36
-7.30	-60.00	7.30
0.00	-63.20	0.00

BLOQUE II

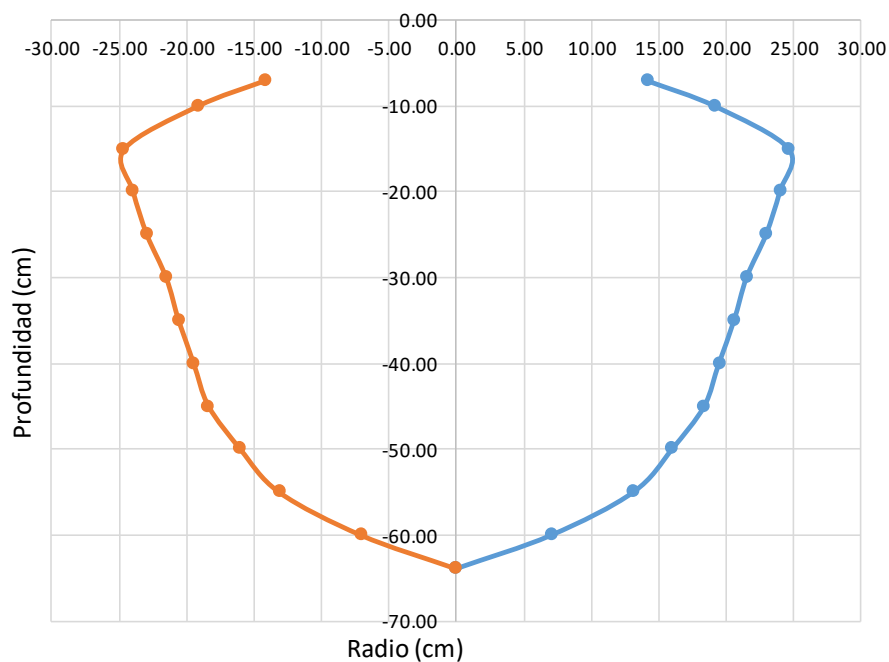
<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-13.76	-7.20	13.76
-18.94	-10.00	18.94
-24.42	-15.00	24.42
-23.74	-20.00	23.74
-22.74	-25.00	22.74
-21.30	-30.00	21.30
-20.36	-35.00	20.36
-19.26	-40.00	19.26
-18.12	-45.00	18.12
-15.78	-50.00	15.78
-12.90	-55.00	12.90
-6.84	-60.00	6.84
0.00	-64.08	0.00

BLOQUE III

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-14.56	-7.00	14.56
-19.14	-10.00	19.14
-24.68	-15.00	24.68
-23.98	-20.00	23.98
-22.96	-25.00	22.96
-21.52	-30.00	21.52
-20.62	-35.00	20.62
-19.46	-40.00	19.46
-18.30	-45.00	18.30
-16.00	-50.00	16.00
-13.14	-55.00	13.14
-7.08	-60.00	7.08
0.00	-64.44	0.00

Q8T1 Promedio

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-14.18	-7.03	14.18
-19.16	-10.00	19.16
-24.66	-15.00	24.66
-23.98	-20.00	23.98
-22.97	-25.00	22.97
-21.53	-30.00	21.53
-20.60	-35.00	20.60
-19.48	-40.00	19.48
-18.38	-45.00	18.38
-16.01	-50.00	16.01
-13.13	-55.00	13.13
-7.07	-60.00	7.07
0.00	-63.91	0.00

Q8T1 promedio

Q2T2**BLOQUE I**

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-15.32	-11.20	15.32
-17.64	-15.00	17.64
-16.84	-20.00	16.84
-15.88	-25.00	15.88
-14.86	-30.00	14.86
-13.96	-35.00	13.96
-12.32	-40.00	12.32
-10.02	-45.00	10.02
0.00	-51.22	0.00

BLOQUE II

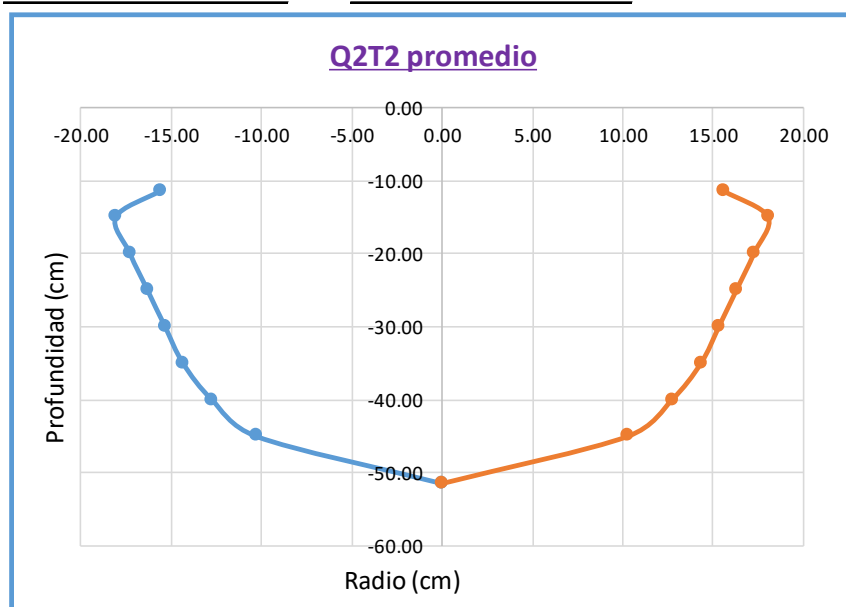
<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-15.76	-11.50	15.76
-18.22	-15.00	18.22
-17.48	-20.00	17.48
-16.50	-25.00	16.50
-15.56	-30.00	15.56
-14.52	-35.00	14.52
-12.92	-40.00	12.92
-10.38	-45.00	10.38
0.00	-51.60	0.00

BLOQUE III

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-15.66	-11.50	15.66
-18.28	-15.00	18.28
-17.48	-20.00	17.48
-16.50	-25.00	16.50
-15.56	-30.00	15.56
-14.52	-35.00	14.52
-12.92	-40.00	12.92
-10.38	-45.00	10.38
0.00	-51.40	0.00

Q2T2 Promedio

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-15.58	-11.40	15.58
-18.05	-15.00	18.05
-17.27	-20.00	17.27
-16.29	-25.00	16.29
-15.33	-30.00	15.33
-14.33	-35.00	14.33
-12.72	-40.00	12.72
-10.26	-45.00	10.26
0.00	-51.41	0.00



Q4T2**BLOQUE I**

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-12.52	-8.60	12.52
-15.70	-10.00	15.70
-20.80	-15.00	20.80
-19.04	-20.00	19.04
-17.90	-25.00	17.90
-16.92	-30.00	16.92
-16.40	-35.00	16.40
-15.10	-40.00	15.10
-13.60	-45.00	13.60
-11.74	-50.00	11.74
-6.50	-55.00	6.50
0.00	-56.90	0.00

BLOQUE II

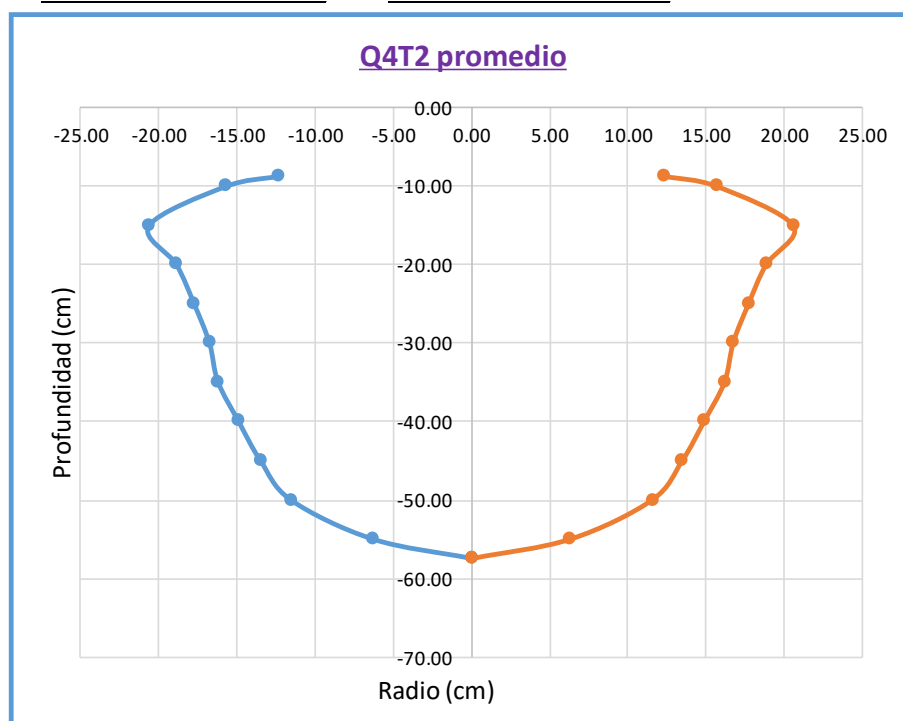
<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-12.14	-8.60	12.14
-15.32	-10.00	15.32
-20.42	-15.00	20.42
-18.66	-20.00	18.66
-17.56	-25.00	17.56
-16.58	-30.00	16.58
-16.02	-35.00	16.02
-14.66	-40.00	14.66
-13.22	-45.00	13.22
-11.36	-50.00	11.36
-6.12	-55.00	6.12
0.00	-57.60	0.00

BLOQUE III

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-12.30	-8.80	12.30
-16.10	-10.00	16.10
-20.60	-15.00	20.60
-18.86	-20.00	18.86
-17.72	-25.00	17.72
-16.74	-30.00	16.74
-16.18	-35.00	16.18
-14.90	-40.00	14.90
-13.64	-45.00	13.64
-11.54	-50.00	11.54
-6.34	-55.00	6.34
0.00	-57.90	0.00

Q4T2 Promedio

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-12.32	-8.67	12.32
-15.71	-10.00	15.71
-20.61	-15.00	20.61
-18.85	-20.00	18.85
-17.73	-25.00	17.73
-16.75	-30.00	16.75
-16.20	-35.00	16.20
-14.89	-40.00	14.89
-13.49	-45.00	13.49
-11.55	-50.00	11.55
-6.32	-55.00	6.32
0.00	-57.47	0.00



Q8T2BLOQUE I

<u>'-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-8.60	-3.80	8.60
-12.38	-5.00	12.38
-22.24	-10.00	22.24
-27.04	-15.00	27.04
-26.34	-20.00	26.34
-25.38	-25.00	25.38
-24.00	-30.00	24.00
-23.22	-35.00	23.22
-22.40	-40.00	22.40
-21.34	-45.00	21.34
-19.48	-50.00	19.48
-17.82	-55.00	17.82
-12.42	-60.00	12.42
-6.50	-65.00	6.50
0.00	-68.10	0.00

BLOQUE II

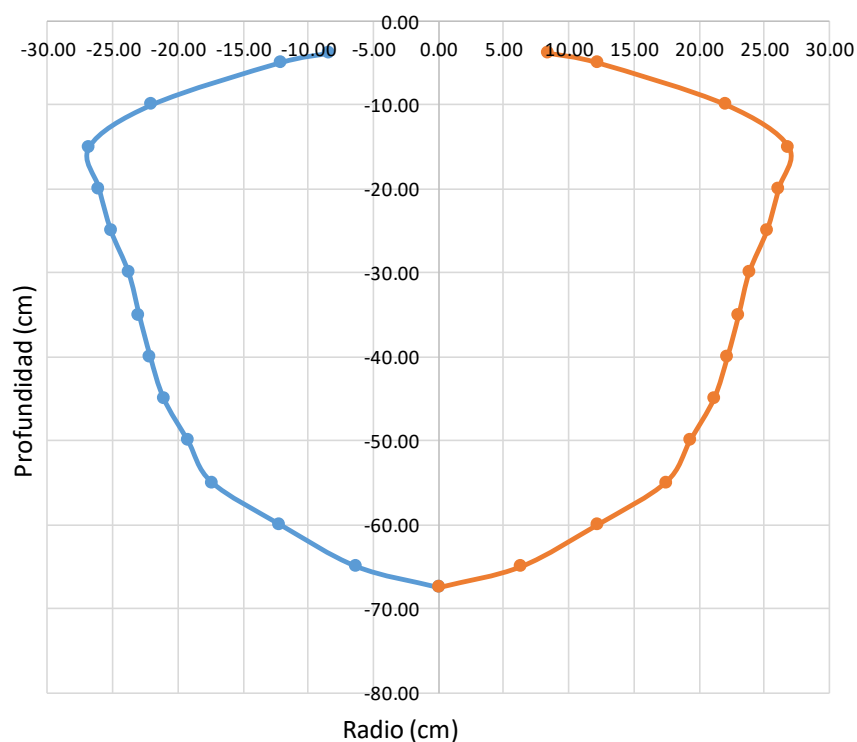
<u>'-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-8.38	-3.88	8.38
-12.18	-5.00	12.18
-21.98	-10.00	21.98
-26.84	-15.00	26.84
-26.00	-20.00	26.00
-25.20	-25.00	25.20
-23.88	-30.00	23.88
-23.04	-35.00	23.04
-22.12	-40.00	22.12
-21.12	-45.00	21.12
-19.32	-50.00	19.32
-17.06	-55.00	17.06
-12.18	-60.00	12.18
-6.40	-65.00	6.40
0.00	-67.54	0.00

BLOQUE III

<u>'-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-8.20	-3.90	8.20
-11.98	-5.00	11.98
-21.84	-10.00	21.84
-26.64	-15.00	26.64
-25.94	-20.00	25.94
-24.98	-25.00	24.98
-23.60	-30.00	23.60
-22.82	-35.00	22.82
-22.00	-40.00	22.00
-20.94	-45.00	20.94
-19.08	-50.00	19.08
-17.42	-55.00	17.42
-12.02	-60.00	12.02
-6.10	-65.00	6.10
0.00	-66.90	0.00

Q8T2 Promedio

<u>'-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-8.39	-3.86	8.39
-12.18	-5.00	12.18
-22.02	-10.00	22.02
-26.84	-15.00	26.84
-26.09	-20.00	26.09
-25.19	-25.00	25.19
-23.83	-30.00	23.83
-23.03	-35.00	23.03
-22.17	-40.00	22.17
-21.13	-45.00	21.13
-19.29	-50.00	19.29
-17.43	-55.00	17.43
-12.21	-60.00	12.21
-6.33	-65.00	6.33
0.00	-67.51	0.00

Q8T2 promedio

Q2T3**BLOQUE I**

\bar{X}	Y	X
-14.22	-9.10	14.22
-16.06	-10.00	16.06
-19.38	-15.00	19.38
-18.58	-20.00	18.58
-17.32	-25.00	17.32
-16.26	-30.00	16.26
-15.18	-35.00	15.18
-14.22	-40.00	14.22
-12.24	-45.00	12.24
-9.90	-50.00	9.90
0.00	-55.20	0.00

BLOQUE II

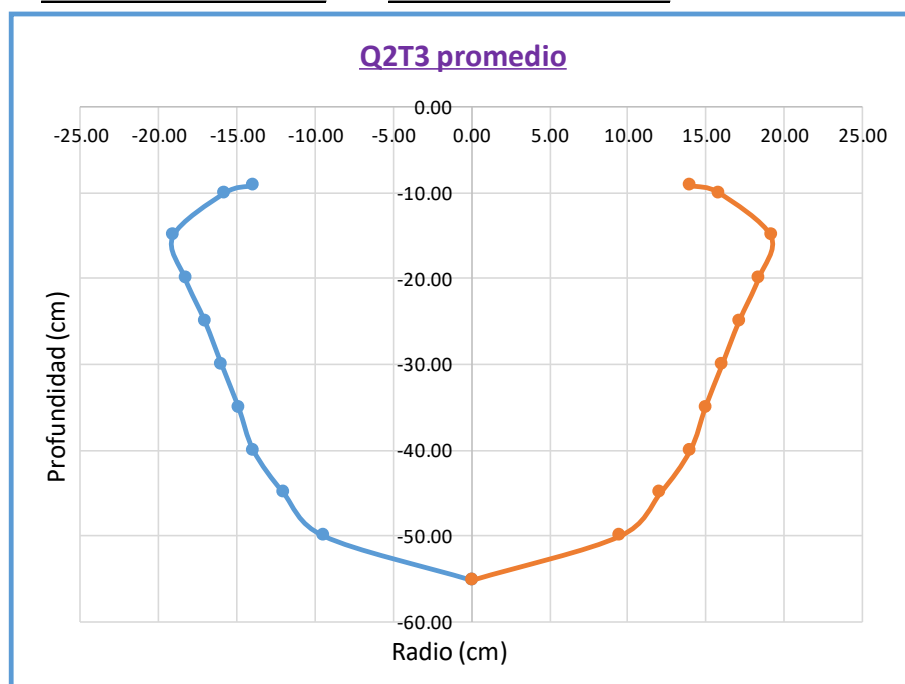
\bar{X}	Y	X
-13.98	-9.12	13.98
-15.78	-10.00	15.78
-19.12	-15.00	19.12
-18.32	-20.00	18.32
-17.08	-25.00	17.08
-16.00	-30.00	16.00
-14.92	-35.00	14.92
-13.96	-40.00	13.96
-12.04	-45.00	12.04
-9.46	-50.00	9.46
0.00	-55.10	0.00

BLOQUE III

\bar{X}	Y	X
-13.74	-9.14	13.74
-15.56	-10.00	15.56
-18.86	-15.00	18.86
-18.08	-20.00	18.08
-16.82	-25.00	16.82
-15.76	-30.00	15.76
-14.68	-35.00	14.68
-13.72	-40.00	13.72
-11.84	-45.00	11.84
-9.00	-50.00	9.00
0.00	-55.04	0.00

Q2T3 Promedio

\bar{X}	Y	X
-13.98	-9.12	13.98
-15.80	-10.00	15.80
-19.12	-15.00	19.12
-18.33	-20.00	18.33
-17.07	-25.00	17.07
-16.01	-30.00	16.01
-14.93	-35.00	14.93
-13.97	-40.00	13.97
-12.04	-45.00	12.04
-9.45	-50.00	9.45
0.00	-55.11	0.00



Q4T3**BLOQUE I**

<u>'-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-10.84	-7.35	10.84
-16.80	-10.00	16.80
-22.44	-15.00	22.44
-21.56	-20.00	21.56
-20.66	-25.00	20.66
-19.82	-30.00	19.82
-18.58	-35.00	18.58
-17.68	-40.00	17.68
-16.82	-45.00	16.82
-15.06	-50.00	15.06
-12.90	-55.00	12.90
-6.08	-60.00	6.08
0.00	-62.20	0.00

BLOQUE II

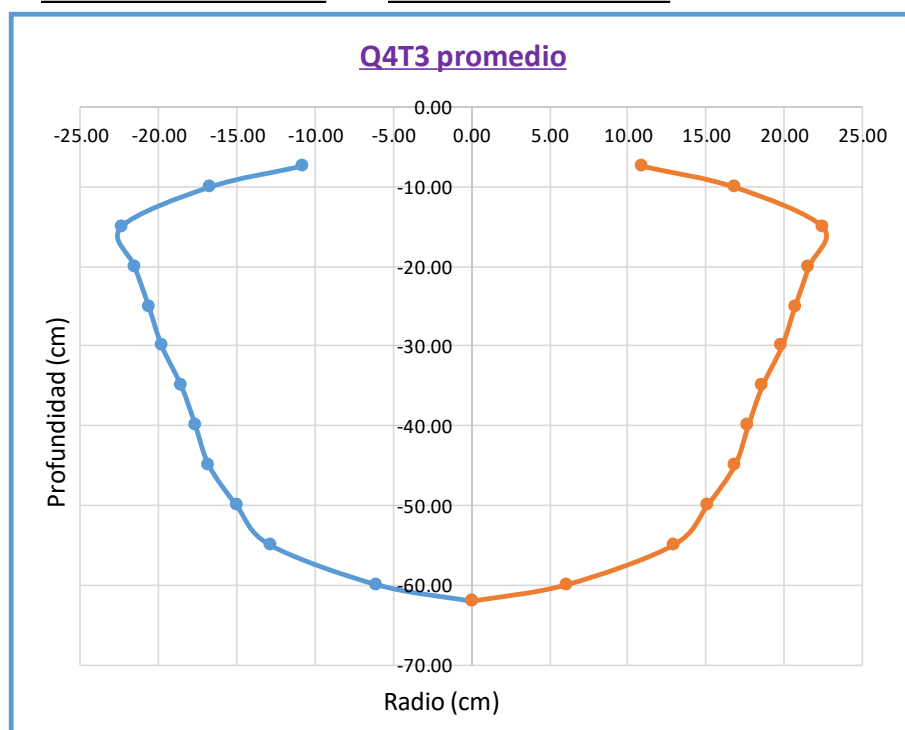
<u>'-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-10.90	-7.30	10.90
-16.84	-10.00	16.84
-22.46	-15.00	22.46
-21.60	-20.00	21.60
-20.72	-25.00	20.72
-19.88	-30.00	19.88
-18.62	-35.00	18.62
-17.72	-40.00	17.72
-16.86	-45.00	16.86
-15.10	-50.00	15.10
-12.94	-55.00	12.94
-6.10	-60.00	6.10
0.00	-61.50	0.00

BLOQUE III

<u>'-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-10.82	-7.40	10.82
-16.76	-10.00	16.76
-22.38	-15.00	22.38
-21.52	-20.00	21.52
-20.64	-25.00	20.64
-19.80	-30.00	19.80
-18.54	-35.00	18.54
-17.64	-40.00	17.64
-16.78	-45.00	16.78
-15.02	-50.00	15.02
-12.86	-55.00	12.86
-6.02	-60.00	6.02
0.00	-62.52	0.00

Q4T3 Promedio

<u>'-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
-10.85	-7.35	10.85
-16.80	-10.00	16.80
-22.43	-15.00	22.43
-21.56	-20.00	21.56
-20.67	-25.00	20.67
-19.83	-30.00	19.83
-18.58	-35.00	18.58
-17.68	-40.00	17.68
-16.82	-45.00	16.82
-15.06	-50.00	15.06
-12.90	-55.00	12.90
-6.07	-60.00	6.07
0.00	-62.07	0.00



Q8T3**BLOQUE I**

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
0.00	0.00	0.00
-15.00	-5.00	15.00
-26.18	-10.00	26.18
-30.16	-15.00	30.16
-28.92	-20.00	28.92
-28.28	-25.00	28.28
-27.54	-30.00	27.54
-26.14	-35.00	26.14
-25.00	-40.00	25.00
-24.00	-45.00	24.00
-23.16	-50.00	23.16
-20.20	-55.00	20.20
-17.44	-60.00	17.44
-13.66	-65.00	13.66
-6.40	-70.00	6.40
0.00	-72.10	0.00

BLOQUE II

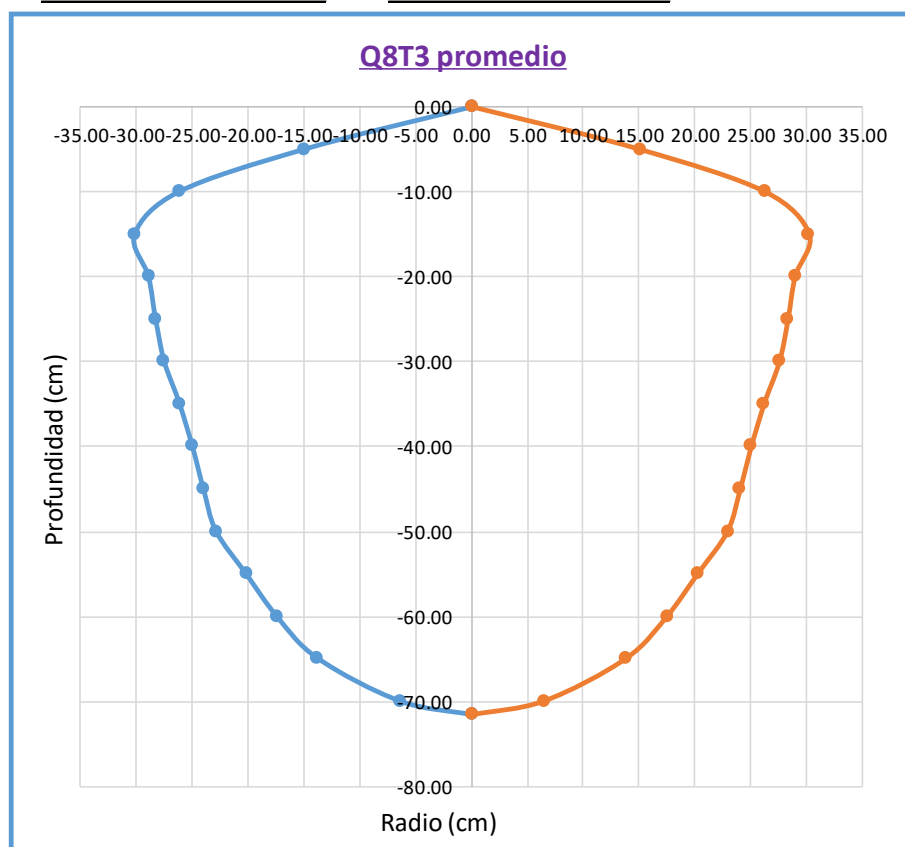
<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
0.00	0.00	0.00
-15.00	-5.00	15.00
-26.20	-10.00	26.20
-30.18	-15.00	30.18
-28.94	-20.00	28.94
-28.32	-25.00	28.32
-27.50	-30.00	27.50
-26.16	-35.00	26.16
-25.02	-40.00	25.02
-24.04	-45.00	24.04
-22.90	-50.00	22.90
-20.22	-55.00	20.22
-17.48	-60.00	17.48
-13.78	-65.00	13.78
-6.46	-70.00	6.46
0.00	-71.62	0.00

BLOQUE III

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
0.00	0.00	0.00
-15.06	-5.00	15.06
-26.24	-10.00	26.24
-30.22	-15.00	30.22
-28.98	-20.00	28.98
-28.34	-25.00	28.34
-27.60	-30.00	27.60
-26.20	-35.00	26.20
-25.06	-40.00	25.06
-24.06	-45.00	24.06
-22.64	-50.00	22.64
-20.26	-55.00	20.26
-17.50	-60.00	17.50
-13.92	-65.00	13.92
-6.46	-70.00	6.46
0.00	-71.10	0.00

Q8T3 Promedio

<u>-X</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>
0.00	0.00	0.00
-15.02	-5.00	15.02
-26.21	-10.00	26.21
-30.19	-15.00	30.19
-28.95	-20.00	28.95
-28.31	-25.00	28.31
-27.55	-30.00	27.55
-26.17	-35.00	26.17
-25.03	-40.00	25.03
-24.03	-45.00	24.03
-22.90	-50.00	22.90
-20.23	-55.00	20.23
-17.47	-60.00	17.47
-13.79	-65.00	13.79
-6.44	-70.00	6.44
0.00	-71.61	0.00



Anexo 8. Valores numéricos de Marcará para el análisis estadístico

Bloque	Caudal (L/h)	Tiempo (h)	Radio (cm)
b1	Q2	T1	20.21
b1	Q2	T2	21.18
b1	Q2	T3	22.06
b1	Q4	T1	22.00
b1	Q4	T2	23.76
b1	Q4	T3	25.76
b1	Q8	T1	28.06
b1	Q8	T2	29.98
b1	Q8	T3	32.63
b2	Q2	T1	20.58
b2	Q2	T2	21.46
b2	Q2	T3	22.26
b2	Q4	T1	22.16
b2	Q4	T2	24.00
b2	Q4	T3	25.30
b2	Q8	T1	27.60
b2	Q8	T2	30.56
b2	Q8	T3	32.92
b3	Q2	T1	19.84
b3	Q2	T2	21.30
b3	Q2	T3	21.88
b3	Q4	T1	22.34
b3	Q4	T2	23.52
b3	Q4	T3	25.52
b3	Q8	T1	27.82
b3	Q8	T2	30.26
b3	Q8	T3	32.36

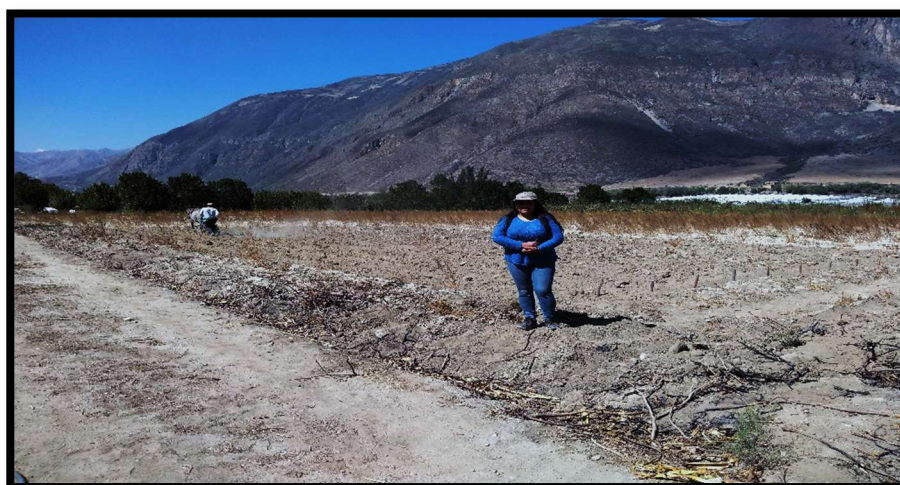
Bloque	Caudal (L/h)	Tiempo (h)	Profundidad (cm)
b1	Q2	T1	40.68
b1	Q2	T2	45.14
b1	Q2	T3	48.14
b1	Q4	T1	47.60
b1	Q4	T2	51.64
b1	Q4	T3	53.80
b1	Q8	T1	55.40
b1	Q8	T2	59.30
b1	Q8	T3	63.72
b2	Q2	T1	40.30
b2	Q2	T2	44.68
b2	Q2	T3	47.96
b2	Q4	T1	47.32
b2	Q4	T2	51.46
b2	Q4	T3	54.20
b2	Q8	T1	55.92
b2	Q8	T2	58.56
b2	Q8	T3	63.60
b3	Q2	T1	41.00
b3	Q2	T2	44.92
b3	Q2	T3	48.30
b3	Q4	T1	47.08
b3	Q4	T2	51.78
b3	Q4	T3	54.04
b3	Q8	T1	55.52
b3	Q8	T2	58.94
b3	Q8	T3	63.80

Anexo 9. Valores numéricos de Cañasbamba para el análisis estadístico

Bloque	Caudal (L/h)	Tiempo (h)	Radio (cm)
b1	Q2	T1	17.20
b1	Q2	T2	17.64
b1	Q2	T3	19.38
b1	Q4	T1	18.40
b1	Q4	T2	20.80
b1	Q4	T3	22.44
b1	Q8	T1	24.68
b1	Q8	T2	27.04
b1	Q8	T3	30.16
b2	Q2	T1	17.52
b2	Q2	T2	18.22
b2	Q2	T3	19.12
b2	Q4	T1	17.90
b2	Q4	T2	20.42
b2	Q4	T3	22.46
b2	Q8	T1	24.42
b2	Q8	T2	26.84
b2	Q8	T3	30.18
b3	Q2	T1	16.72
b3	Q2	T2	18.28
b3	Q2	T3	18.85
b3	Q4	T1	18.16
b3	Q4	T2	20.60
b3	Q4	T3	22.38
b3	Q8	T1	24.68
b3	Q8	T2	26.64
b3	Q8	T3	30.22

Bloque	Caudal (L/h)	Tiempo (h)	Profundidad (cm)
b1	Q2	T1	47.42
b1	Q2	T2	51.22
b1	Q2	T3	55.20
b1	Q4	T1	52.88
b1	Q4	T2	56.90
b1	Q4	T3	62.20
b1	Q8	T1	63.20
b1	Q8	T2	68.10
b1	Q8	T3	72.10
b2	Q2	T1	47.50
b2	Q2	T2	51.60
b2	Q2	T3	55.10
b2	Q4	T1	53.34
b2	Q4	T2	57.60
b2	Q4	T3	-61.50
b2	Q8	T1	64.08
b2	Q8	T2	67.54
b2	Q8	T3	71.62
b3	Q2	T1	46.70
b3	Q2	T2	51.40
b3	Q2	T3	55.04
b3	Q4	T1	53.12
b3	Q4	T2	57.90
b3	Q4	T3	62.52
b3	Q8	T1	64.44
b3	Q8	T2	66.90
b3	Q8	T3	71.10

Anexo 10. Preparación de terreno para la instalación de riego por goteo



Anexo 11. Marcado para la instalación de las tuberías laterales



Anexo 12. Instalación del sistema de riego por goteo



Anexo 13. Medida de C.U del sistema de riego por goteo subterráneo



Anexo 14. Instalación de las tuberías laterales a 15cm de profundidad



Anexo 15. Medidas del perfil del bulbo húmedo





