

INFORME DE PASANTÍA EN LA EMPRESA THE ELITE FLOWER Ltda. C.I.



The Elite
Flower  a touch of class



PROYECTOS:

- DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN CULTIVO COMERCIAL ROSA VARIEDAD FREEDOM INTEGRANDO TRES METODOLOGÍAS DIFERENTES (TENSIOMETRÍA, LISIMETRÍA Y TANQUE EVAPORÍMETRO TIPO “A”)
- CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN, CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA Y NIVELES FREÁTICOS DE LOS SUELOS DE LA FINCA SAN CARLOS

Presentado por:
ERNESTO SÁNCHEZ CARREÑO

Director:
RODRIGO ALBERTO PACHÓN BEJARANO
Ing Agrónomo.

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA
2009

INFORME DE PASANTÍA EN LA EMPRESA THE ELITE FLOWER Ltda. C.I.



The Elite Flower *a touch of class*



PROYECTOS:

- DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN CULTIVO COMERCIAL ROSA VARIEDAD FREEDOM INTEGRANDO TRES METODOLOGÍAS DIFERENTES (TENSIOMETRÍA, LISIMETRÍA Y TANQUE EVAPORÍMETRO TIPO “A”)
- CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN, CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA Y NIVELES FREÁTICOS DE LOS SUELOS DE LA FINCA SAN CARLOS

Requisito como trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrícola.

Presentado por:
ERNESTO SÁNCHEZ CARREÑO

Director:
RODRIGO ALBERTO PACHÓN BEJARANO
Ing Agrónomo.

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA
2009

Nota de aceptación:

JAIME IZQUIERDO BAUTISTA
ING. AGRICOLA
ING. CIVIL
M. Sc EN RECURSOS HÍDRICOS
JURADO

ALFREDO RAMOS
ING. AGRÍCOLA
M. Sc. HIDROLOGÍA
JURADO

RODRIGO ALBERTO PACHON BEJARANO
ING. AGRÓNOMO
ESPECIALISTA EN FOTOINTERPRETACIÓN
M. Sc. EN EDUCACIÓN Y DESARROLLO
DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado a Dios que ha sido mi guía y la luz hacia esta experiencia que tuve en The Elite Flower, a mis padres Oswaldo Sánchez Maldonado y María Isabel Carreño Sandoval, a mi abuela María Dolores Maldonado Peña, a mis Hermanos Oswaldo y Jairo Esteban y a todos esos amigos, familiares y maestros que siempre me han servido de base para mi crecimiento profesional, personal y espiritual.

ERNESTO SÁNCHEZ CARREÑO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera muy atenta a mi director Rodrigo Pachón por su colaboración, seguimiento y aporte a la ejecución de mi pasantía.

Al profesor Armando Torrente por su constante asesoría e incondicional soporte.

A mis jefes en The Elite Flower Carolina Cardona y Constanza Burgos por la oportunidad brindada y apoyo en la realización de mis ensayos.

A los gerentes de las fincas Marly, San Pedro y San Carlos por abrirme las puertas de sus fincas y dotar del espacio, materiales y personal a cada uno de mis proyectos.

A mis jurados de la pasantía, profesores Jaime Izquierdo y Alfredo Ramos por su colaboración y supervisión.

TABLA DE CONTENIDO

	Pàg
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Características generales del cultivo de rosa.....	12
2.2 Antecedentes evapotranspiración del cultivo de rosa.....	12
2.3 Modificación de la determinación de la textura por el método de bouyucos de suelos de la sabana de Bogotá.	13
3. METODOLOGÍA.....	16
3.1 DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN CULTIVO COMERCIAL ROSA VARIEDAD FREEDOM INTEGRANDO TRES METODOLOGÍAS DIFERENTES (TENSIOMETRÍA, LISIMETRIA Y TANQUE EVAPORÍMETRO TIPO “A”).....	16
3.1.1 Lugar de realización.....	16
3.1.2 Tratamientos.....	16
3.1.3 Diseño experimental.....	19
3.1.4 Variables a evaluar.....	20
3.1.5 Manejo experimental.....	21
3.1.5.1 Instalación de equipos.....	21
3.1.5.2 Toma de datos y decisiones.....	25
3.2 CARACTERIZACION Y DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION, CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA Y NIVELES FREATICOS DE LOS SUELOS DE LA FINCA SAN CARLOS.....	32
3.2.1 Lugar de realización.....	32
3.2.2 Manejo experimental.....	32
3.2.3 Sistemas de evaluación.....	35
3.2.4 Variables a Evaluar.....	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1 DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN CULTIVO COMERCIAL ROSA VARIEDAD FREEDOM INTEGRANDO TRES METODOLOGÍAS DIFERENTES (TENSIOMETRÍA, LISIMETRIA Y TANQUE EVAPORÍMETRO TIPO “A”).....	42
4.1.1 Volúmenes de riego.....	42
4.1.2 Porcentajes de drenaje en el lisímetro.....	43
4.1.3 Parámetros de fertirriego.....	43
4.1.4 Análisis estadístico.....	45
4.2 CARACTERIZACION Y DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION, CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA Y NIVELES FREATICOS DE LOS SUELOS DE LA FINCA SAN CARLOS.....	46
4.2.1 Determinación de zonas críticas.....	46
4.2.2 Caracterización de perfiles.....	47
4.2.3 Conductividad hidráulica.....	56

4.2.4	Infiltración.....	58
4.2.5	Estudio de freaticimetría.....	60
4.2.6	Volúmenes de riego.....	62
5.	CONCLUSIONES.....	65
5.1	DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN CULTIVO COMERCIAL ROSA VARIEDAD FREEDOM INTEGRANDO TRES METODOLOGÍAS DIFERENTES (TENSIOMETRÍA, LISIMETRIA Y TANQUE EVAPORÍMETRO TIPO “A”).....	65
5.2	CARACTERIZACION Y DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION, CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA Y NIVELES FREATICOS DE LOS SUELOS DE LA FINCA SAN CARLOS.....	65
6.	RECOMENDACIONES.....	66
6.1	DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN CULTIVO COMERCIAL ROSA VARIEDAD FREEDOM INTEGRANDO TRES METODOLOGÍAS DIFERENTES (TENSIOMETRÍA, LISIMETRIA Y TANQUE EVAPORÍMETRO TIPO “A”).....	66
6.2	CARACTERIZACION Y DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION, CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA Y NIVELES FREATICOS DE LOS SUELOS DE LA FINCA SAN CARLOS.....	66
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	67
	ANEXOS.....	68

LISTA DE ANEXOS

	Pàg
Anexo A.....	68
Anexo B.....	69
Anexo C.....	70

RESUMEN

La pasantía consistió en ejecutar cuatro proyectos bajo la dirección de los departamentos de investigación y desarrollo y MIRFE (Manejo Integrado de Riego y Fertilización), de la compañía The Elite Flower Ltda. C.I. de los cuales se presentan en el documento solo dos, por motivos de confidencialidad de la información de la empresa.

El primero buscaba determinar láminas de riego mediante tanque evaporímetro tipo A y Lisimetría, se escogió el bloque 25 (Invernadero 25) de la finca San Pedro para la instalación de los equipos, después de cuatro meses de toma de datos se encontró que el volumen de riego para el cultivo comercial de rosa variedad Freedom está en el rango de 550-600 Lt/cama con una frecuencia semanal.

En el proyecto realizado en los 38 bloques (Invernaderos) de la finca San Carlos, se hizo caracterización de perfiles mediante el método del pozo barrenado, se determinaron propiedades físicas organolépticamente, esto para agrupar los bloques con homogeneidad edáfica y llevar muestras al laboratorio donde se determinó textura, densidad aparente, densidad real, porosidad y curva de retención de humedad. Se instaló un piezómetro en todos los pozos donde se encontró agua freática a menos de 1.5 m de profundidad con el fin de monitorear el comportamiento del agua freática en la finca. Con la información anterior se hizo el cálculo de volúmenes de riego para cada bloque.

Palabras claves: Tanque Evaporímetro, Lisímetro, Tensiómetro, Textura, Volumen de riego, Conductividad Hidráulica, Velocidad de Infiltración.

ABSTRACT

The internship was to implement four projects under the direction of research and development departments and Mirfe (Integrated Irrigation and Fertilization) of The Elite Flower Company Ltd. C.I. Whitche in the document are only two, because the company`s confidentiality information.

The first, sought to determine irrigation through evaporimeter tank type A and Lisimeter, the block 25 (greenhouse 25) of the San Pedro farm was chosen for the installation of the equipment, after four months of data collection it was found that the amount of irrigation for farming Freedom trade rose variety is in the range of 550-600 Lt / bed with a weekly frequency.

In the project performed in the 38 (greenhouses) blocks from the San Carlos farm, it became profiling by the method of well drilling, physical properties were determined organoleptically, this to the grouping of blocks with uniform soil and bring samples to the laboratory and found texture, bulk density, true density, porosity and moisture retention curve. Piezometer was installed in all wells where groundwater was found less than 1.5 m deep in order to monitor the behavior of groundwater on the farm. With the above information it was calculated irrigation volume for each block.

Keywords: evaporimeter Tank, Lysimeter, Tensiometer, texture, irrigation volume, Hydraulic conductivity, infiltration rate.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa The Elite Flower Ltda. C.I. es una compañía dedicada a la producción y exportación de flores, cuenta con 11 fincas en las que se cultiva un gran número de variedades de rosas, gérbas, alstroemerias, lirios, entre otros.

Una de las ramas del organigrama de la empresa es la dirigida por la gerencia técnica, a la cual pertenece el departamento de Investigación y Desarrollo y el Departamento MIRFE (Manejo Integrado de Riego y Fertilización)

Los departamentos mencionados son los responsables de los 2 proyectos que se presentan en el presente documento y el autor del mismo fue quien los ejecutó.

En el primer proyecto se instaló un tanque evaporímetro y un lisímetro, con los cuales se midió la evapotranspiración potencial y el porcentaje de drenaje respectivamente, esto con el fin de obtener láminas de riego óptimas y correlacionarlas con las láminas manejadas por la Empresa, las que son determinadas mediante tensiómetros ubicados en los invernaderos.

En el segundo proyecto se realizó un estudio de características físicas de los suelos de una de las fincas del grupo (Textura, Densidad Aparente, Densidad real, Curva de retención de humedad, Infiltración y Conductividad Hidráulica), un análisis de freaticimetría y los respectivos planos de textura, de infiltración, de conductividad hidráulica y de Isobatas así como el cálculo de volúmenes de riego para las condiciones encontradas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características generales del cultivo de rosa

La rosa *Sp.* es un conocido género arbustivo espinoso y florido perteneciente a la familia de las rosáceas, el tallo es erecto con textura rugosa y escamosa, con presencia de espinas, las hojas son perennes o caducas con borde acerrado, la flor es completa, hermafrodita y actinomorfa, las principales plagas y enfermedades que la afectan son Mildeo Velloso, Mildeo Polvoso, botrytis, trips, ácaros y áfidos (WIKIPEDIA 2009).

2.2 Antecedentes evapotranspiración rosa.

En el año 2000, en Argentina, se desarrolló el proyecto CONSUMO DE AGUA Y FRECUENCIA DE RIEGO DE UN CULTIVO DE ROSAS BAJO INVERNADERO EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO, cuyos autores fueron Jacobs M, Pariasi S. y Mascarini L.

Se determinó la Evapotranspiración del cultivo de rosa variedad Terracota mediante la utilización de cuatro lisímetros de percolación, con una superficie de 0.3 m x 0.3 m y una profundidad de 0.30 m, con una planta, un gotero autocompensado y un punto de drenaje en cada lisímetro, se obtuvo que la lámina de riego óptima calculada por Lisimetría es de 700 Lt/cama.

No se encontró investigaciones en Colombia relacionados con el tema, sin embargo, en el Sena de Mosquera Cundinamarca, Yullaima Esmeral Vargas esta adelantando el proyecto Evaporación Real en el cultivo de rosa bajo invernadero, información que puede servir de base junto con el presente artículo para futuras investigaciones.

2.3 Modificación de la determinación de la textura por el método de bouyucos de suelos de la sabana de Bogotá

El 14 de Junio de 1999 el Doctor Felipe Calderón Sáenz, gerente del laboratorio Dr. Calderon Labs. Hace pública su modificación del método de bouyucos para determinar textura del suelo. Modificación que se origina porque en el método tradicional de Bouyucos se comete un error sistemático en los cálculos, al considerar que la densidad media de las partículas es 2.0 gr/ml. Este error, ancestral en muchos laboratorios, hace que suelos con elevado o mediano contenido de materia orgánica o formados por materiales derivados de cenizas volcánicas aparezcan en los análisis con una fracción arenosa mucho mayor de la que realmente tienen. En muchos casos como en los suelos orgánicos de la zona de ubaté o en los suelos volcánicos de la sabana de Bogotá, en los resultados de

los análisis aparecen como arenosos cuando en realidad no hay ni un solo grano de arena.

Lo que sucede en la realidad, en suelos volcánicos o en aquellos con un elevado porcentaje de cenizas volcánicas, en suelos muy orgánicos o en suelos con alto contenido de sustancias húmico-alofánicas (Andosoles) es que la densidad real de las partículas es bastante inferior al valor ($d = 2.0$) que usa la fórmula de Bouyoucos. Con mayor fuerza se debe aplicar esta modificación para cualquier suelo con densidad aparente inferior a 1.0

Procedimiento:

Se toma una muestra de 25 cm^3 de pasta saturada, se le agregan 5 ml de solución dispersante, se adicionan 60 ml de agua, se agita y se deja reposar durante 24 horas para que actúe la solución dispersante. Después se pasa esta suspensión a la copa de una batidora completándose un volumen de 250 ml con agua. Se dispersa con agitación fuerte durante 2 minutos y luego se pasa a una probeta de 250 ml. Inmediatamente se realiza la 1ª lectura de densidad, C_1 , la cual corresponde a la densidad de la suspensión de Arcilla + Limo. Se deja en reposo 1 hora y se realiza la segunda lectura C_2 , la cual corresponde a la densidad de la suspensión de Arcilla.

Reactivos:

Solución Dispersante de Tripolifosfato de Sodio ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$). Se disuelven 150 gr de Tripolifosfato de Sodio y 30 grs de Carbonato de Sodio (Na_2CO_3) en 4 litros de agua destilada.

Cálculos:

Sean:

d_m = Densidad de la suspensión suelo-agua

P_m = Peso de la suspensión suelo-agua

V_m = Volumen de la suspensión suelo-agua

V_p = Volumen de las partículas

V_a = Volumen del agua

P_p = Peso de las partículas de suelo

P_a = Peso del agua

d_p = Densidad de las partículas

d_a = Densidad del agua

d_{ap} = Densidad aparente de las partículas (Densidad aparente del Suelo); bulk density

$$d_m = P_m/V_m; \quad P_m = V_m \cdot d_m; \quad P_a + P_p = V_m \cdot d_m$$

$$P_p = V_m \cdot d_m - V_a \cdot d_a$$

En un sistema en el que $V_m = 250$ ml entonces:

$$\begin{aligned} P_p &= 250 \cdot d_m - V_a \cdot d_a \\ &= 250 \cdot d_m - (250 - V_p) \cdot d_a \\ &= 250(d_m - d_a) + V_p \cdot d_a \\ &= 250(d_m - d_a) + P_p/d_p \cdot d_a \end{aligned}$$

$$P_p \cdot d_p = 250(d_m - d_a)d_p + P_p \cdot d_a$$

$$P_p(d_p - d_a) = 250 d_p (d_m - d_a)$$

$P_p = 250 d_p (d_m - d_a)/(d_p - d_a)$; Esta fórmula representa el peso de las partículas suspendidas en el agua.

Para hallar su valor porcentual en peso se divide por la cantidad de suelo tomado para la prueba y se multiplica por 100.

$$P_p\% = 250 d_p(d_m - d_a)/(d_p - d_a) \cdot 100/(25 \cdot d_{ap}) = d_p/(d_p - d_a) \cdot 1/d_{ap} \cdot 1000(d_m - d_a)$$

El factor $1000(d_m - d_a)$ es la lectura directa del densímetro de bouyucos. (C1 y C2)

El error tradicional se comete cuando se hace la expresión $d_p/(d_p - d_a) \cdot 1/d_{ap}$ igual a 2. En suelos de baja densidad real y aparente, esta aproximación no es correcta e introduce un error bastante grande.

FACTOR DE CORRECCION PARA CALCULAR LA TEXTURA POR EL METODO DE BOUYOUCOS						
	Densidad Real de las Partículas.					
		Densidad Aparente de las Partículas				
			Factor de Multiplicación a la Lectura para alícuotas por peso.			
				Factor de Corrección de la lectura para alícuotas volumétricas.		
Arena	2.75	1.7	1.6	0.92		
	2.37	1.6	1.8	1.22		
Limos Minerales	2	1.5	2.0	1.33		1a Mod. Mayo 13 de 1995 Dr. Calderón Labs.
	1.87	1.4	2.15	1.56		
Arcillas	1.75	1.3	2.3	1.79		
	1.63	1.2	2.65	2.26		2a Mod. Junio 14 de 1999 Dr. Calderón Labs.
Cenizas Volcánicas	1.5	1.1	3.0	2.73		
	1.37	1	4.0	4.14		
Limos orgánicos	1.25	0.9	5.0	5.56		
	1.18	0.8	7.0	9.21		
Limos Muy Orgánicos	1.125	0.7	9.0	12.86		
	1.09	0.6	13.0	22.78		
Materia Orgánica	1.0625	0.52	17.0	32.69		
	1.031	0.45	33.3	73.91		

Una vez leídos los valores C1 y C2 tenemos:

% de Arcilla + Limo = C1 · Factor de corrección

% de Arcilla = C2 · Factor de Corrección

% de Limos = (% de Arcilla + Limo) - % de Arcilla

% de Arena = 100 - (% de Arcilla + Limo)

Esta corrección del método de Bouyucos, es utilizada por laboratorio de suelos del instituto Agustin Codazzi, donde se realizaron los análisis de suelos de la finca San Carlos de la compañía, información que no puede ser presentada en este documento por políticas de seguridad de la información de la compañía.

3. METODOLOGÍA

3.1 DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN CULTIVO COMERCIAL ROSA VARIEDAD FREEDOM INTEGRANDO TRES METODOLOGÍAS DIFERENTES (TENSIOMETRÍA, LISIMETRÍA Y TANQUE EVAPORÍMETRO TIPO “A”)

3.1.1 Lugar de realización

El ensayo tuvo lugar en la finca San Pedro perteneciente al grupo THE ELITE FLOWER Ltda. C.I. en el Bloque 25, Cultivo comercial Rosa Variedad Freedom (Anexo A: Ubicación del bloque 25 de la Finca San Pedro)

3.1.2 Tratamientos

En la tabla 1 se describen los tratamientos o sistemas de determinación de láminas de riego utilizados.

Tabla 1: Resumen tratamientos

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T0:TRATAMIENTO COMERCIAL	Se determinó la frecuencia de riego (Tensiómetro).
T1: INTEGRACIÓN DE METODOLOGÍAS	Se determinó la lámina de riego usando las metodologías de tanque evaporímetro tipo A y Lisimetría, y se determinó la frecuencia de riego utilizando la metodología de tensiometría, se correlacionaron los datos obtenidos.

En la figura 1 se ilustra el tanque evaporímetro y sus componentes, las figuras 2 y 3 muestran la forma como quedó instalado el tanque y el datalogger (Equipo electrónico de medición de temperatura y humedad relativa).

Se construyó un lisímetro de 1 metro de largo, ancho de la cama (80 cm) y 60 cm de profundidad como se muestra en la figura 4.

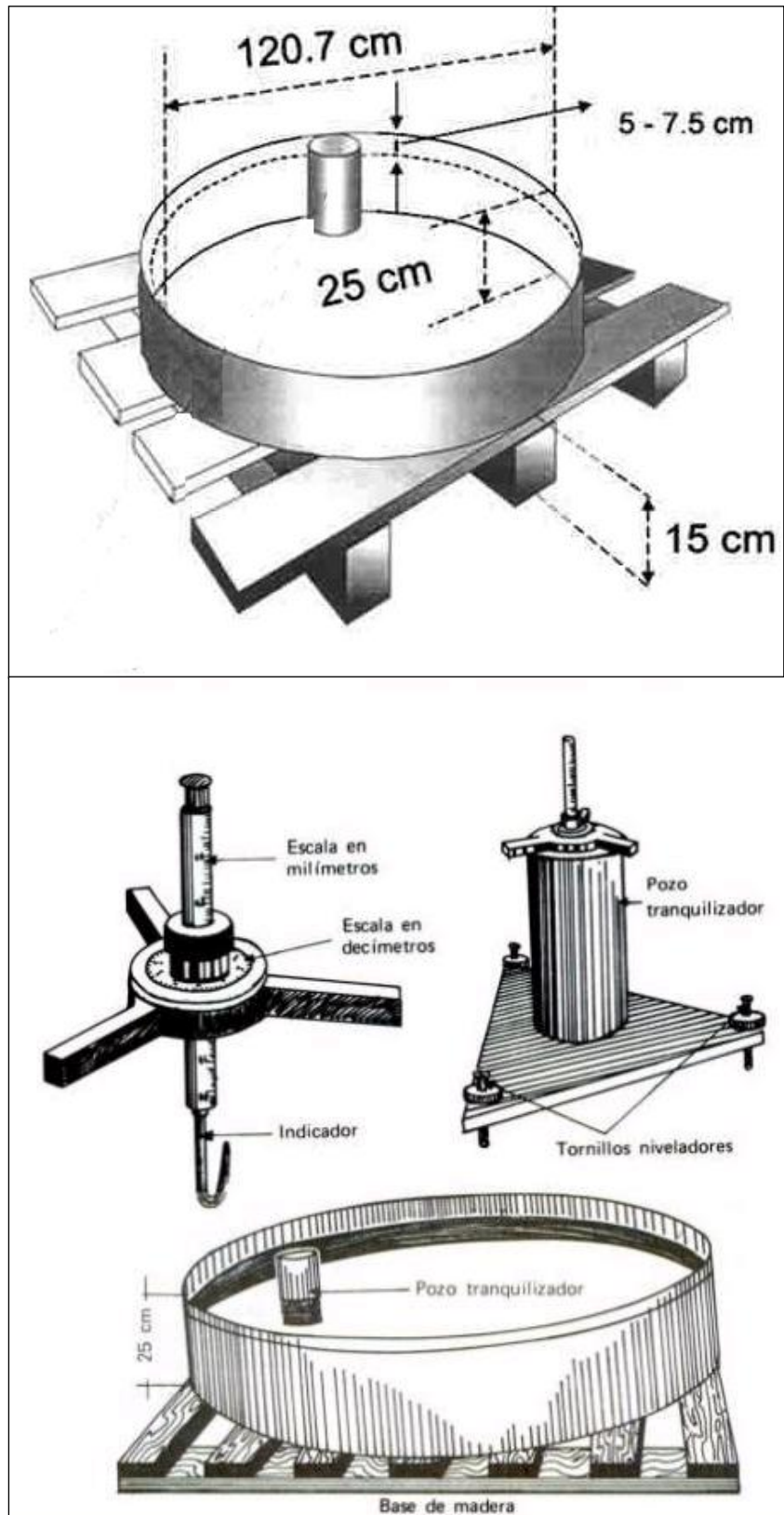


Figura 1. Tanque evaporímetro tipo "A" y sus partes.

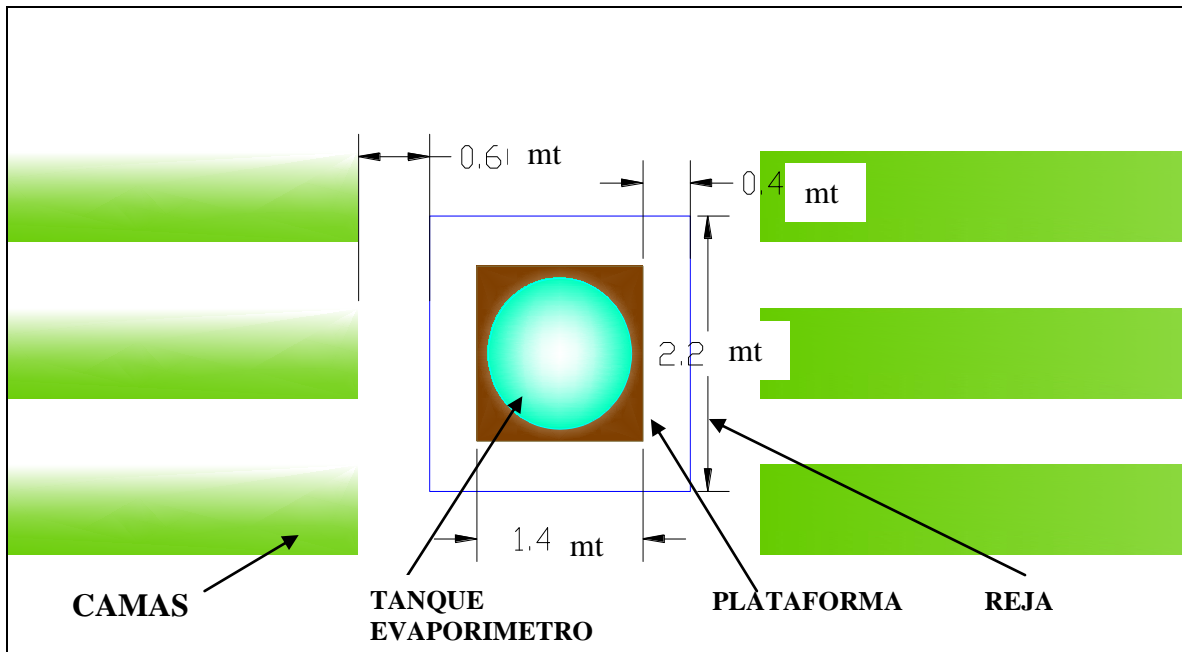


Figura 2: Forma de instalación del tanque evaporímetro tipo A en el Bloque.

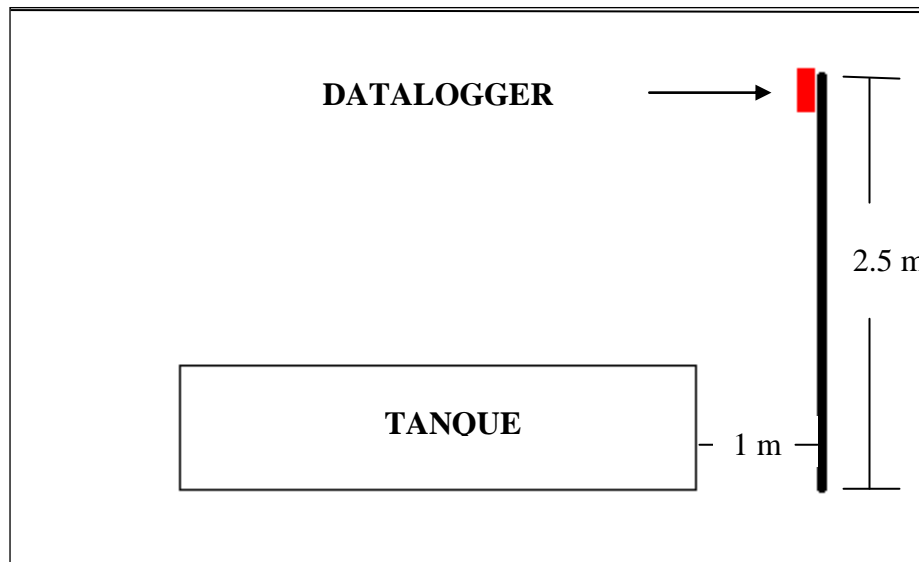


Figura 3: Ubicación del datalogger.

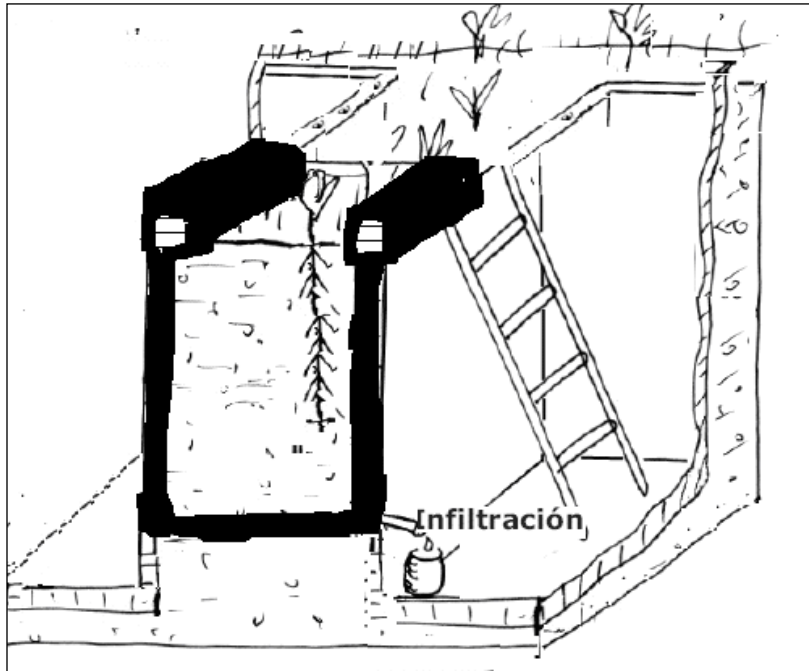


Figura 4: Lisímetro.

3.1.3 Diseño experimental

Se hizo prueba T para la correlación entre los volúmenes de riego.

Unidad experimental

Como unidad experimental se empleó el Bloque 25 de la Finca San Pedro, allí fueron instaladas las tres metodologías de determinación de láminas de riego.

3.1.4 Variables a evaluar

Primera variable

Nombre: Frecuencia de riego

Forma de Medición: Se registraron los valores de Tensiometría y se determinó la frecuencia de aplicación de acuerdo a la Tabla 3.

Muestra a Evaluar: Suelo del bloque 25 de San Pedro

Frecuencia: Diaria.

Segunda Variable

Nombre: Determinación de lámina de riego

Forma de Medición: Se registró el valor de la lámina de agua evaporada en el tanque Evaporímetro Tipo A, valor que permitió establecer la lámina de riego mediante hoja de cálculo.

Muestra a Evaluar: Agua evaporada.

Frecuencia: Diario.

Tercera Variable

Nombre: Determinación de excesos de lámina de riego.

Forma de Medición: Se registraron los valores de volumen de agua aplicado y de volumen de agua lixiviada en el lisímetro. Utilizando una hoja de cálculo se determinó el porcentaje de agua perdida.

Muestra a evaluar: Agua aplicada y drenada en el lisímetro.

Frecuencia: El volumen de agua aplicada se midió durante la ejecución de cada riego, y el volumen lixiviado 24 horas después y se fue acumulando el porcentaje de drenaje entre un riego el siguiente.

Variables de control

Primera Variable

Nombre: Temperatura y humedad relativa del ambiente

Forma de medición: Se llevaron registros de temperatura y humedad relativa interna del invernadero con la ayuda de un datalogger ubicado a un metro del tanque evaporímetro.

Muestra a evaluar: Temperatura y humedad Relativa

Frecuencia: Los datos fueron descargados del datalogger al computador semanalmente, pero se tuvo en cuenta datos con frecuencia diaria.

Segunda Variable

Nombre: Parámetros de fertirriego

Forma de medición: Se midió pH, CE (Conductividad Eléctrica) y contenido de NO₃, en gotero, en sondas de succión y en el lixiviado del lisímetro, utilizando el equipo Combo Hanna y la cinta indicadora de Nitratos.

Muestra a evaluar: Agua regada y drenada en el lisímetro

Frecuencia: Goteros: Cada vez que se realice el riego principal por goteo en el bloque.

Sucker (Sonda de succión que permite extraer muestras de agua del suelo): Cuando los tensiómetros marquen (12-14 ctb (Centibares))

Lisímetro: 24 horas después del riego

3.1.5 Manejo experimental

3.1.5.1 Instalación de Equipos

Tanque evaporímetro

1. El tanque evaporímetro tipo "A" se ubicó en el cuadro central de la nave central del bloque. (Anexo B: Plano bloque 25 y ubicación de tratamientos)
2. Seleccionado el sitio de instalación se retiraron las 104 plantas de rosa sembradas en un radio de 1.7 m del centro del punto escogido, es decir que se quitó 9.1 m² de vegetación.
3. Se realizó la nivelación del terreno a la altura de los caminos con ayuda de un nivel, posteriormente se sembró césped en el área del tanque.
4. Se construyó una plataforma de madera con dimensiones de 1,40 X 1,40m, elevada 15cm del nivel del suelo para evitar la corrosión del tanque evaporímetro tipo A.
5. Se niveló la plataforma de madera con ayuda del nivel.
6. Se colocó el tanque evaporímetro tipo A sobre la plataforma de madera y se verificó la nivelación.
7. Dentro del tanque se colocó el cilindro guía (limnómetro) que sirve de soporte a un tornillo graduado y su micrómetro.
8. Se realizó el encerramiento del tanque a 0.4m del nivel de la plataforma de madera con malla eslabonada para evitar la interferencia de animales o personas sobre la lectura de la lámina de agua evaporada.

9. Se llevó el nivel del agua hasta 5cm del borde del tanque.
10. Se instaló un datalogger a 1 m del tanque evaporímetro a 2.5 m de altura, para determinar la temperatura y la humedad relativa, valores que permiten calcular la constante de tanque (K_p).

Lisímetro

1. El lisímetro se instaló en el invernadero sobre una de las camas, que para este ensayo fué la cama 9 de la nave 2 del Bloque 25 de la finca San Pedro (Anexo B: Plano bloque 25 y ubicación de tratamientos), con una longitud de 1m y el ancho de la cama (80 cm). El suelo del sitio donde se instaló debía ser removido con cuidado, ya que al disturbarse el lisímetro no podría utilizarse.
2. Se hicieron calicatas enfrentadas por los dos caminos de la cama en que se construyó el lisímetro con una profundidad de 2 m y el ancho de los caminos. (Figura5: Calicatas enfrentadas y corte del bloque de suelo).

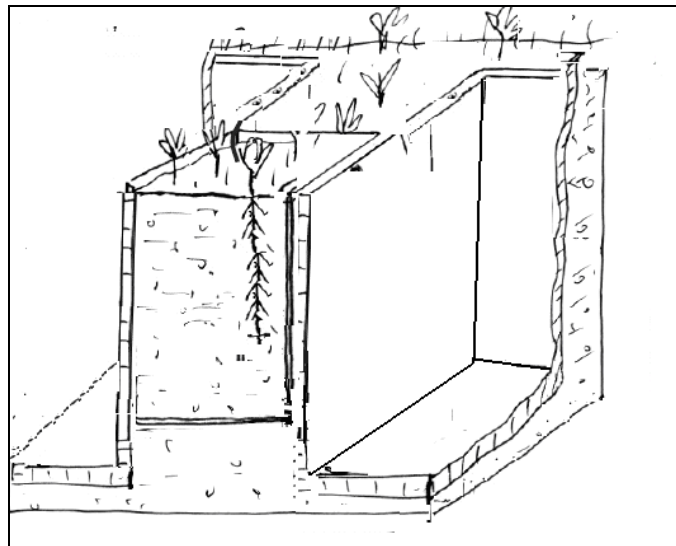


Figura 5. Calicatas enfrentadas y corte del bloque de suelo

3. Estas calicatas se realizaron con una longitud de dos metros para facilitar la construcción del lisímetro. (Figura 6: Bloque suelo removido)

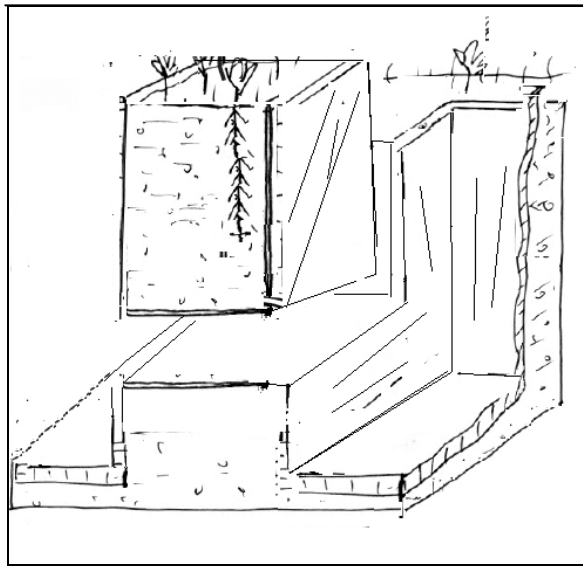


Figura 6: Bloque suelo removido

4. Se elaboraron tres cinturones en plástico de 5 m de largo por 1.4 de ancho, para soportar el peso del lisímetro sujetado con los dos postes de cemento (Figura 7: Recubrimiento del lisímetro con plástico y sujetado con los postes de cemento).

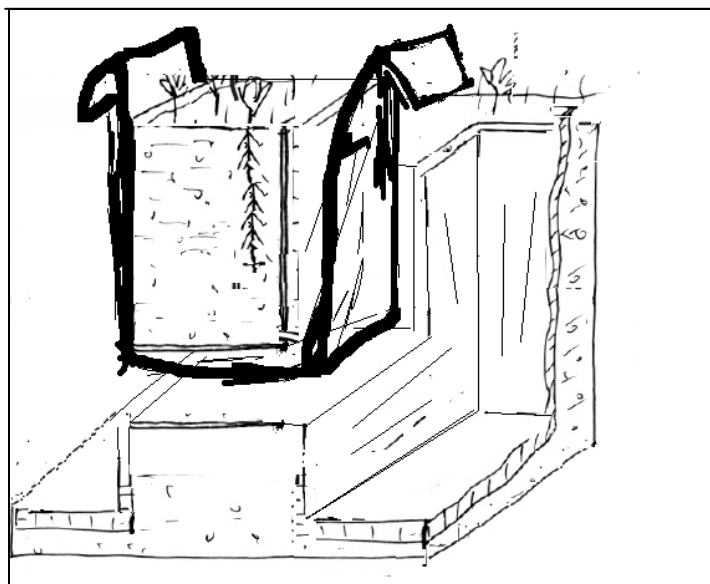


Figura 7. Recubrimiento del lisímetro con plástico y sujetado con los postes de cemento.

5. Se cortó otros 3 cinturones de plástico de 4 m de largo y 1.5 m de ancho, con estos se termina de cubrir o aislar totalmente el lisímetro.
6. Se envolvió el lisímetro con el plástico nuevo asegurándose que este no tuviera perforaciones y que en los cortes del lisímetro no quedaran plásticos separados con el fin de evitar fugas por estas partes. El plástico se aseguró en forma de remate con listón pisador a los laterales, se pasó un alambre 14 de lateral a lateral para asegurar el plástico.
7. Se dejó un desnivel hacia el tubo de salida del filtrado.
8. Antes de asegurar el plástico se adicionó gravilla alrededor del tubo de drenaje para evitar taponamientos.
9. Se clavaron 4 de los 8 listones de madera de 2 m de largo, 20 cm de ancho y 5 cm de espesor sobre 3 de los 6 listones de madera de 60 cm de largo, 15 de ancho y 5 cm de espesor para hacer los puentes o tapas sobre las excavaciones laterales a la cama, esto para cada puente.
10. Se taparon las paredes de la excavación donde se dispone el balde que recibe el agua drenada con tablas de madera impermeabilizada.

3.1.5.2 Toma de datos y decisiones

Tanque evaporímetro

Toma de datos

El responsable del ensayo hizo lectura diaria del Tanque evaporímetro tipo “A” antes de las 8am, se hacia la medición 3 veces y el dato que se tenía en cuenta para los cálculos es el promedio de estos. También se tomaron los datos de tensiometría, esto con el fin de cuantificar los días entre riego y riego y calcular la lámina de riego a aplicar según la Evapotranspiración Potencial (ETP). Todos esos cálculos se realizaron con la ayuda de una hoja de cálculo.

En cada lectura se determinó cuanta agua fue evaporada en 24 horas, este valor tiene como unidades mm/día. La evaporación se calculó diariamente por diferencia entre dos lecturas consecutivas del limnómetro (instrumento dotado de un tornillo micrométrico, que permite determinar el nivel de agua en el tanque).

Se calculó la evaporación acumulada entre riego y riego y a partir de este valor se determinó la Evapotranspiración de referencia:

$$E_{Tr} = K_p \times E_{vacum}$$

(FAO, 2005)

Donde:

E_{Tr} = Evapotranspiración de referencia (mm)

K_p = Coeficiente del tanque Evaporímetro

E_v = Evaporación acumulada en los días entre un riego y otro (mm)

Para seleccionar el coeficiente apropiado para un tanque evaporímetro dado, se debe considerar no solamente el tipo del tanque, sino también la cobertura del suelo donde se ubica el tanque, sus alrededores así como el viento y las condiciones generales de humedad. La localización y el ambiente del tanque evaporímetro también tienen influencia en los resultados bajo algunas condiciones, los coeficientes (K_p), pueden necesitar algún ajuste. Éste es el caso en donde los tanques están rodeados por cultivos altos, los coeficientes necesitarán ser incrementados hasta en un 30% en climas ventosos y secos, mientras que para condiciones tibias y húmedas solo se requiere un aumento del 5-10% del coeficiente. (FAO. 2005)

Inicialmente se establece a que Caso Pertenece la instalación del tanque según la Figura 8.

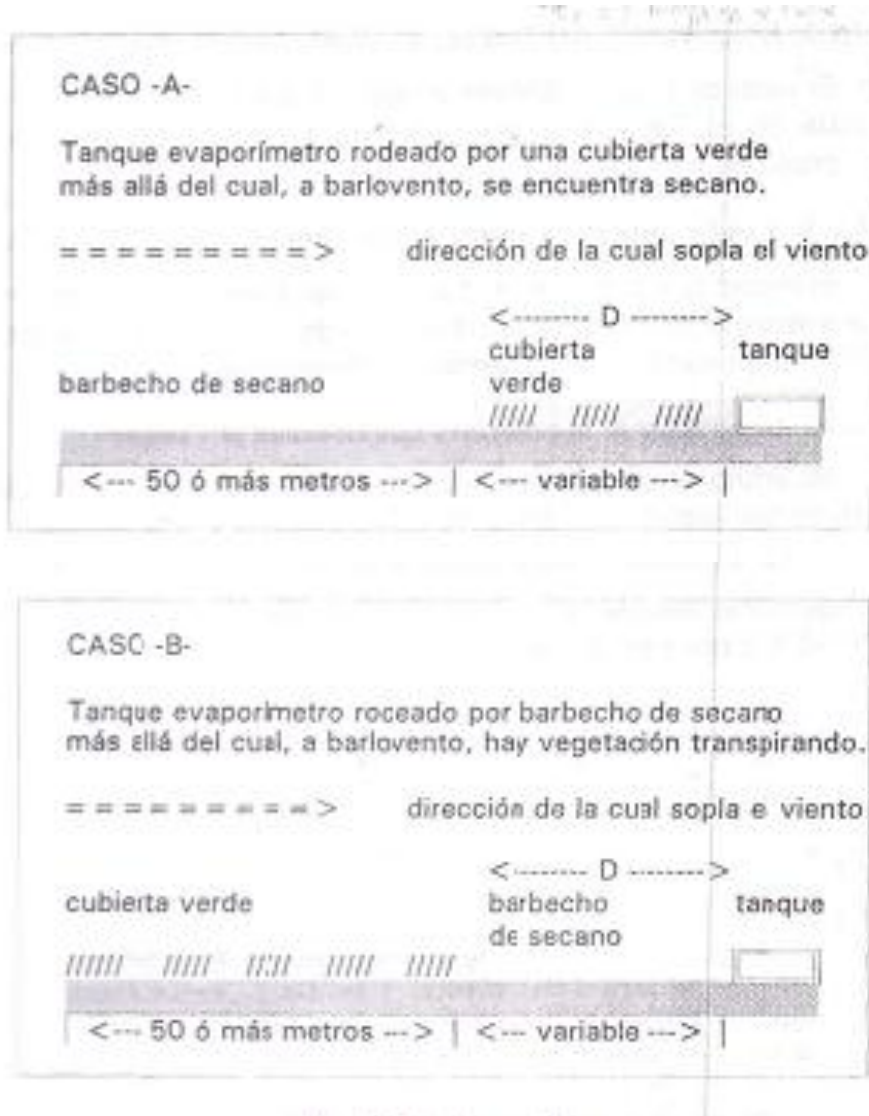


Figura 8: Casos según posición del tanque evaporímetro (Avidan 1993), (FAO 2005)

Se determina el valor de la Humedad Relativa media diaria obtenida por el Datalogger en los días que duró el intervalo entre riegos.

La humedad relativa media diaria se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{HRmed} = (\sum(\text{HRmin}) + \sum(\text{HRmax})) / (2\text{FR})$$

(FAO 2005)

Donde:

HRmed = Humedad Relativa media diaria (%)

HRmin = Humedad Relativa mínima en cada día (%)

HRmax = Humedad Relativa máxima en cada día (%)

FR = Frecuencia de riego o número de días entre riegos

Se debe conocer la velocidad del viento diario ya que este permite la determinación de la constante de tanque K_p .

Para el caso de invernaderos se puede tomar el valor global de la velocidad del viento de 2 m/s, valor que se empleó en este ensayo, ya que no se cuenta con instrumentos de medición de la velocidad del viento.

Finalmente, con los valores mencionados anteriormente y con la ayuda de la Tabla 2 se determina el coeficiente del tanque.

Tabla 2: Determinación del coeficiente de tanque.

(A) Tanque evaporímetro colocado en una superficie verde de poca altura.

Método del Tanque Evaporímetro (mod. FAO).

Distancia a barlovento a la cual cambia la cobertura D [m]	Velocidad del viento		Humedad Relativa MEDIA		
	[km/día]	[m/s]	< 40	40-70	> 70
			K_{Tan}		
0	< 175	< 2	0.55	0.65	0.75
a	175 -425	2 - 5	0.50	0.60	0.65
9	425 -700	5 - 8	0.45	0.50	0.60
	> 700	> 8	0.40	0.45	0.50
10	< 175	< 2	0.65	0.75	0.85
a	175 -425	2 - 5	0.60	0.70	0.75
99	425 -700	5 - 8	0.55	0.60	0.65
	> 700	> 8	0.45	0.55	0.60
100	< 175	< 2	0.70	0.80	0.85
a	175 -425	2 - 5	0.65	0.75	0.80
999	425 -700	5 - 8	0.60	0.65	0.70
	> 700	> 8	0.50	0.60	0.65
mas de 1000	< 175	< 2	0.75	0.85	0.85
	175 -425	2 - 5	0.70	0.80	0.80
	425 -700	5 - 8	0.65	0.70	0.75
	> 700	> 8	0.55	0.60	0.65

(B) Tanque evaporímetro colocado en una superficie de barbecho seco.

Distancia a barlovento a la cual cambia la cobertura D [m]	Velocidad del viento		Humedad Relativa MEDIA		
	[km/día]	[m/s]	< 40	40-70	> 70
			K_{Tan}		
0	< 175	< 2	0.70	0.80	0.85
a	175 -425	2 - 5	0.65	0.75	0.80
9	425 -700	5 - 8	0.60	0.65	0.70
	> 700	> 8	0.50	0.60	0.65
10	< 175	< 2	0.60	0.70	0.80
a	175 -425	2 - 5	0.55	0.65	0.70
99	425 -700	5 - 8	0.50	0.55	0.65
	> 700	> 8	0.45	0.50	0.55
100	< 175	< 2	0.55	0.65	0.75
a	175 -425	2 - 5	0.50	0.60	0.65
999	425 -700	5 - 8	0.45	0.50	0.60
	> 700	> 8	0.40	0.45	0.50
mas de 1000	< 175	< 2	0.50	0.60	0.70
	175 -425	2 - 5	0.45	0.55	0.60
	425 -700	5 - 8	0.40	0.45	0.55
	> 700	> 8	0.35	0.40	0.45

Ya determinada la Evapotranspiración de referencia (ETr), se calcula la Evapotranspiración Potencial (ETP)

$$\text{ETP} = K_c \times \text{ETr}$$

(FAO, 2005)

Donde:

ETP = Evapotranspiración Potencial (mm)

Kc = Coeficiente de cultivo específico en la zona

ETr = Evapotranspiración de referencia (mm)

El valor de Kc depende del cultivo (especie e incluso variedad), de su ciclo vegetativo, y de su fenología, así como de las condiciones específicas del cultivo en la explotación (densidad de población) y de las condiciones climáticas locales. Por tanto, este coeficiente varía a lo largo del ciclo de cultivo, creciendo desde los valores más bajos en el período inicial (siembra o trasplante) a lo largo de la fase de crecimiento vegetativo, alcanzando los valores más altos en el período de máximo desarrollo (máximo sombreado del suelo) y decreciendo en la maduración o senescencia (FAO, 2005).

Para el presente ensayo se tomó un coeficiente de cultivo ($K_c=1,3$) (Anexo C: Tabla de Coeficiente de cultivo)

Toma de decisión:

Determinada la ETP (mm) y conociendo que el área promedio de las camas de la compañía es de 46.93 m^2 , se calcula el volumen de riego a aplicar por cama:

$$\text{VR/cama} = (\text{ETP} \times \text{AC})/1000$$

Donde:

VR/cama = Volumen de riego a aplicar por cama (m^3/cama)

ETP = Evapotranspiración potencial (mm)

AC = Área de la cama.

Al volumen de riego calculado se le hace un ajuste teniendo en cuenta que la eficiencia del sistema de riego es del 90%, esto mediante la siguiente ecuación.

$$\text{VRad/cama} = (\text{VR/cama}) / \text{Efa}$$

Donde:

VRad/cama = Volumen de riego a aplicar por cama ajustado (m^3/cama)

Efa = Eficiencia del riego en decimal

Todas estas fórmulas y variables son las que conforman la hoja de cálculo que permite establecer las laminas de riego por el método de tanque Evaporímetro.

Lisímetro

Toma de datos

El responsable del ensayo hizo lectura del lisímetro, se procesó la información en una hoja de cálculo para determinar el porcentaje de agua lixiviada. La lectura del volumen drenado se realizó con ayuda de una probeta plástica de 500 ml midiendo el agua que fue drenada hacia el balde de 12 Lt ubicado en la parte inferior del lisímetro.

Toma de decisión:

1. Si no existe drenaje en el lisímetro o si este es inferior a 20% se debe aumentar el volumen de agua aplicado, si la CE y los NO_3 aumenta a niveles que limiten el desarrollo del cultivo, se debe reformular la fertilización.
2. En el momento en que el volumen de drenaje sobrepase el 35% será necesario disminuir la lámina de agua aplicada.

Tensiómetro y Sucker

Toma de datos

El responsable del ensayo hizo lectura diaria del Tensiómetro antes de las 8am. Cuando el tensiómetro marcaba entre 14-16 ctb, se toman muestras de los Sucker y se miden pH, CE y contenido de NO_3 , cuando se aplicaba el riego principal por goteo, también se median las variables que se tenían en cuenta del agua extraída por el Sucker. Al momento de medir el volumen drenado, también se toma una muestra para medir pH, CE y contenido de NO_3 .

Toma de decisiones

Tabla 3. Interpretación general de lecturas del tensiómetro en cultivo de rosa

LECTURA (CENTIBARES)	INTERPRETACIÓN
0	Humedad saturación (Inundación), puede presentar daños si la condición persiste.
2-4	Humedad cercana a saturación: Generalmente ocurre 1 ó 2 días después de efectuar riegos altos.
5-13	Humedad cercana a capacidad de campo: los riegos deben suspenderse debido a la lixiviación de nutrientes, debajo de la zona de mayor densidad radical
14-18	Rango que asegura humedad disponible para la planta, indica momento para próximo riego.
> 25	Contenido de agua poco disponible para la planta, la toma con dificultad y asciende a Punto de marchitez permanente.

Los datos obtenidos por las tres metodologías se correlacionaron comparativamente con el fin de establecer si las láminas de riego actualmente aplicadas en la compañía y determinadas por tensiometría son muy altas o no.

3.2 CARACTERIZACION Y DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION, CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA Y NIVELES FREATICOS DE LOS SUELOS DE LA FINCA SAN CARLOS

3.2.1 Lugar de realización

El estudio se realizó en los 38 bloques de la Finca San Carlos perteneciente al grupo The Elite Flower Ltda. C.I.

3.2.5 Manejo experimental

Observación en campo de áreas afectadas

Se realizó un recorrido de observación preliminar en los 38 bloques de la finca San Carlos con la asesoría del Jefe MIPE (Manejo Integrado de plagas y Enfermedades) y se determinaron las áreas mas afectadas o que presentan sobre humedecimientos.

Resultado de esta observación se dibujó un plano de la finca en el que se identifican dichas zonas afectadas. (Plano 1: Zonas con presencia de Mildeo Velloso en la Finca San Carlos y/o problemas de sobrehumedecimientos en los caminos entre camas.) (El Mildeo Velloso es un hongo que ataca el cultivo, cuando hay humedad excesiva).

Caracterizaciones de perfil, determinación de conductividad hidráulica, infiltración y niveles freáticos.

Caracterización de perfil

Posterior a la identificación de las zonas críticas, se hicieron caracterizaciones de perfil en cada bloque de la finca, se perforó el suelo con ayuda del barreno holandés a una profundidad de 1.5 m, disponiendo el material escavado sobre una bolsa plástica, teniendo en cuenta que se extendiera con longitud equivalente a la profundidad de donde fue extraído. Paralelo al perfil extraído se ubicó una cinta métrica (Ver Figura 9), esto con el fin de establecer la profundidad de cada horizonte, se hicieron pruebas de textura in situ. Estas caracterizaciones permitieron agrupar bloques por características edáficas homogéneas para seleccionar los puntos de pruebas de infiltración, conductividad hidráulica, freatimetría y toma de muestras para ser llevadas al laboratorio.

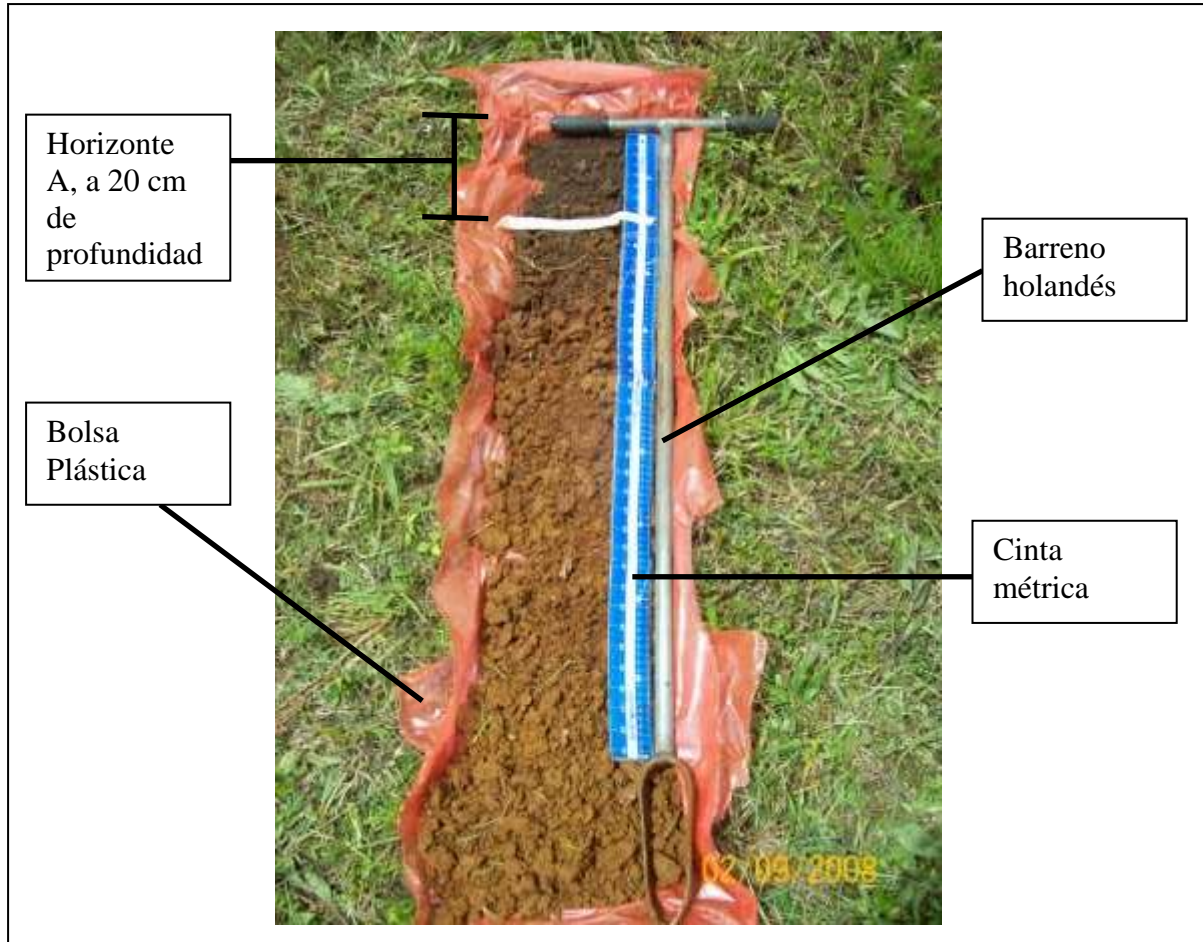


Figura 9: Caracterización perfil

Estimado de la conductividad hidráulica.

Agrupados los Bloques por características edáficas homogéneas, se efectuaron las mediciones de conductividad hidráulica en los puntos mostrados en el plano 11: Puntos de determinación de conductividad hidráulica. Esto por el método expuesto en el Sistema de evaluación 2.

Pruebas de infiltración

Determinados los puntos para realizar las pruebas de infiltración dependiendo la agrupación de bloques con condiciones edáficas homogéneas, (Ver Plano 13: Puntos de determinación de Infiltración) se procedió a efectuar las pruebas mediante el método de los anillos concéntricos.

Determinación del nivel freático

Para la determinación de Niveles freáticos se introdujo un tubo perforado de 3" de diámetro en todas las perforaciones que se hicieron para la caracterización edáfica y que presentaron agua freática a profundidades menores a 150 cm (Ver plano 15: Piezómetros instalados en la finca Can Carlos).

Las mediciones de profundidad del nivel freático se hicieron con ayuda de un flexómetro. El dato se tomó cuando la punta del flexómetro tocaba la superficie del agua freática y teniendo como referencia el borde del tubo del pozo.

Determinación de las propiedades físicas de la finca San Carlos

Agrupados los bloques por homogeneidad de las características físicas de sus suelos, se tomaron muestras de suelo en cada grupo de bloques de la siguiente manera:

En cada unidad o grupo de bloques homogéneos se hizo un recorrido en zig-zag, tomando una muestra de suelo dentro de los primeros 60 cm de profundidad, en los puntos mostrados en el plano 10: Zonas y puntos para recolección de muestras para ser llevadas al laboratorio. Posteriormente se mezclaron las muestras tomadas en la misma unidad o grupo de bloques homogéneos dentro de un balde y de allí se extrajo una cantidad equivalente a 1 Kg que se colocó en una bolsa plástica, la cual llevaba la identificación respectiva, para luego enviarse al laboratorio.

Cada vez que se tomó una muestra de suelo, se eliminó previamente la vegetación que cubre el sitio; luego con una pala se hizo un corte en forma de V, desechando el suelo extraído de esta forma. Luego se extrajo del hoyo un tajo de suelo de un espesor aproximado de 3 cm a la profundidad correspondiente, eliminando con un cuchillo un tercio de cada lado, el resto se colocó en el balde.

En el laboratorio se determinó la textura del suelo por el método de Bouyoucos, La densidad aparente por el método del terrón parafinado, la densidad real por el método del picnómetro y se efectuó la curva de retención de humedad mediante las ollas y los platos de presión, para establecer los porcentajes de humedad a capacidad de campo y a punto de marchitez permanente.

3.2.6 Sistemas de evaluación

Para evaluar el origen del problema de sobrehumedecimiento de los suelos de la finca San Carlos, se realizaron los siguientes Sistemas de evaluación:

Sistema de evaluación 1:

Caracterización de los suelos de la finca San Carlos.

Se hizo una caracterización de perfil mediante el método del pozo barrenado y mediante toma de muestras llevadas en el laboratorio donde se midió textura por el método de bouyucos, densidad aparente por terrón parafinado, densidad real por picnómetro, y curva de retención de humedad mediante platos porosos y ollas de presión.

Con la información obtenida se hizo el cálculo de los volúmenes de riego mediante la ecuación de lámina neta:

$$L = (HCC - HPMP)/100 \times (Pea/Pew) \times Pr$$

(Avidan, 1993)

Donde:

L = Lámina (mm)

HCC = Humedad a capacidad de campo (%)

HPMP = Humedad a punto de marchites permanente (%)

Pea = Densidad aparente del suelo

Pew Densidad del agua

Pr = Profundidad radicular efectiva (mm)

Sistema de evaluación 2:

Determinación de la conductividad hidráulica de los suelos mediante métodos de campo: Auger Hole o Auger Hole inverso, según sea el caso.

El método Auger Hole se efectúa cuando se encuentra agua freática en el pozo de observación. El método inverso al de Auger Hole se realiza cuando no se encuentra agua freática. Las pruebas se realizaron a 60 cm de profundidad, como a dicha profundidad no hay presencia de agua freática, entonces la determinación de la conductividad hidráulica se hizo por el método inverso al de Auger Hole.

En el caso de realizar el estimado por el método de Auger Hole la conductividad hidráulica (K) se calcula de la siguiente forma:

Se barrena el suelo hasta una profundidad cercana a 30 cm, por debajo de la capa freática si la hay. Cuando el agua de pozo se estabiliza al nivel freático, se extrae parte de esa agua. El pozo empieza a filtrar, midiéndose los centímetros de ascensión del agua en el pozo a través del tiempo, que, por medio de la correspondiente fórmula permiten el cálculo de K (Conductividad hidráulica) (PIZARRO 1978).

La Figura 10: Método de Auger Hole para determinar conductividad hidráulica, representa una medida por el método Auger hole. En el suelo se ha realizado un pozo de $2r$ de diámetro, r = radio del pozo que depende del radio del barreno holandés utilizado. A una profundidad (P) se encuentra el nivel freático. El pozo tiene una profundidad H y a una distancia S del fondo del pozo hay un estrato impermeable (PIZARRO 1978).

Se permite que el agua se recupere hasta el nivel inicial y a continuación se extrae agua del pozo hasta la profundidad h_0 , medida respecto al nivel freático. En ese momento se pone en marcha el cronómetro y se mide el tiempo transcurrido hasta que se alcanzan los niveles $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$. La prueba debe terminar antes que $h_n - h_0 (= \Delta h)$ supere el valor $h_0/4$ pues de otra forma se presentan fenómenos que invalidan el método (PIZARRO 1978).

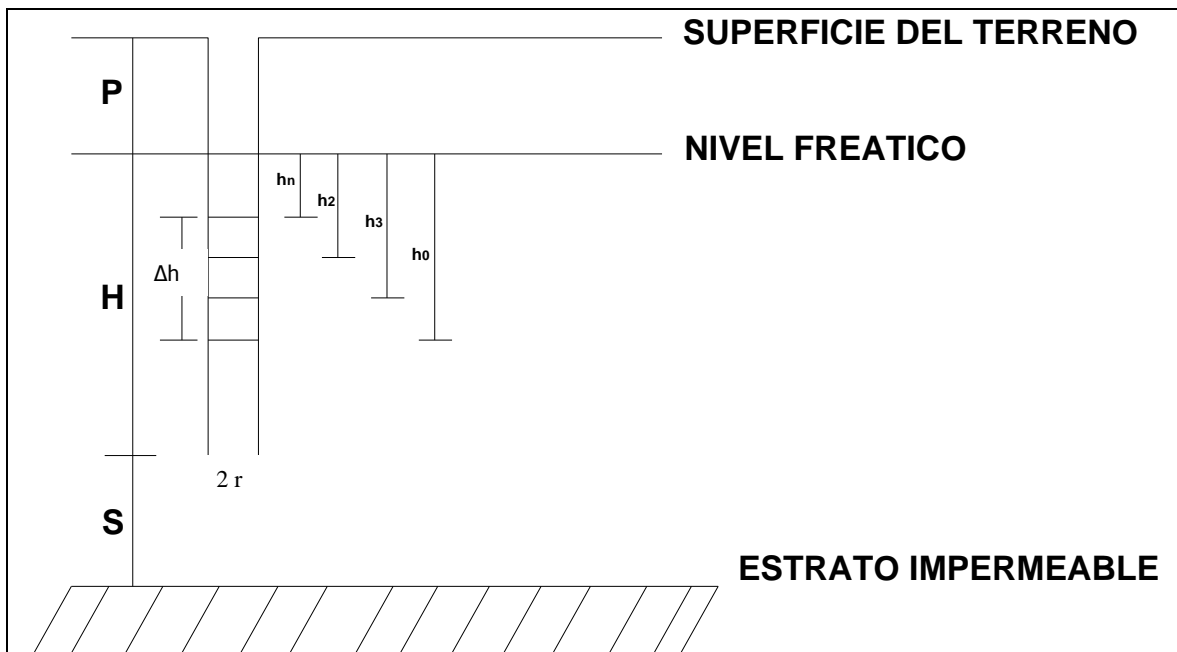


Figura 10: Método de Auger Hole para determinar conductividad hidráulica.

El método inverso de Auger Hole o de Porchet, se utiliza en los casos en que no se encuentra agua freática.

El procedimiento consiste, como indica la Figura 11: Método inverso Auger Hole para determinar conductividad hidráulica, en abrir un agujero en el suelo por medio de un barreno y llenarlo de agua hasta una altura h_1 , momento en que se pone en marcha el cronómetro ($t_1 = 0$), Cuando el nivel ha descendido a h_n se lee el tiempo t_n . El valor de la conductividad se estima con la fórmula correspondiente (PIZARRO 1978).

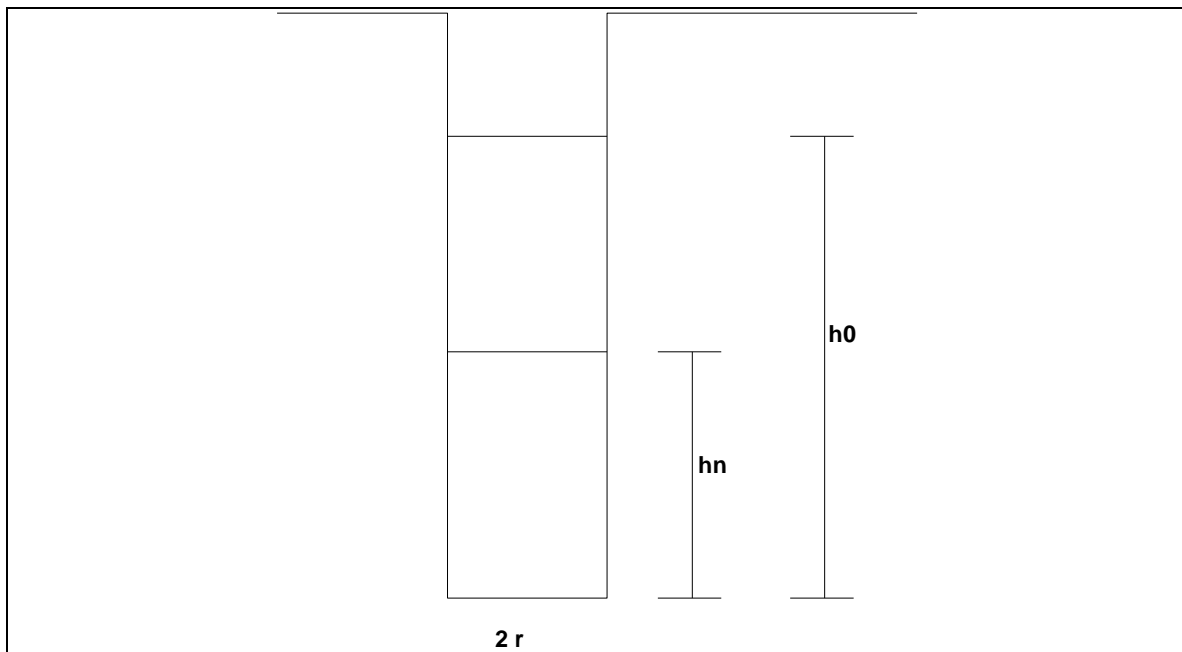


Figura 11: Método inverso Auger Hole para determinar conductividad hidráulica.

Si el método utilizado fue el de Auger Hole, la conductividad hidráulica (K), se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$K = C (\Delta h / \Delta t)$$

(PIZARRO 1978)

Donde:

K = Conductividad hidráulica m/día

C = Factor de geometría del pozo, que es función de h, H, r y S (Figura 2. Método de Auger Hole para determinar conductividad hidráulica).

Δh = Diferencia de alturas, altura inicial – altura final (cm) ($h_o - h_n$)

Δt = Diferencia de tiempos, Tiempo inicial – Tiempo final. (seg) ($t_o - t_n$)

La función C es diferente según los casos, como se indica a continuación.

Caso A: $S = 0$

$$C = (3600 r^2) / ((H + 10r)(2 - h/H)h)$$

(PIZARRO 1978)

Caso B: $S \geq H/2$

$$C = (4000 r) / ((H/r + 20)(2 - h/H)h)$$

(PIZARRO 1978)

Caso C: $S < H/2$

En este caso, C se determina promediando los C de los dos casos A y B.

En las anteriores ecuaciones:

C = Factor de geometría del pozo, que es función de h, H, r y S (Figura 2. Método de Auger Hole para determinar conductividad hidráulica).

r = Radio del pozo (cm)

H = Profundidad del pozo

$h = (h_o + h_n) / 2$ (cm)

h_o = Lectura inicial (cm)

h_n = Lectura final (cm)

Si la prueba se hizo por el método inverso al de Auger Hole entonces:

$$K = ((432 r) ((\ln(h_o + r/2)) - (\ln(h_n + r/2)))) / (t_n - t_o)$$

(PIZARRO 1978)

Donde:

K = Conductividad hidráulica m/día

r = Radio del pozo (cm)

h_0 = Lectura inicial (cm)

h_n = Lectura final (cm)

t_0 = Tiempo inicial (seg)

t_n = Tiempo final (seg)

Sistemas de evaluación 3:

Medición de la tasa o velocidad de infiltración mediante el método de los anillos infiltrómetros.

El aparato que se usó es muy sencillo, es el Infiltrómetro. Consiste en un cilindro de 30 cm de largo y fijo, aproximadamente de 20 cm de diámetro; se pone en él una determinada cantidad de agua y se observa el tiempo que tarda en infiltrarse.

A este aparato se le atribuyen algunos defectos: el agua se infiltra por el círculo que constituye el fondo, pero como alrededor de él no se está infiltrando agua, las zonas del suelo a los lados del aparato participan también en la infiltración, por lo tanto, da medidas superiores a la realidad (PIZARRO 1978)

El error apuntado se corrige colocando otro tubo de mayor diámetro (40 cm) alrededor del primero, constituye una especie de corona protectora. En éste también se pone agua aproximadamente al mismo nivel, aunque no se necesita tanta precisión como en el del interior; con ello se evita que el agua que interesa medir se pueda expandir (Figura 12: Infiltrómetro de anillos concéntricos) (PIZARRO 1978).

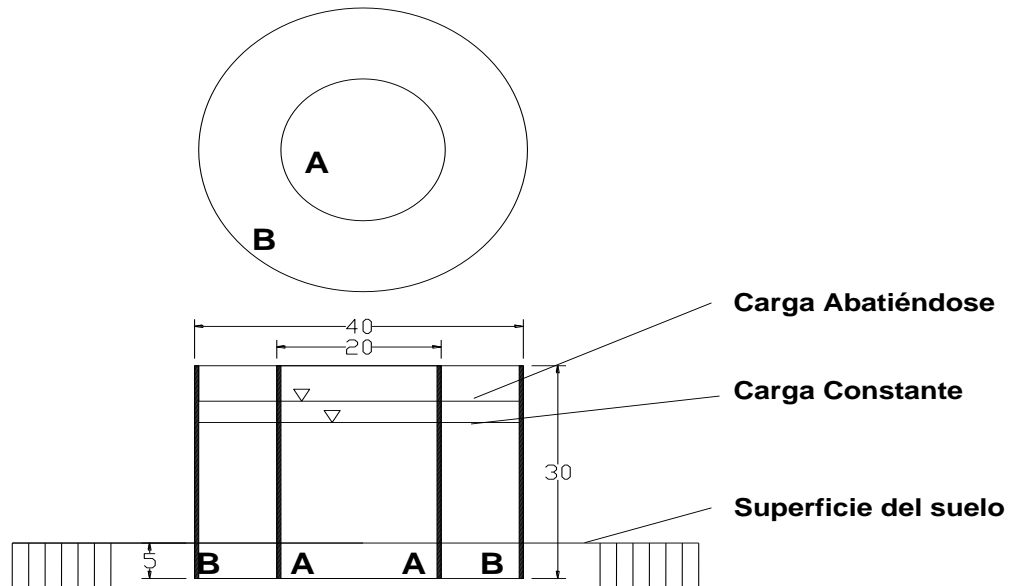


Figura 2: Infiltrómetro de anillos concéntricos.

La medición es menor que la que se hubiera obtenido antes y más concordante con la capacidad real del suelo.

Sistemas de evaluación 4:

Estudio de Niveles freáticos mediante el método del pozo barrenado. Este método consiste en hacer perforaciones o pozos en el suelo con un barreno holandés de 1.5m a 2 m, introducir un tubo perforado en el pozo y realizar mediciones de la profundidad del agua en el pozo con una periodicidad de 1 semana.

3.2.7 Variables a evaluar

Primera variable

Nombre: Caracterización Perfil

Forma de Medición: En cada una de las perforaciones con el barreno se distribuyó el material que se extrajo sobre una bolsa plástica con el fin de simular el perfil y se realizó la caracterización correspondiente, teniendo en cuenta profundidad de horizontes, textura (organolépticamente) presencia de gravas, presencia de Gley, y otras observaciones pertinentes.

Muestra a Evaluar: Suelos de la fincas San Carlos

Frecuencia: Inicio del ensayo

Segunda variable

Nombre: Caracterización de suelos de la Finca San Carlos

Forma de Medición: Se llevaron muestras de suelos de cada grupo de bloques con características edáficas homogéneas al laboratorio, para que fueran determinadas la textura, la densidad real, la densidad aparente y la curva de retención de humedad.

Muestra a Evaluar: Suelos de cada grupo de bloques con características edáficas homogéneas.

Frecuencia: Al final del ensayo

Tercera variable

Nombre: Estimado de conductividad hidráulica

Forma de Medición: El método empleado fue el de Auger hole inverso.

Muestra a Evaluar: Suelos de la finca San Carlos.

Frecuencia: Una sola vez

Cuarta variable

Nombre: Prueba de Infiltración

Forma de Medición: El método empleado fue el de los anillos infiltrómetros concéntricos.

Muestra a Evaluar: Suelos de la finca San Carlos.

Frecuencia: Una sola vez

Quinta variable

Nombre: Profundidad del nivel freático

Forma de Medición: Se midieron las fluctuaciones del nivel freático en cada uno de los pozos de observación instalados.

Muestra a Evaluar: Suelos de la finca San Carlos.

Frecuencia: Semanal

VARIABLES DE CONTROL

Primera Variable

Nombre: Estado de humedad del suelo

Forma de medición: Por tensiometría

Muestra a evaluar: Suelo de la finca San Carlos

Frecuencia: Cada vez que se realizaba una prueba de infiltración y de conductividad hidráulica, el tensiómetro debe estar entre 16-18 ctb.

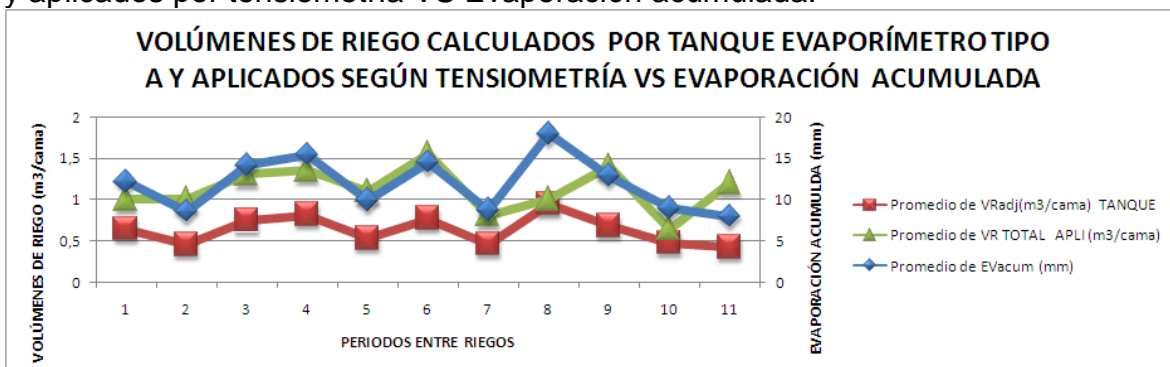
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN CULTIVO COMERCIAL ROSA VARIEDAD FREEDOM INTEGRANDO TRES METODOLOGÍAS DIFERENTES (TENSIOMETRÍA, LISIMETRÍA Y TANQUE EVAPORÍMETRO TIPO “A”)

4.1.1 Volúmenes de riego

En los gráficos 1, 2, 3 4, 5 y 6 PERIODOS ENTRE RIEGOS hace referencia a al intervalo de tiempo que hay entre un riego y el siguiente. Estos periodos varían entre 1 semana y 1 semana y media, este tiempo lo estipulaba el comportamiento del tensiómetro como ya se ha mencionado.

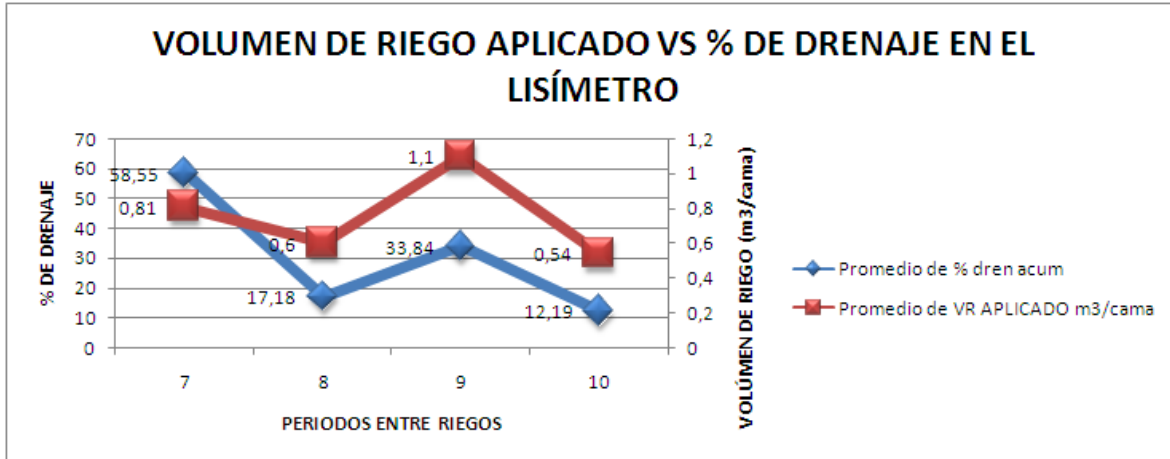
Gráfico 1: Volúmenes de riego calculados mediante Tanque Evaporímetro Tipo A y aplicados por tensiometría VS Evaporación acumulada.



En el Gráfico 1 se observa que el volumen de riego aplicado siempre ha sido mayor que el calculado mediante la evapotranspiración potencial, en el periodo 10 en la cual se aplicó una lámina de 540 Lt/cama, la diferencia entre los volúmenes de riego fue mínima.

4.1.2 Porcentajes de drenajes en el lisímetro.

Gráfico 2: Volúmenes de riego aplicados VS porcentaje de drenaje en el lisímetro.



En el Gráfico 2 se puede apreciar que entre menor sean los volúmenes de riego, menor es el porcentaje de drenaje, y que los volúmenes cercanos a 600 m³/cama son los que presentan porcentajes de drenaje a 60 cm menores al 20%.

4.1.2 Parámetros de fertirriego

Gráfico 3: pH en gotero, en sucker y en el agua drenada en el lisímetro.

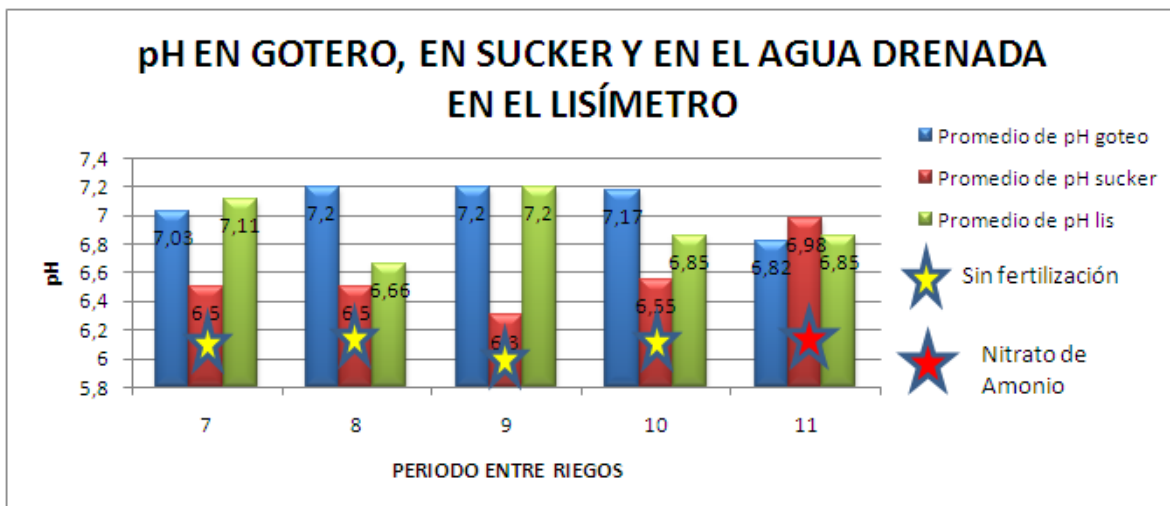


Gráfico 4: CE en gotero, en sucker y en el agua drenada en el lisímetro.

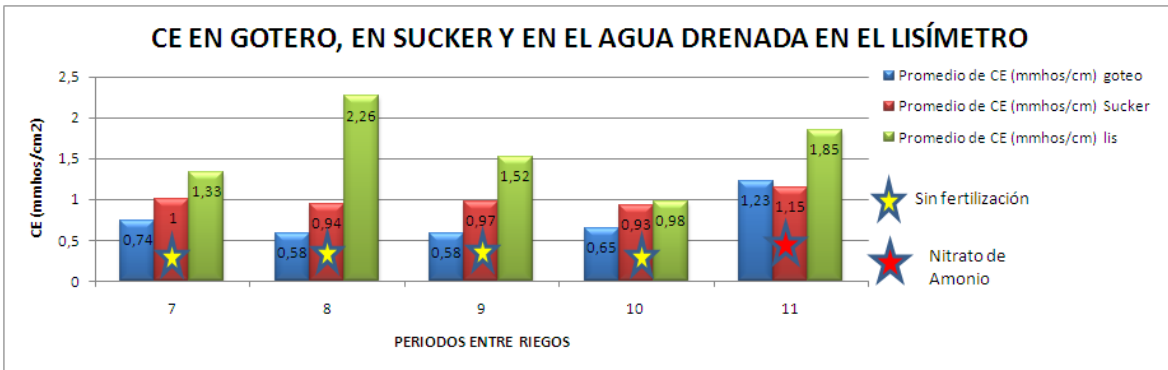
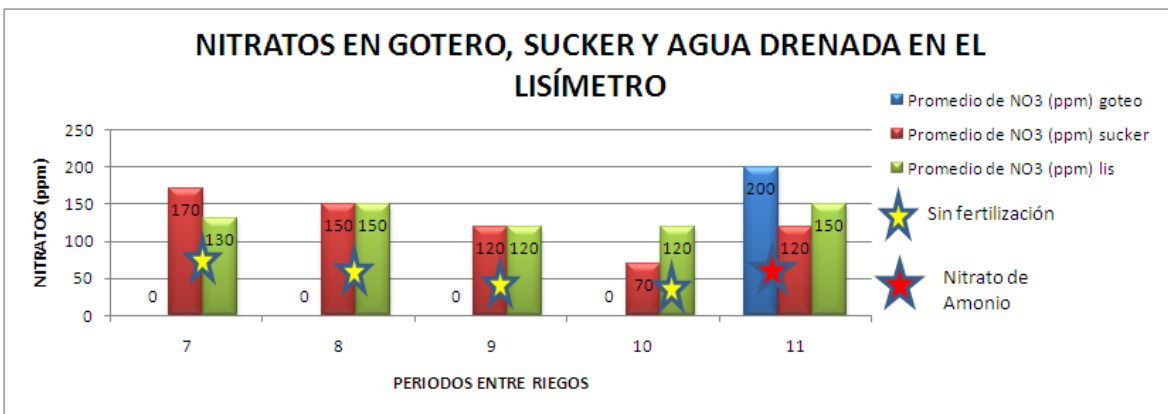


Gráfico 5: Nitratos en gotero, en sucker y en el agua drenada en el lisímetro.



De los gráficos 3 al 5 se deduce que el contenido de Nutrientes lixiviado es alto, sin embargo esta lixiviación es a 60 cm de profundidad (Profundidad del lisímetro), por lo que resulta importante la construcción de un lisímetro de mayor profundidad y una calicata que permita hacer pruebas 2:1 (2 partes de gua por una de suelo, para generar una pasta saturada en la que se hacen las mediciones) para evaluar la lixiviación de nutrientes a diversas profundidades.

4.1.3 Análisis estadístico

Tabla 6: Prueba T para los volúmenes de riego aplicados con el parámetro de tensiometría y calculados por Tanque Evaporímetro Tipo A.

	VR APLICADO	VR CALCULADO
Media	0,968181818	0,629831033
Varianza	0,050656364	0,031324775
Observaciones	11	11
Varianza agrupada	0,040990569	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	20	
Estadístico t	3,91928241	
P(T<=t) una cola	0,000424808	
Valor crítico de t (una cola)	1,724718218	
P(T<=t) dos colas	0,000849615	
Valor crítico de t (dos colas)	2,085963441	

Según la prueba T existen diferencias significativas estadísticamente entre los volúmenes de riego calculados y los aplicados en el ensayo.

4.2 CARACTERIZACION Y DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION, CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA Y NIVELES FREATICOS DE LOS SUELOS DE LA FINCA SAN CARLOS

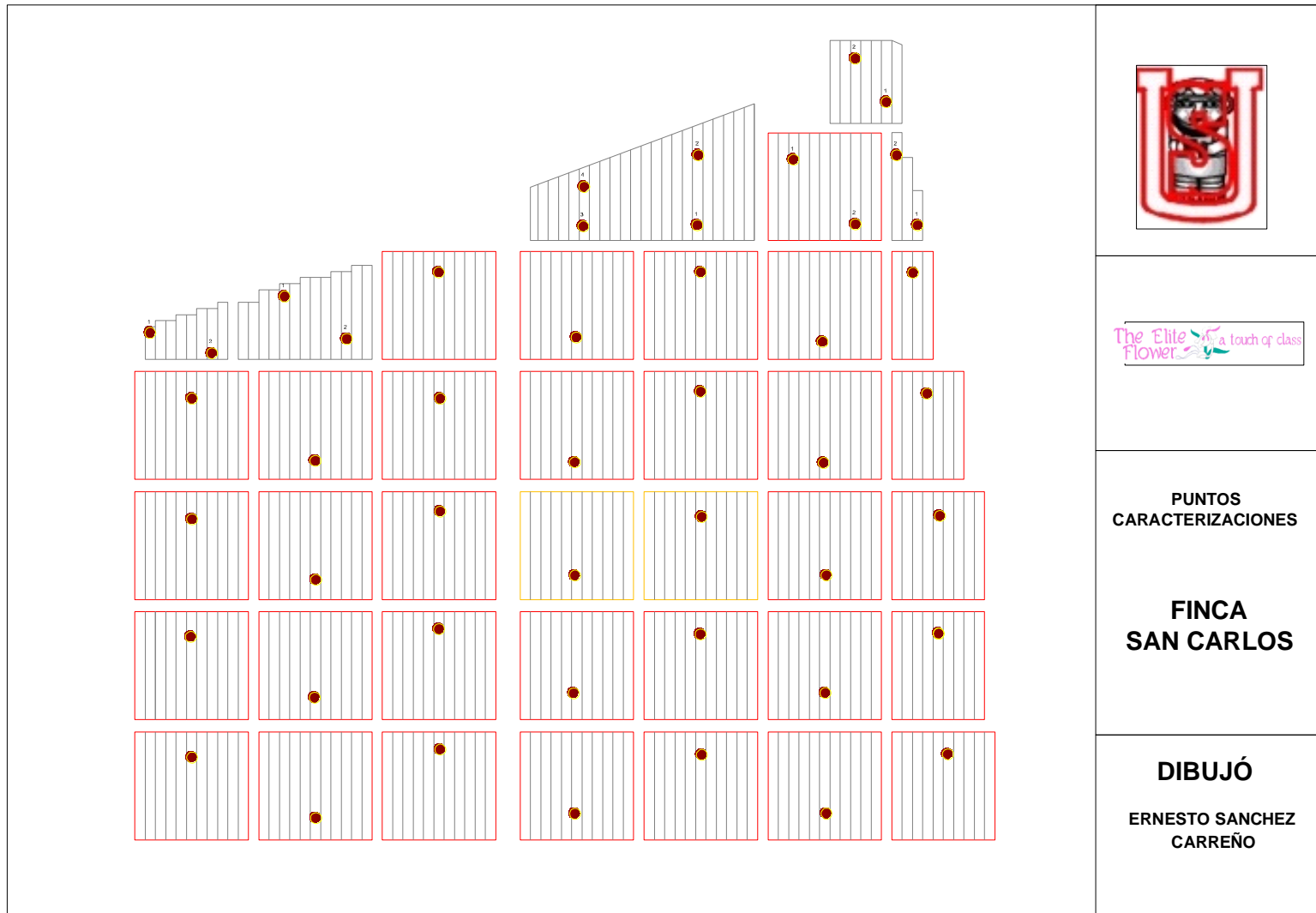
4.2.1 Determinación de zonas críticas

Plano 1: Zonas con presencia de Mildeo Velloso en la Finca San Carlos y/o problemas de sobrehumedecimientos en los caminos entre camas.



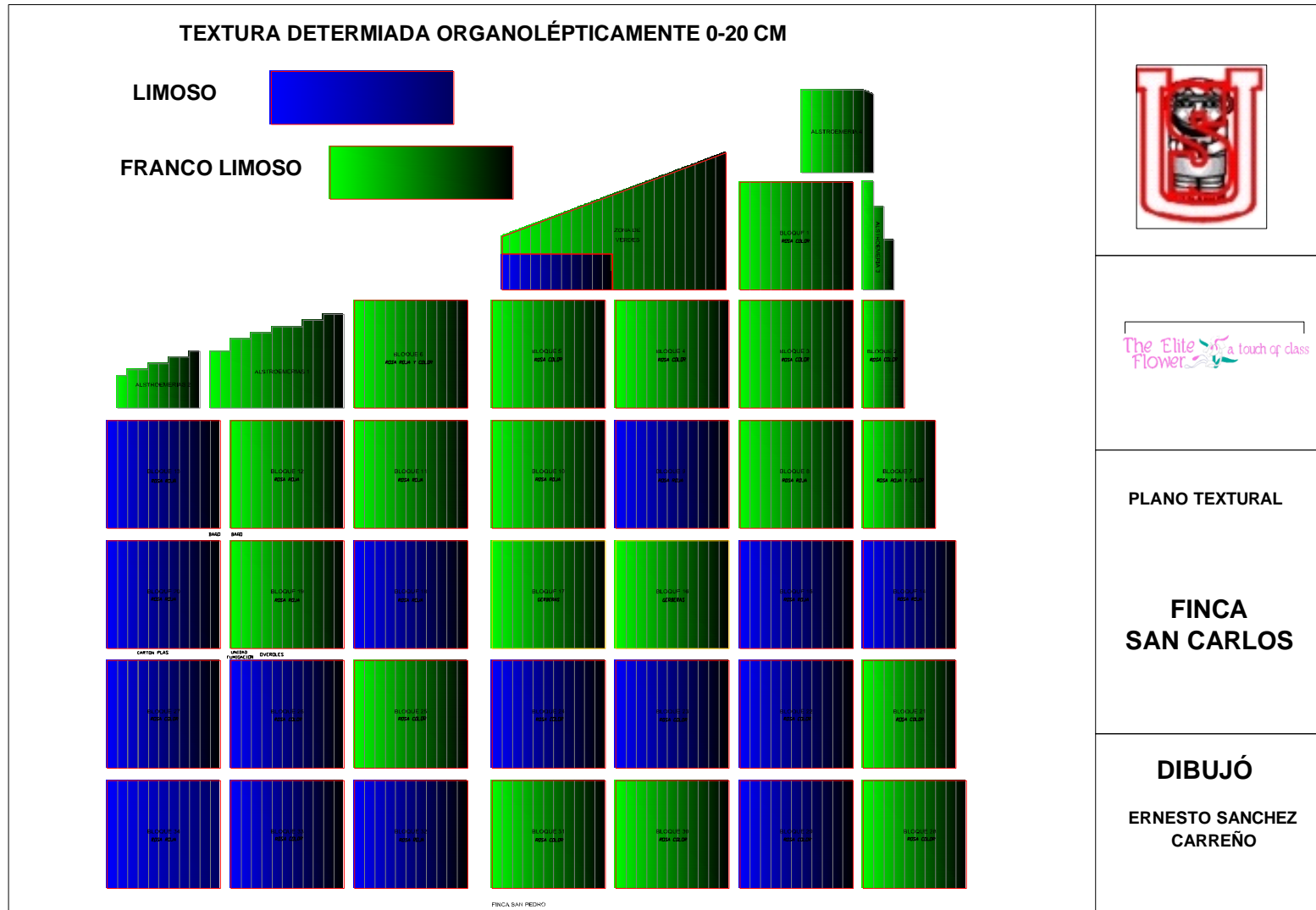
4.2.2 Caracterización de perfiles

Plano 2: Puntos de caracterizaciones de perfil de la finca San Carlos.

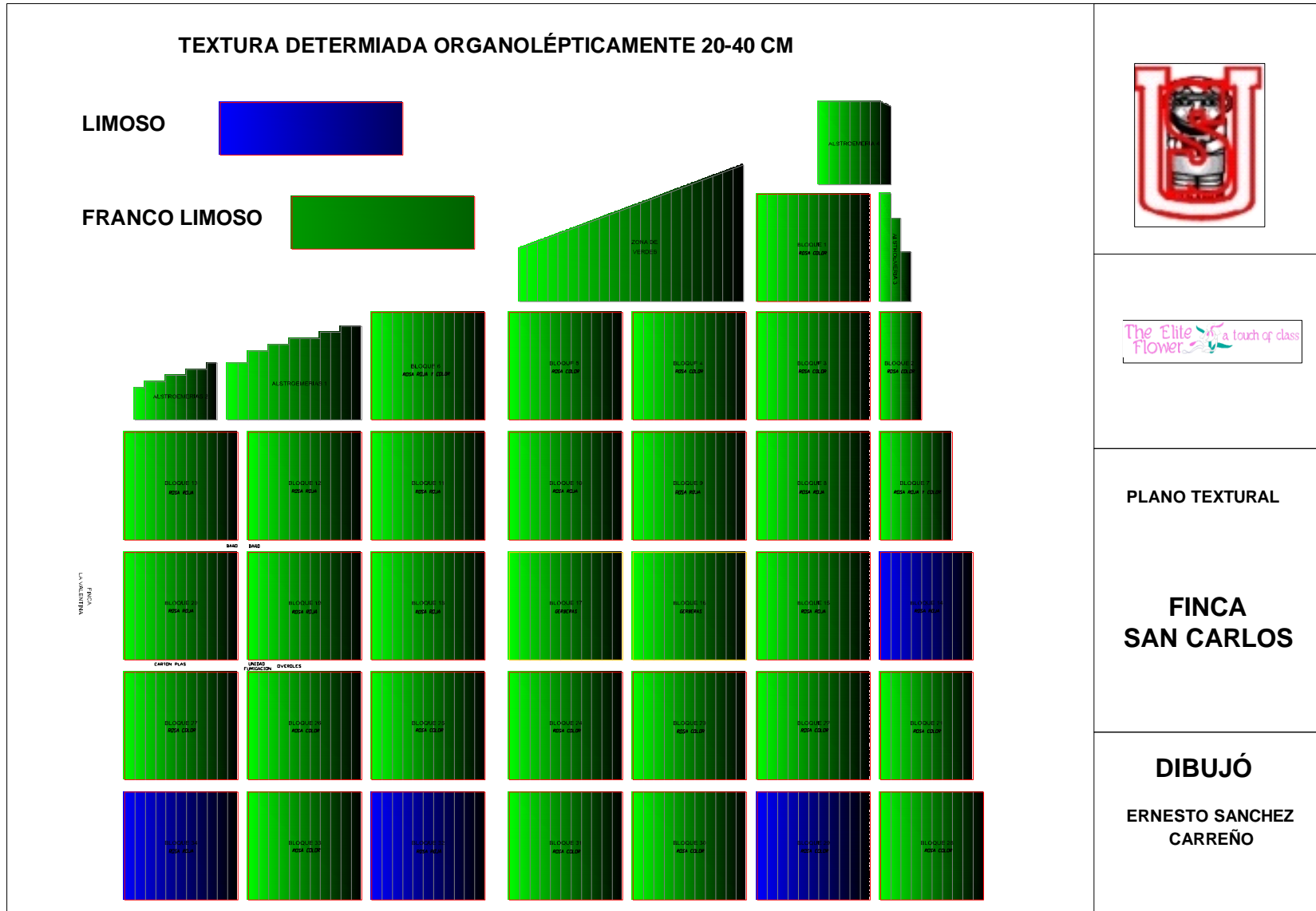


Como resultado de estas pruebas se obtuvo los siguientes planos texturales:

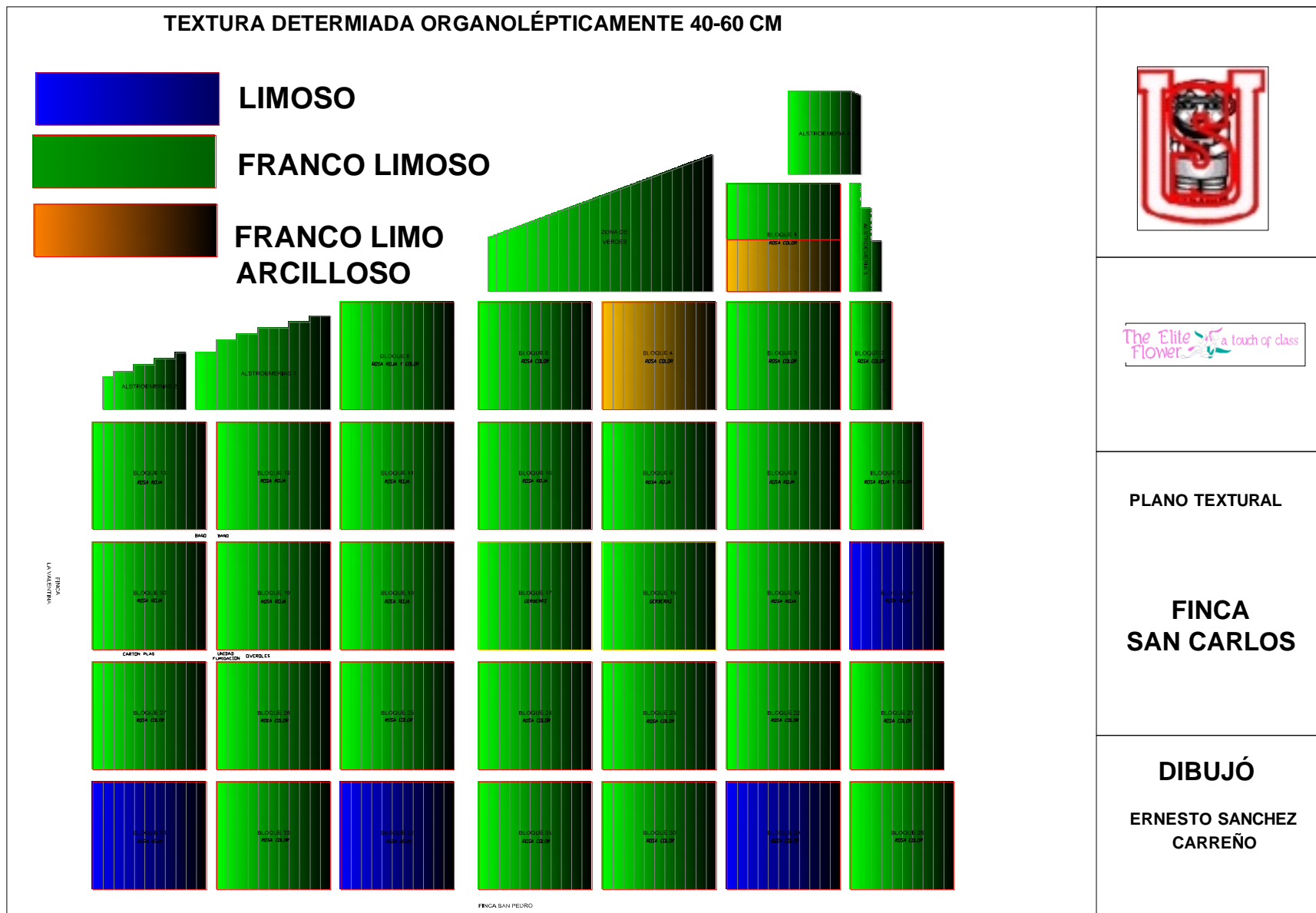
Plano 3: Plano textural de la finca San Carlos entre 0 – 20 cm de profundidad.



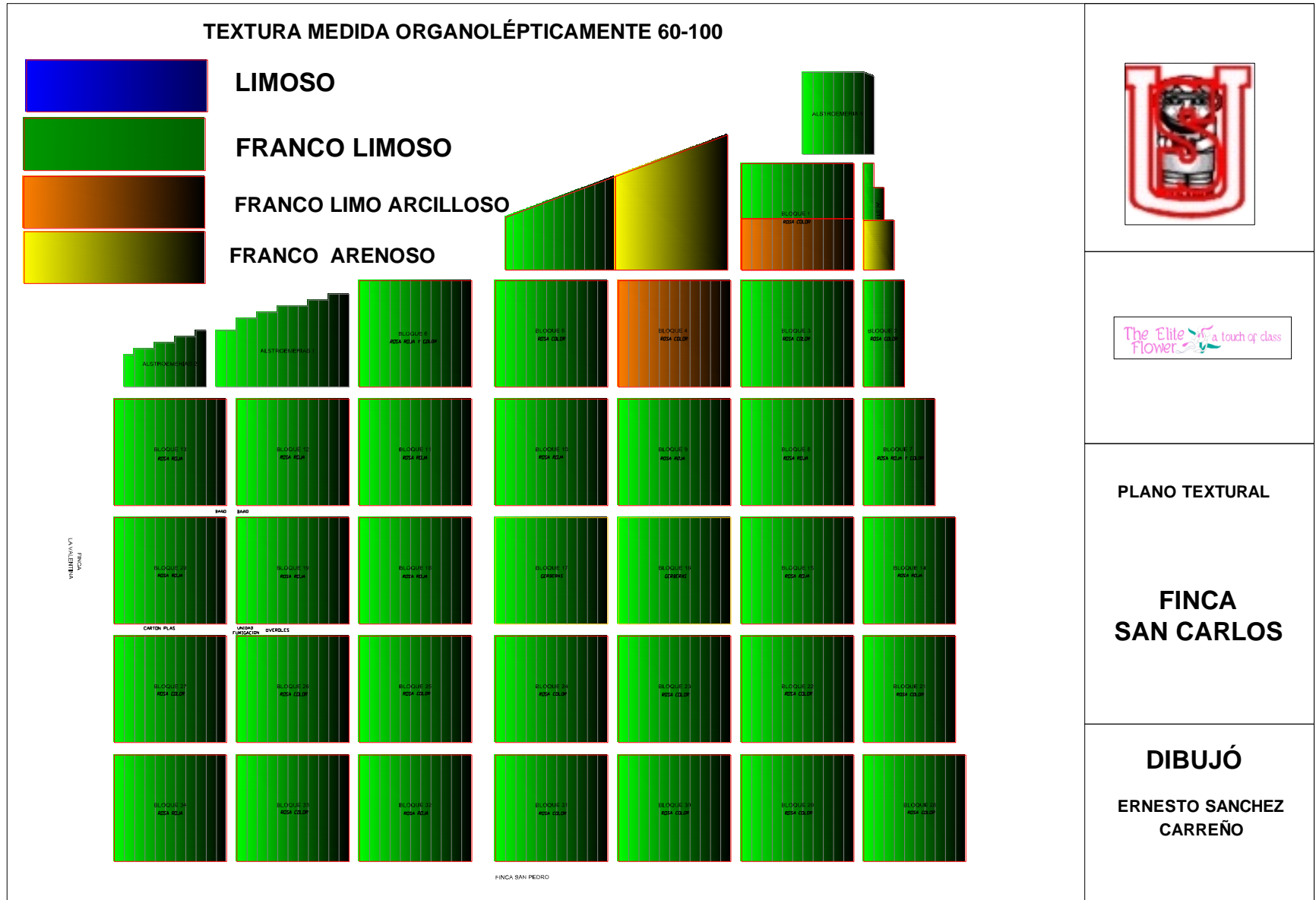
Plano 4: Plano textural de la finca San Carlos entre 20 – 40 cm de profundidad.



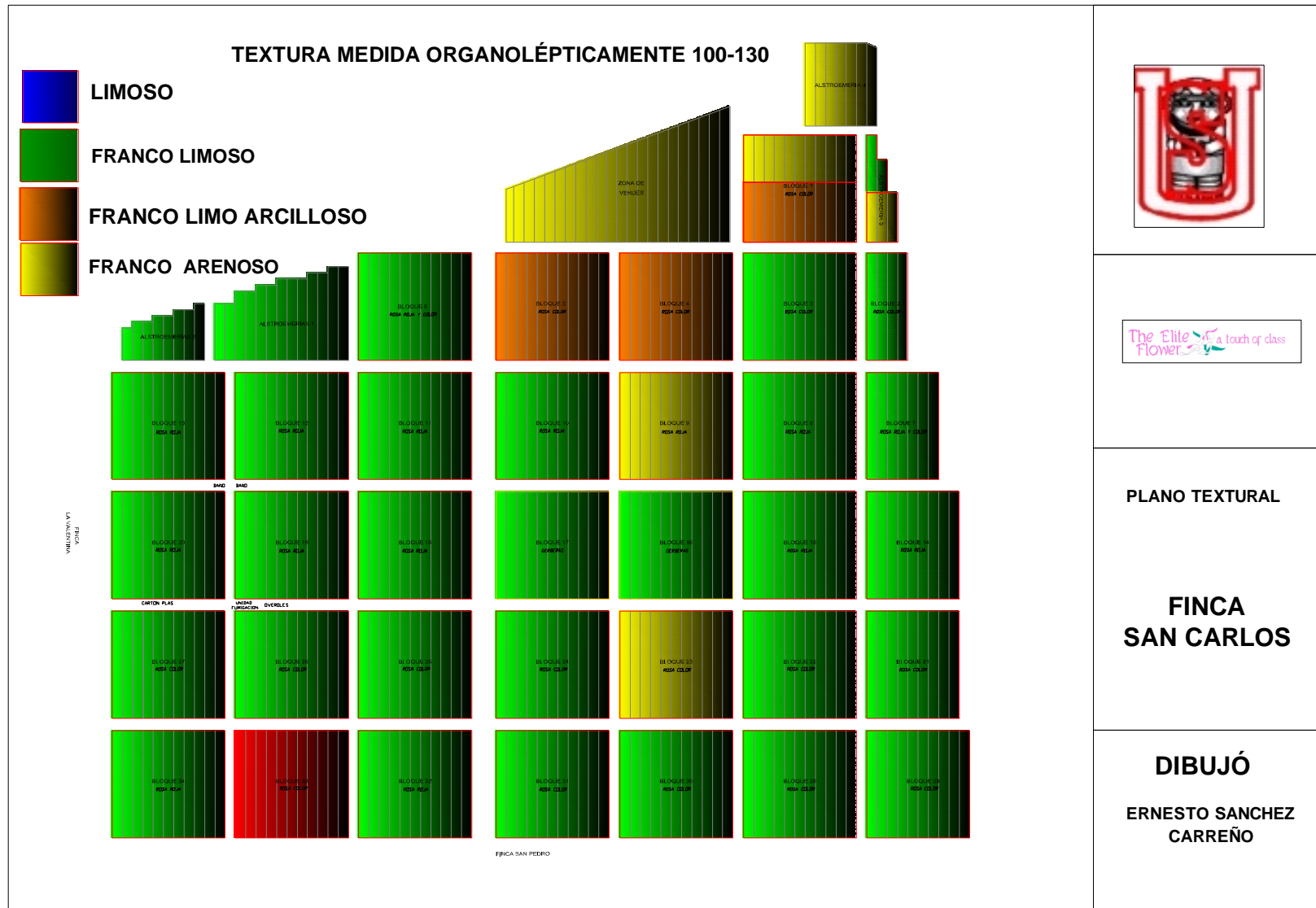
Plano 5: Plano textural de la finca San Carlos entre 40 – 60 cm de profundidad.



Plano 6: Plano textural de la finca San Carlos entre 60 – 100 cm de profundidad.



Plano 7: Plano textural de la finca San Carlos entre 100 – 130 cm de profundidad.




The Elite Flower *with a touch of class*

PLANO TEXTURAL

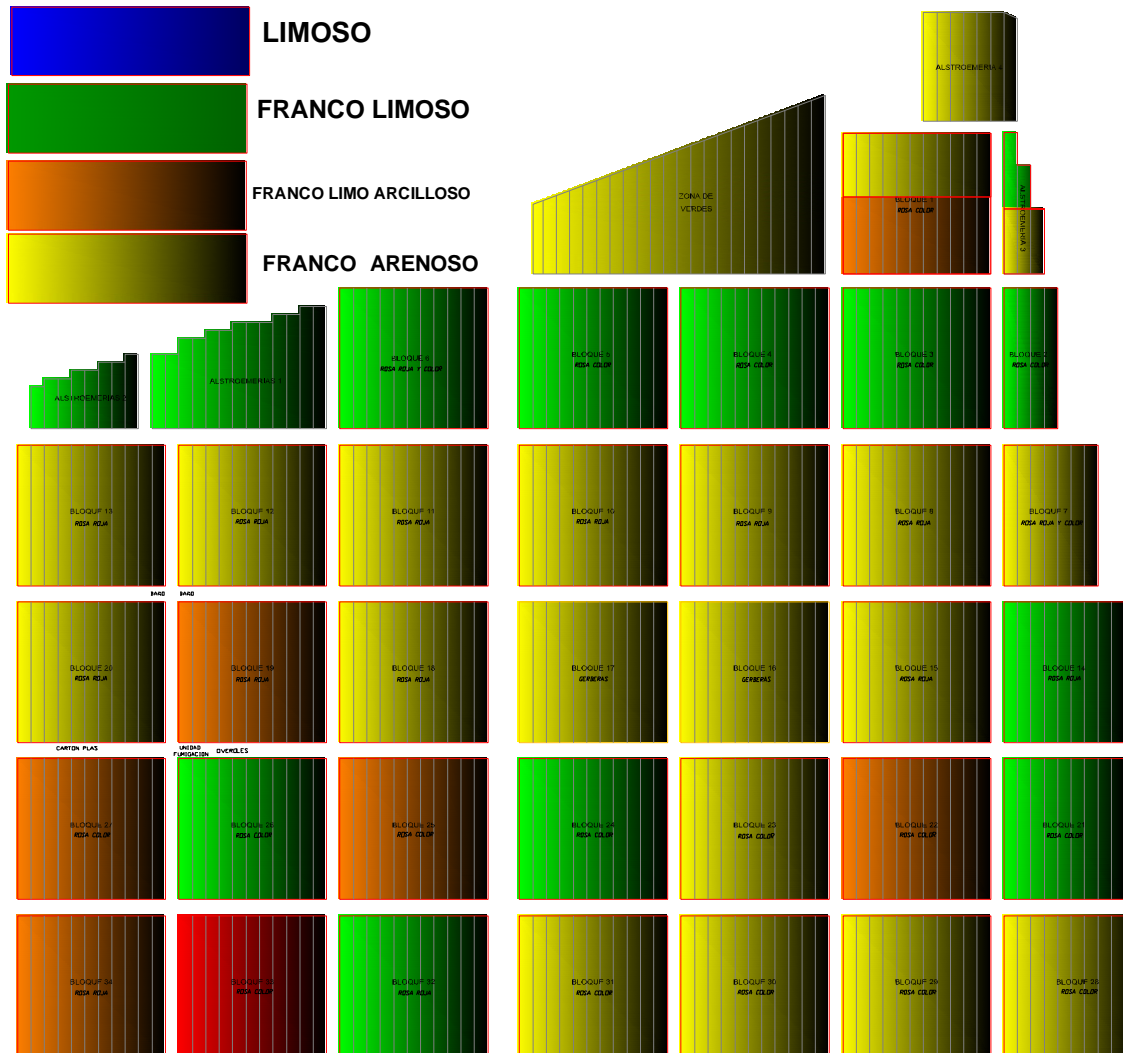
FINCA
SAN CARLOS

DIBUJÓ

ERNESTO SANCHEZ
CARREÑO

Plano 8: Plano textural de la finca San Carlos entre 130 – 150 cm de profundidad.

TEXTURA MEDIDA ORGANOLÉPTICAMENTE 130-150



PLANO TEXTURAL

**FINCA
SAN CARLOS**

DIBUJÓ

**ERNESTO SANCHEZ
CARREÑO**

Plano 9: Plano textural de la finca San Carlos entre 0 – 60 cm de profundidad.

TEXTURA MEDIDA ORGANOLÉPTICAMENTE 0-60

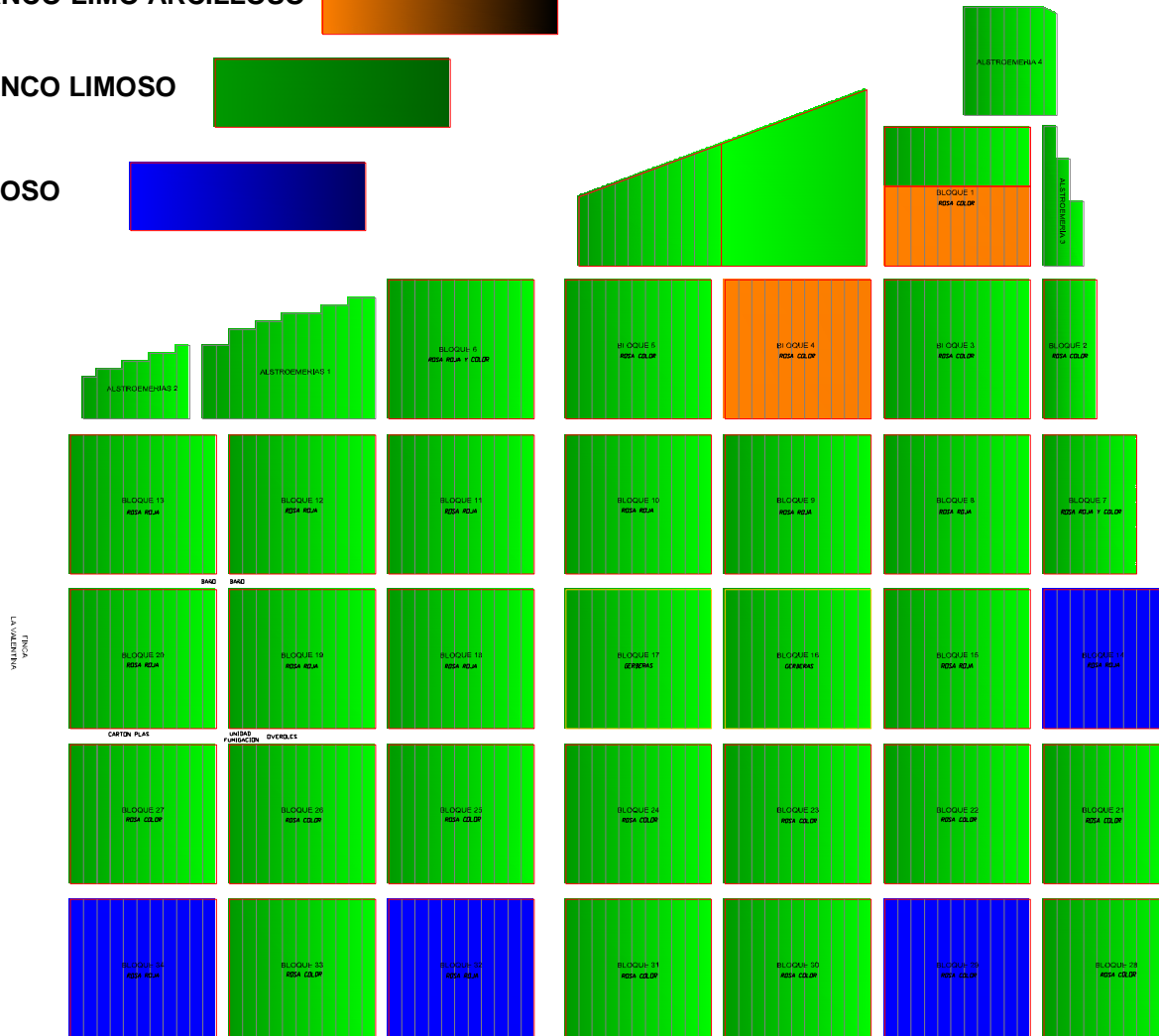
FRANCO LIMO ARCILLOSO



FRANCO LIMOSO



LIMOSO




PLANO TEXTURAL

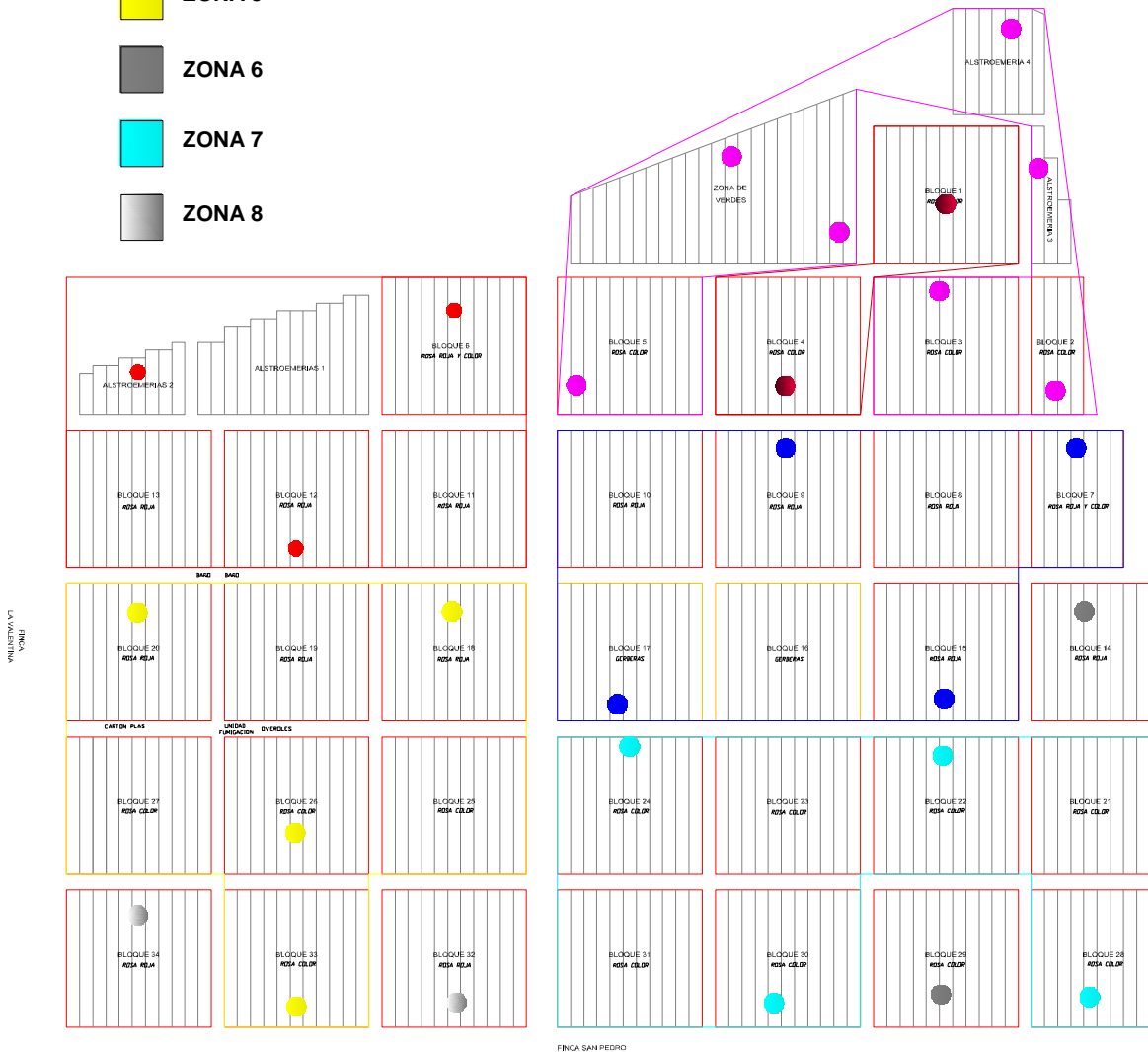
**FINCA
SAN CARLOS**

**DIBUJÓ
ERNESTO SANCHEZ
CARREÑO**

Plano 10: Plano zonas y puntos para recolección de muestras para ser llevadas al laboratorio.

-  ZONA 1
-  ZONA 2
-  ZONA 3
-  ZONA 4

-  ZONA 5
-  ZONA 6
-  ZONA 7
-  ZONA 8



The Elite Flower *a touch of class*

**ZONAS Y PUNTOS
TOMA DE
MUESTRAS**

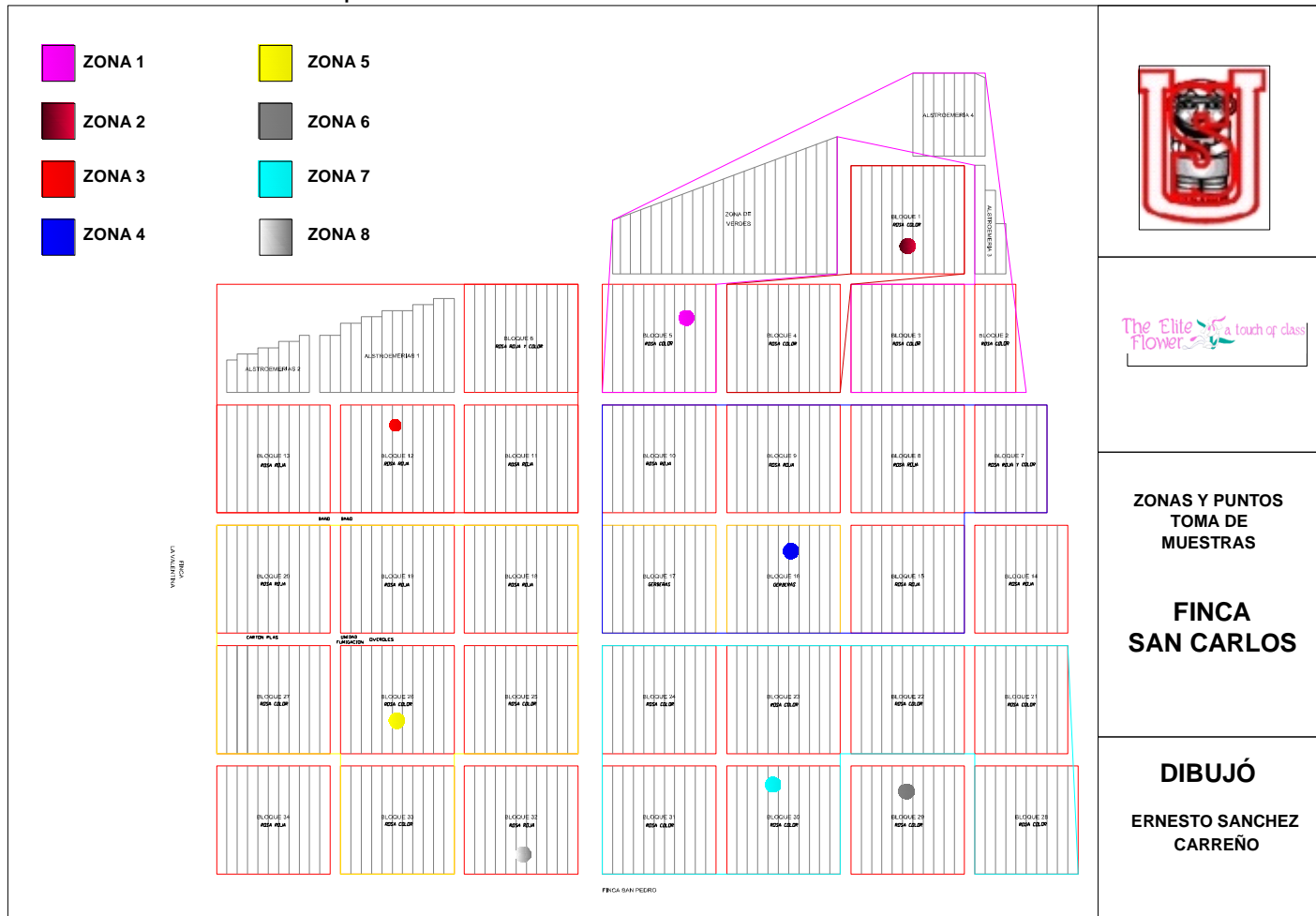
**FINCA
SAN CARLOS**

**DIBUJÓ
ERNESTO SANCHEZ
CARREÑO**

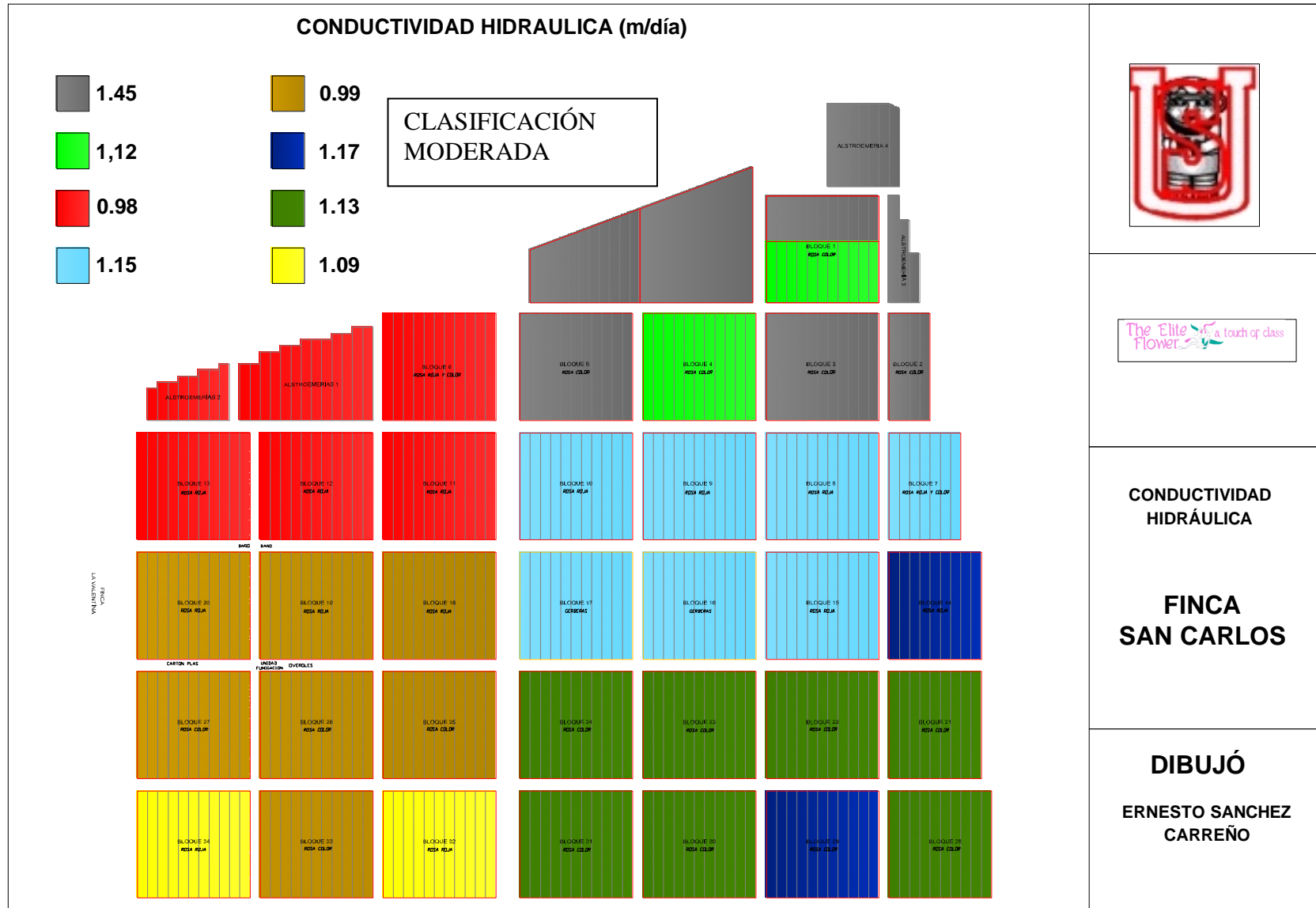
4.2.3 Conductividad hidráulica.

Se realizó una prueba de conductividad hidráulica a 60 cm en cada zona o grupo de bloques con características edáficas homogéneas, tal y como se ilustra en el plano 11: Plano ubicación de pruebas de conductividad hidráulica.

Plano 11: Plano ubicación de pruebas de conductividad hidráulica.



Plano 12: Conductividad hidráulica en la finca San Carlos



The Elite Flower a touch of class

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

FINCA SAN CARLOS

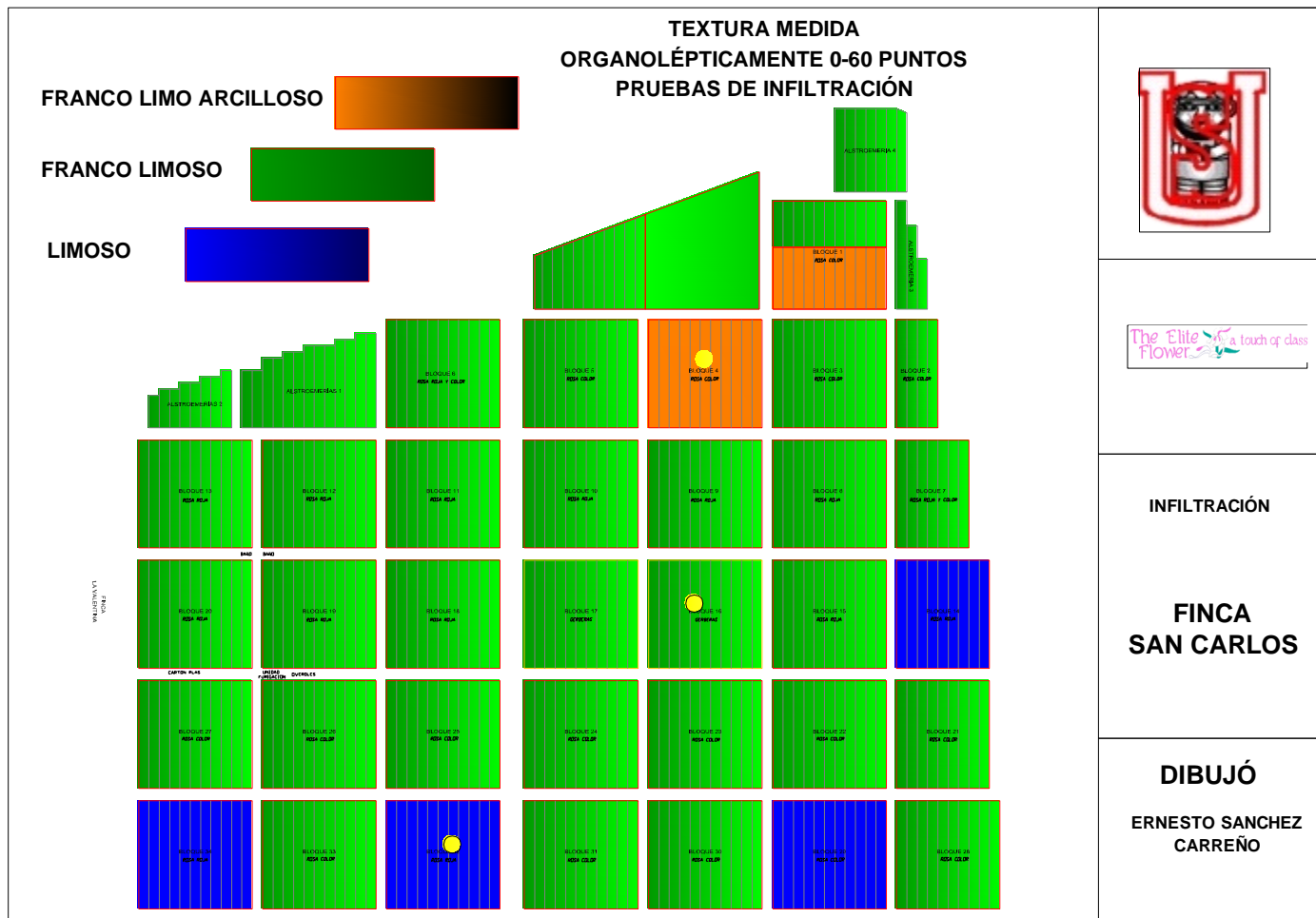
DIBUJÓ

ERNESTO SANCHEZ CARREÑO

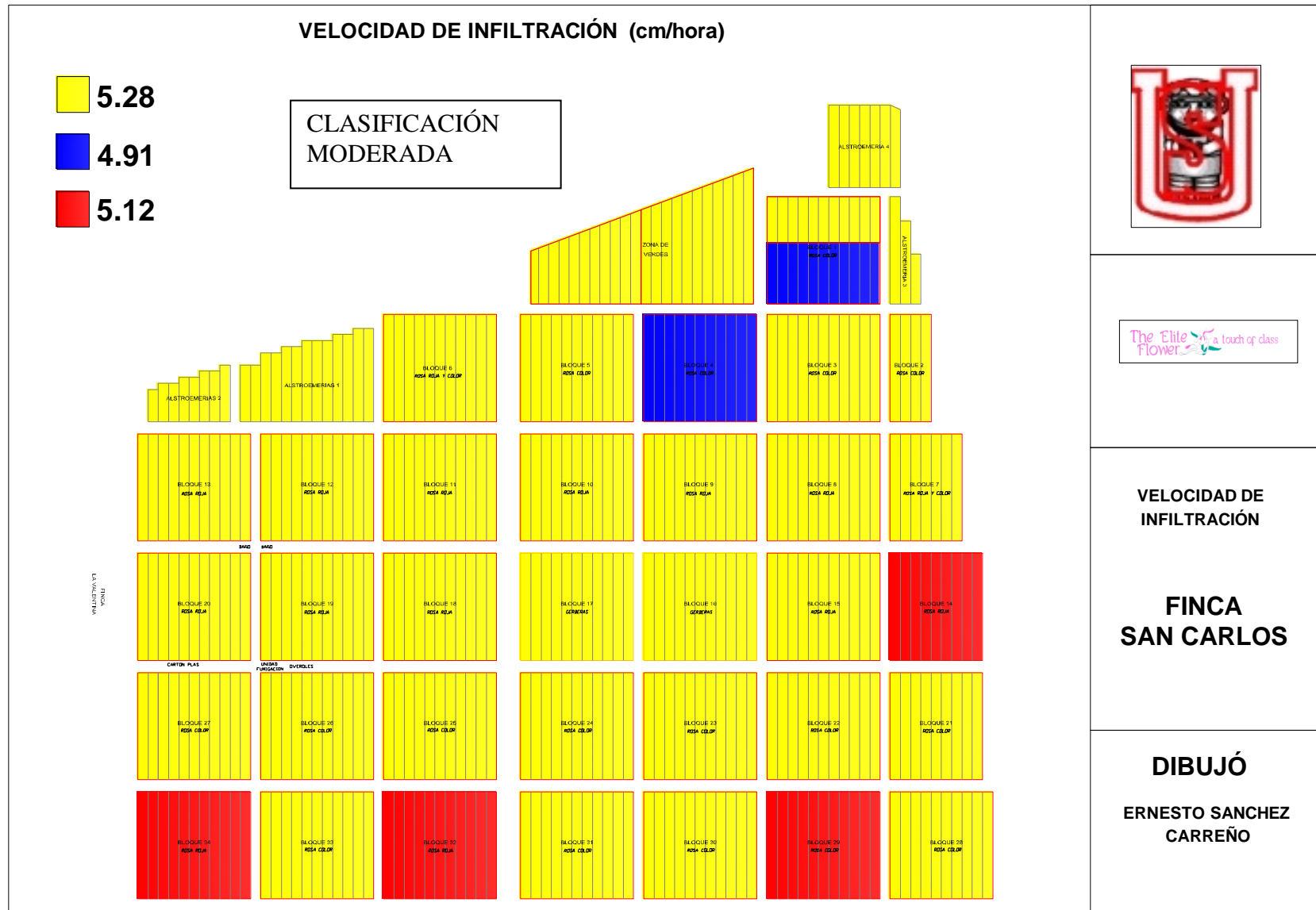
4.2.4 Infiltración

Se realizaron 3 pruebas de infiltración, una por cada tipo de suelo en los puntos especificados en el plano 13: ubicación de las pruebas de infiltración.

Plano 13: Ubicación pruebas de infiltración



Plano 14: Velocidad de infiltración de la finca San Carlos.



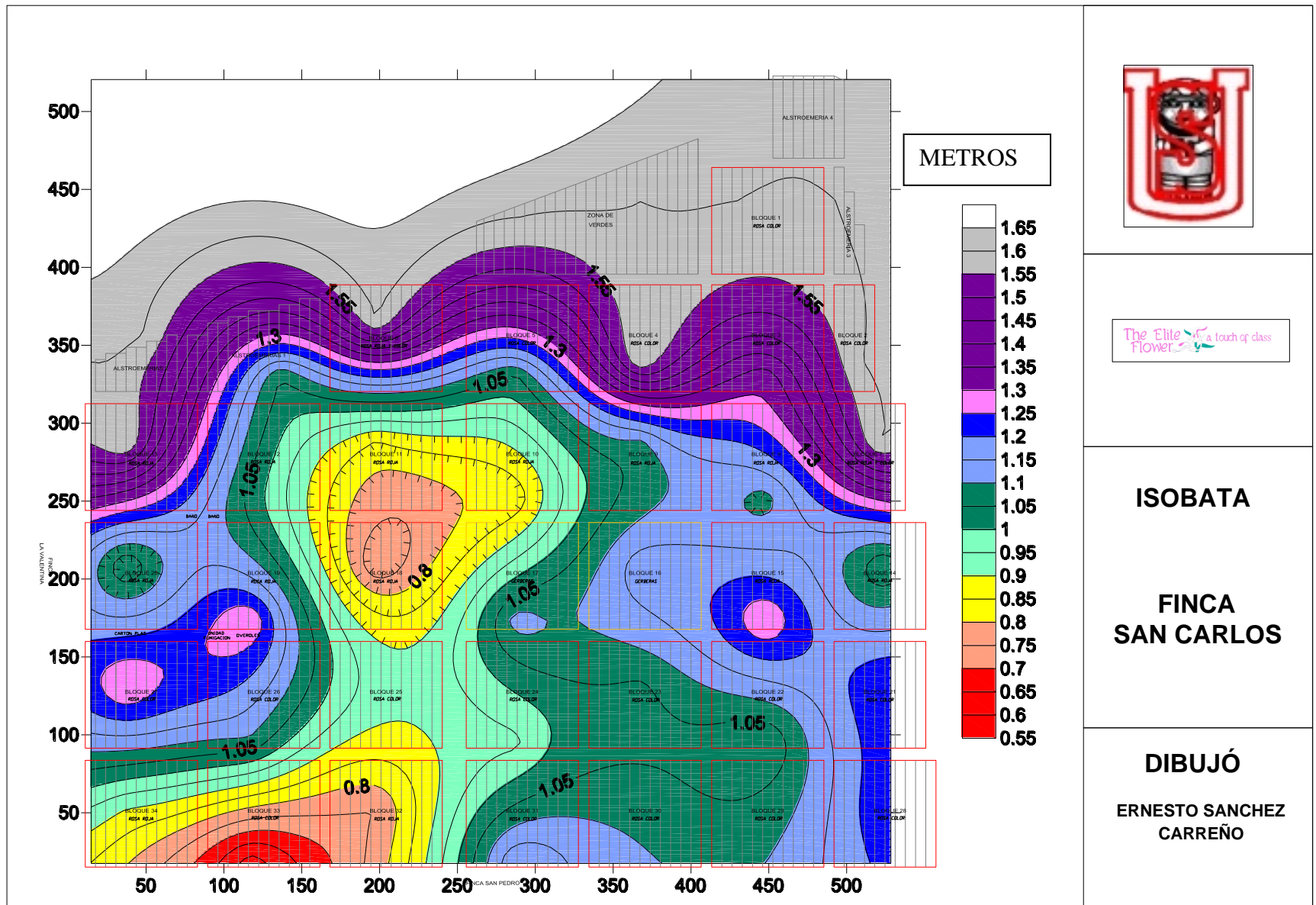
4.2.5 Estudio de freaticimetría

En cada punto de caracterización de perfil donde se encontró agua freática a menos de 1.5 m de profundidad se instaló un piezómetro, tal y como se muestra en el plano 15: Plano piezómetros instalados en la finca Can Carlos.

Plano 15: Plano piezómetros instalados en la finca Can Carlos.



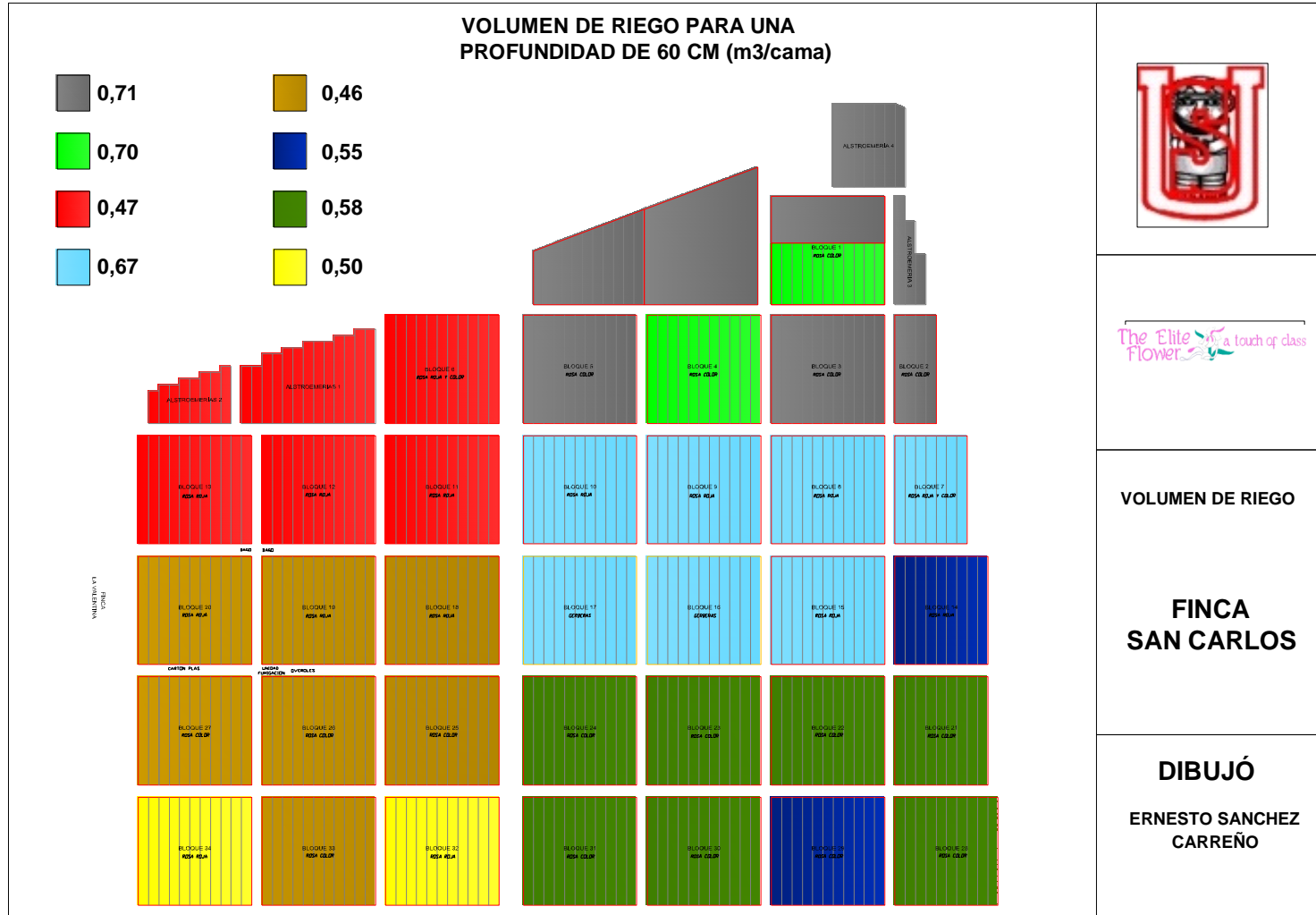
Plano 16: plano de isobatas del nivel freático de la finca San Carlos.



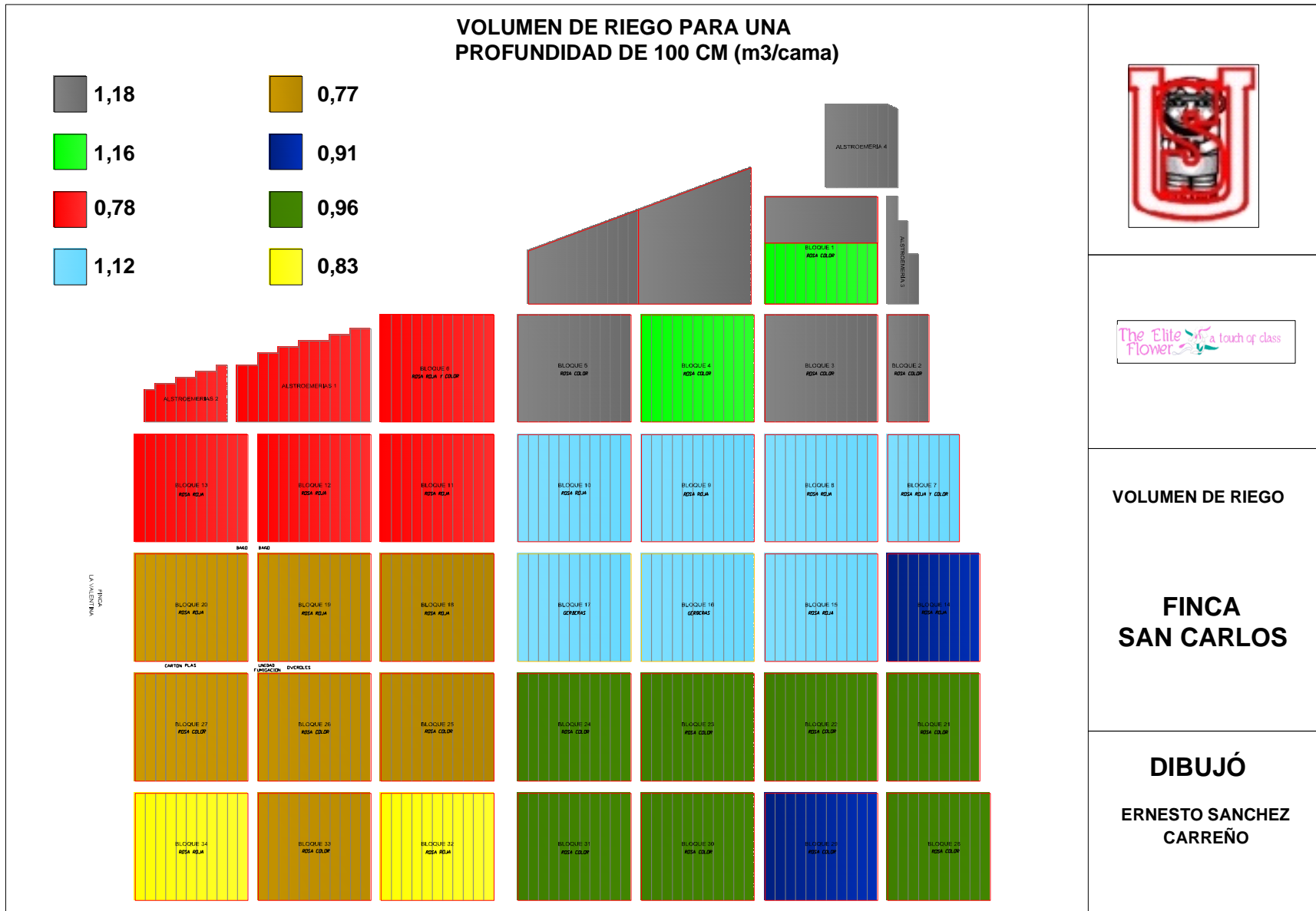
4.2.6 Volúmenes de riego

Con los resultados del laboratorio de densidad aparente y curva de retención de humedad se calculó el volumen de riego aplicar por cama en m³

Plano 17: Volúmenes de riego en m³/cama para una profundidad de 60 cm.



Plano 18: Volúmenes de riego en m3/cama para una profundidad de 100 cm.

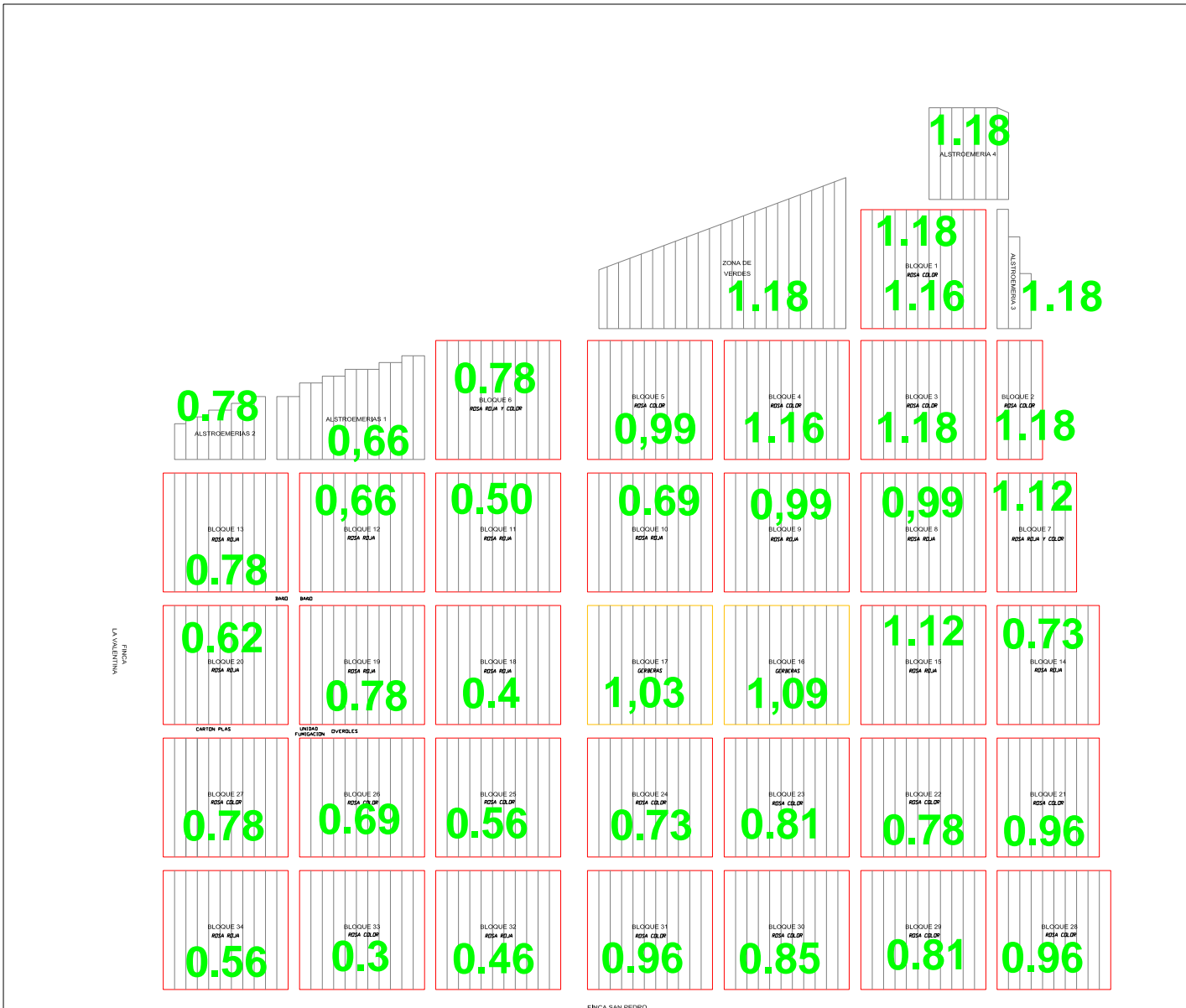


VOLUMEN DE RIEGO

**FINCA
SAN CARLOS**

**DIBUJÓ
ERNESTO SANCHEZ
CARREÑO**

Plano 19: Volúmenes de riego en m3/cama teniendo en cuenta el nivel freático.



VOLÚMENES DE RIEGO M3/CAMA

FINCA SAN CARLOS

**DIBUJÓ
ERNESTO SANCHEZ CARREÑO**

5. CONCLUSIONES

5.1 DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN CULTIVO COMERCIAL ROSA VARIEDAD FREEDOM INTEGRANDO TRES METODOLOGÍAS DIFERENTES (TENSIOMETRÍA, LISIMETRÍA Y TANQUE EVAPORÍMETRO TIPO “A”)

- Según la metodología del Tanque Evaporímetro Tipo A, los volúmenes de riego óptimos para el cultivo comercial de Rosa variedad Freedom se encuentran en el rango de los 600 – 550 Lt/cama.
- Los porcentajes de drenaje en el lisímetro indican que las láminas de riego manejadas por la compañía (1 m³/cama) son excesivas en un 40% a 60 cm de profundidad (Profundidad efectiva radicular del cultivo de rosa). Sin embargo si se desea humedecer un perfil mayor de suelo, se pueden manejar volúmenes entre 1 m³/cama y 0,8 m³/cama.
- Las láminas de riego que aseguran un porcentaje de drenaje menor al 20% a una profundidad de 60 cm son aquellas menores o iguales a 600 Lt/cama.
- De la correlación estadística se puede concluir que los volúmenes de riego aplicados en la compañía son superiores a los calculados por Lisimetría y Tanque evaporímetro Tipo A.

5.2 CARACTERIZACION Y DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION, CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA Y NIVELES FREATICOS DE LOS SUELOS DE LA FINCA SAN CARLOS

- Los suelos de la finca San Carlos presentan texturas francas y franco limosas de 0 a 60 cm de profundidad.
- Se encuentran diferencias texturales a profundidades mayores a 100 cm donde predominan las arenas.
- La finca San Carlos cuenta con suelos con altos contenidos de materia orgánica y excelente porosidad.
- La conductividad hidráulica y la velocidad de infiltración de los suelos de la finca San Carlos es moderada, lo que indica alta porosidad y a su vez alta capacidad de retención de humedad.
- Los volúmenes de riego manejados por la compañía (1 m³/cama), no son adecuados para todos los bloques, esto es debido a sus propiedades edáficas y la presencia de aguas freáticas.

6. RECOMENDACIONES

6.1 DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN CULTIVO COMERCIAL ROSA VARIEDAD FREEDOM INTEGRANDO TRES METODOLOGÍAS DIFERENTES (TENSIOMETRÍA, LISIMETRÍA Y TANQUE EVAPORÍMETRO TIPO “A”)

- Es importante tener en cuenta que no solo influye el cultivo y las condiciones hidroclimáticas en el régimen de riego sino también las condiciones edáficas, por esto es recomendable realizar determinaciones de propiedades físicas de los suelos y estudios de freaticimetría, ya que esta información interviene directamente en el cálculo del riego.
- Se recomienda realizar una calibración de los tensiómetros ubicados en campo con la curva de retención de humedad del suelo donde se encuentran instalados.
- Para monitorear porcentajes de drenaje, conductividad eléctrica y nitratos a un metro de profundidad, se sugiere instalar un lisímetro con esta dimensión.
- Realizar una calicata de 2 m de profundidad para efectuar monitoreos 2:1 a través del perfil.
- Continuar el ensayo evaluando variables de producción y calidad para establecer si existen diferencias significativas entre los volúmenes manejados por la compañía y los volúmenes calculados por Tanque Evaporímetro Tipo A

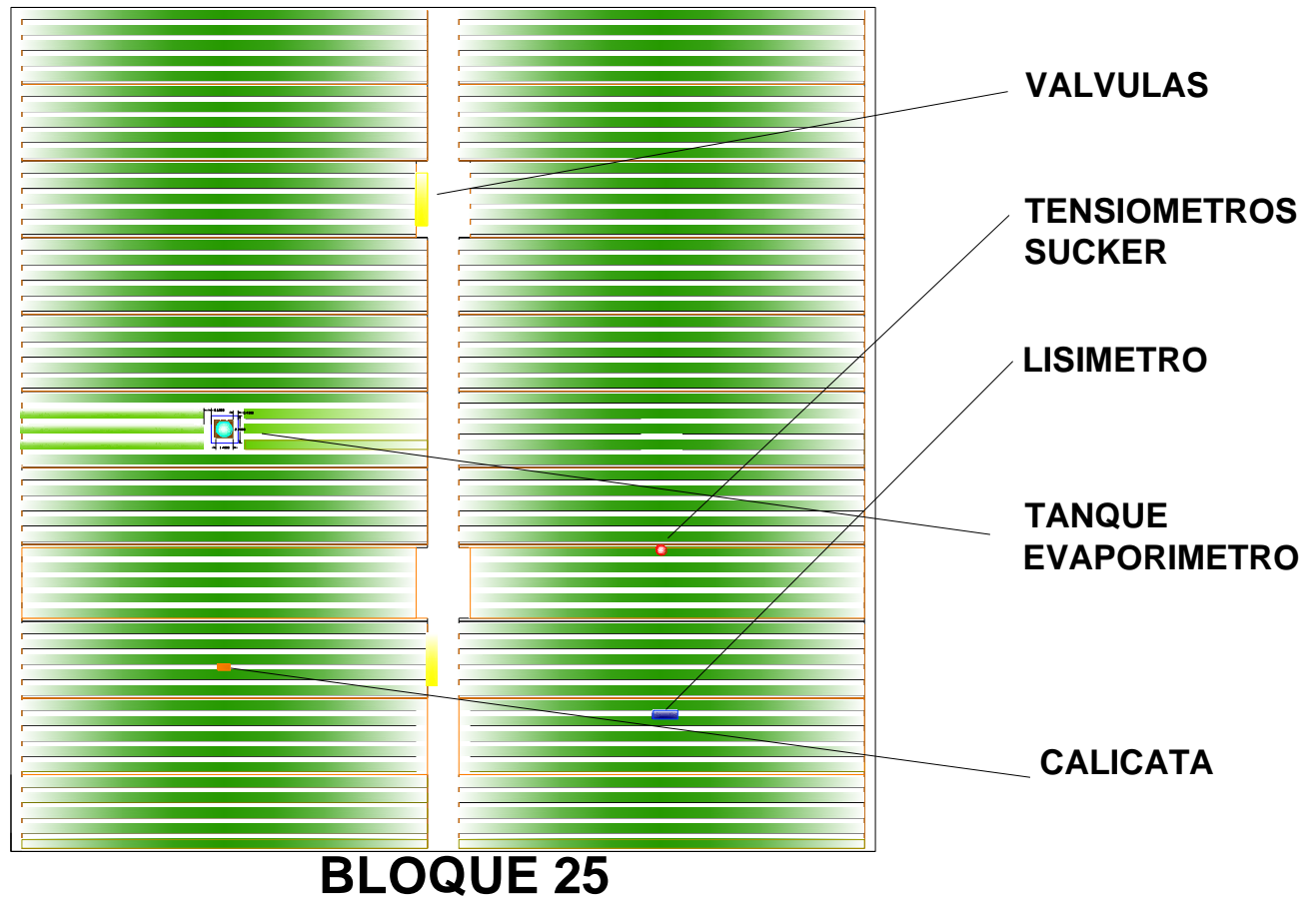
6.2 CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN, CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA Y NIVELES FREATICOS DE LOS SUELOS DE LA FINCA SAN CARLOS

- Realizar estas caracterizaciones, determinaciones de propiedades físicas en laboratorio y estudios de freaticimetría para determinar láminas de riego óptimas en las otras fincas de la compañía.
- Se recomienda calibrar los tensiómetros ubicados en campo con la curva de retención de humedad determinada en laboratorio del suelo donde se encuentran instalados.

7. BIBLIOGRAFIA

- WIKIPEDIA, Rosa. 2009, <http://es.wikipedia.org/wiki/rosa>. Consultado: 15 de Septiembre de 2009.
- AVIDAN, Alvert, Determinación del régimen del riego de los cultivos, Fascículo 2: La Evapotranspiración de los cultivos, Ministerio de Agricultura, Estado de Israel. Pág: 9-58.
- FAO, Evapotranspiración Del cultivo, Estudio FAO riego y drenaje. Pág: 3,13,78
- AVIDAN, Alvert, Determinación del régimen del riego de los cultivos, Fascículo 1: Factores que influyen sobre el régimen del riego, Ministerio de Agricultura, Estado de Israel, Pág: 1-13, 24
- PIZARRO, Fernando, Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos, Cap 2; Editora Agrícola Española, Madrid. 1978. Pág 47-68
- ESMERAL, Yullayma. Evaporación real en el cultivo de rosa bajo invernadero. 2009. Consultado el 1 de Noviembre de 2009. http://ceer.isa.utl.pt/cyted/2008/guatemala/ponencias_alunos/YEsmeral_tem a1.pdf
- JACOBS, M. Consumo de agua y frecuencia de riego de un cultivo de rosas bajo invernadero en un sistema hidropónico. 2000. Consultado el 1 de Noviembre de 2009. <http://www.inta.gov.ar/esquel/info/documentos/agricola/jornadasfloricultura/13rosas.pdf>
- CALDERON, Felipe. Análisis físico de suelos. 1999. Consultado el 1 de Noviembre de 2009. http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_Fisico_de_Suelos/Analisis_Textura.htm

Anexo B: Plano Bloque 25 y ubicación de tratamientos



Anexo C: Tablas de Coeficiente de cultivo

Tabla C1: Coeficientes de cultivo Kc: FAO

Fase inicial: 0.3-0.4

Fase desarrollo: 0.7-0.8

Fase mediados: 1 -1.3

Fase final: 0.7 – 0.8