



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**TESIS**

**“Mejoramiento de la eficiencia de riego mediante un sistema presurizado por aspersión para el complejo deportivo San Juan Masias de la ciudad de Lambayeque”**

*Para optar el título profesional de:*

*INGENIERO AGRÍCOLA*

Presentado por:

Bach. César Leonardo Jiménez Estrada

Asesor:

Dr. Juan Manuel Saavedra Tineo

Lambayeque -Perú  
2020



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**TESIS**

**“Mejoramiento de la eficiencia de riego mediante un sistema presurizado por aspersión para el complejo deportivo San Juan Masias de la ciudad de Lambayeque”**

*Para optar el título profesional de:*

*INGENIERO AGRÍCOLA*

Presentado por:

Bach. César Leonardo Jiménez Estrada

Aprobado por:

M.Sc. Victoriano Celis Jiménez  
Presidente

  
Ing. José Arturo Solórzano Gonzales  
Secretario

Ing. Jannier Avelino Sánchez Ayén  
Vocal

  
Dr. Juan Manuel Saavedra Tineo  
Patrocinador.

## **DEDICATORIA**

Este logro va dirigido a Dios y mis padres, a Dios por regalarme salud, vida y una magnífica familia y a mis padres por brindarme el apoyo y lo necesario para poder obtener esta meta que no es más que un primer paso en este mundo de competencias, ellos son los pilares de mi vida y todo logro que obtenga será gracias a ellos.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios en primer lugar por darme la oportunidad de estudiar esta hermosa carrera que quiero desempeñar con mucho anhelo y a mis padres por apoyarme incondicionalmente y por poner mis estudios siempre como una prioridad a pesar de todo para poder seguir adelante.

A mi familia en general porque siempre se preocupó y me brindaron su apoyo desde el primer día de clases, así también a la persona que por varios años estuvo conmigo acompañándome y dándome ánimos, fuerzas y que confió en mi tanto como toda mi familia, a todos ustedes gracias y siempre que ejerza mi carrera los tendré presentes.

Al ingeniero Juan Saavedra Tineo por patrocinar mi trabajo de investigación, así como guiarme a lo largo del desarrollo de este y por su tiempo invertido.

A la facultad de Ingeniería Agrícola por brindarme el apoyo necesario para poder desarrollar mi trabajo de laboratorio y ayudarme a cumplir esta meta.

## RESUMEN

El principal motivo de la baja eficiencia de aplicación de riego es la falta de un sistema que sintetice y agilice el riego ya que hasta el momento se sigue utilizando de manera incorrecta el riego por manguera en el complejo deportivo “San Juan Masias” y teniendo como objetivo hacer un mejoramiento de la eficiencia de riego mediante un sistema presurizado por aspersión para el complejo deportivo, que es el riego adecuado para el uso del cultivo y la topografía del lugar tenemos como resultado una mejora de uso del recurso hídricos en un 46.43% para las 1.09 ha proyectadas así también hay un total de 21 aspersores con un caudal de 2.9 m<sup>3</sup>/hr, 14 aspersores con un caudal de 0.54 m<sup>3</sup>/hr y 18 aspersores con un caudal de 0.5 m<sup>3</sup>/hr; la lámina de riego bruta o final máxima es de 55.85 m<sup>3</sup>/ha/día y el dimensionamiento de la tubería primaria y el porta lateral N° 1 es de 114 mm, el porta lateral N° 2 es de 88 mm, las pérdidas que se dan en el primer turno son de 21.902 mca y las del segundo turno son de 30.346 mca; es notable la diferencia de eficiencias del método precario de riego que se utiliza al sistema presurizado propuesto, incluso se hiciera una comparación del área regada actualmente (0.67 ha) con la proyectada se tuviera un mejora del 13.61% lo cual nos da una idea de lo importante que es la tecnificación del riego para los cultivos y con esto viene de la mano la correcta operación y el respectivo mantenimiento de los equipos para alargar la vida útil de estos y que su eficiencia sea la mejor posible a lo largo del tiempo, ya que el adquirir los equipos para el sistema tiene un costo alto.

**Palabras clave:** Riego Presurizado, Eficiencia de aplicación, Diseño Agronómico, Diseño Hidráulico, Mantenimiento.

## ABSTRACT

The main reason for the low efficiency of irrigation application is the lack of a system that synthesizes and streamlines irrigation since until now, hose irrigation is still being used incorrectly in the "San Juan Masias" sports complex and having as The objective is to improve the irrigation efficiency through a pressurized sprinkler system for the sports complex, which is the appropriate irrigation for the use of the crop and the topography of the place, we have as a result an improvement in the use of water resources by 46.43% for the 1.09 ha projected thus there are also a total of 21 sprinklers with a flow rate of 2.9 m<sup>3</sup> / hr, 14 sprinklers with a flow rate of 0.54 m<sup>3</sup> / hr and 18 sprinklers with a flow rate of 0.5 m<sup>3</sup> / hr; the maximum gross or final irrigation sheet is 55.85 m<sup>3</sup>/ha/day and the dimensioning of the primary pipe and the lateral port N° 1 is 114 mm, the lateral port N° 2 is 88 mm, the losses that occur in the first shift are 21,902 mca and those of the second shift are 30,346 mca; The difference in efficiencies of the precarious irrigation method used to the proposed pressurized system is notable, even if a comparison of the currently irrigated area (0.67 ha) was made with the projected one, there was an improvement of 13.61% which gives us an idea of what It is important that the technification of irrigation for crops is and with this comes the correct operation and the respective maintenance of the equipment to extend the useful life of these and that their efficiency is the best possible over time, since acquiring the equipment for the system has a high cost.

**Keywords:** Pressurized Irrigation, Application Efficiency, Agronomic Design, Hydraulic Design, Maintenance.

## INDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPITULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.3 HIPÓTESIS.....	12
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	12
1.4.1 Objetivo General. ....	12
1.4.2 Objetivos Específicos. ....	13
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO .....	13
1.6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	13
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO .....</b>	<b>13</b>
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	13
2.2 BASES TEÓRICAS.....	16
2.2.1 Selección del método de riego. ....	16
2.2.2 Ventajas y desventajas del riego por aspersión. ....	18
2.2.3 Componentes del sistema de riego. ....	19
2.2.4 Operación y mantenimiento del sistema presurizado. ....	21
2.2.5 Bermuda Grass (Cynodon dactylon L.). ....	27
2.2.6 Agua potable como única fuente de abastecimiento. ....	29
2.2.7 La calidad de agua potable. ....	29

2.3	DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	31
<b>CAPITULO III. METODOS Y MATERIALES .....</b>		<b>32</b>
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO.....	32
3.1.1	Ubicación.....	32
3.1.2	Vías de acceso.....	33
3.1.3	Clima. ....	33
3.1.4	Uso actual del terreno. ....	33
3.1.5	Fuente de abastecimiento de agua. ....	33
3.1.6	Energía.....	34
3.2	METODOS Y MATERIALES.....	34
3.2.1	Levantamiento Topográfico. ....	34
3.2.2	Estudio de suelos. ....	35
3.2.3	Diseño Agronómico. ....	49
3.2.4	Balance Hídrico. ....	59
3.2.5	Diseño Hidráulico. ....	59
3.3	PLAN DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS. ....	63
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS.....</b>		<b>64</b>
4.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.....	64
4.2	ESTUDIO DE SUELOS.....	64
4.2.1	Muestreo del suelo. ....	64
4.2.2	Textura del suelo.....	64
4.2.3	Densidad aparente (Da). ....	67
4.2.4	Densidad real (Dr). ....	68
4.2.5	Porosidad (P). ....	69
4.2.6	Conductividad Eléctrica (CE) y PH.....	69
4.2.7	Capacidad de Campo (CC). ....	70
4.2.8	Punto de Marchitez Permanente (PMP). ....	71



4.2.9	Agua Disponible (AD).	72
4.2.10	Prueba de Infiltración de Doble Anillo.	72
4.3	DISEÑO AGRONOMICO	79
4.3.1	Evapotranspiración Potencial (Eto)	79
4.3.2	Demanda de Agua.	80
4.3.3	Oferta de Agua.	83
4.3.4	Criterios Agronómicos.	84
4.4	BALANCE HÍDRICO.	88
4.5	DISEÑO HIDRÁULICO.	90
4.5.1	Potencia de Bomba y Motor.	92
4.5.2	Volumen de Tanque de Agua.	92
4.6	Propuesta de subsano de limitaciones.	92
<b>CAPITULO V. DISCUSIÓN</b>		<b>93</b>
<b>CAPITULO VI. CONCLUSIONES</b>		<b>94</b>
<b>CAPITULO VII. RECOMENDACIONES</b>		<b>95</b>
<b>CAPITULO VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>		<b>96</b>
<b>CAPITULO IX. ANEXOS</b>		<b>99</b>
9.1	FOTOGRAFIAS.	99
9.2	PLANOS.	110

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Adaptación a los cultivos .....	16
Tabla 2. Adaptación a las características del terreno.....	17
Tabla 3. Eficiencia de riego. ....	17
Tabla 4. Indicadores de sostenibilidad. ....	17
Tabla 5. Límites máximos permisibles referenciales de los parámetros de calidad del agua potable.....	29
Tabla 6. Operacionalización de Variables.....	31
Tabla 7. Clasificación del contenido de sal del suelo. ....	40
Tabla 8. Clasificación de los rangos de PH de los suelos.....	41
Tabla 9. Características Físicas de los Suelo. ....	43
Tabla 10. PMP según textura del suelo. ....	44
Tabla 11. Valores Ea en climas áridos.....	51
Tabla 12. Tabla de valores CEe para cultivos.....	53
Tabla 13. Porcentaje de nivel de agotamiento permisible, NAP.....	55
Tabla 14. Valores de la Eda para varios CU y porcentajes de área adecuadamente regada. ....	57
Tabla 15. Proporción del agua emitida por los aspersores que llega al suelo .	57

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación departamental de la zona de estudio. ....	32
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio. ....	33
Figura 3. Triangulo textural. ....	37
Figura 4. Perfil hídrico del suelo.....	45
Figura 5. Manejo de riego .....	45
Figura 6. Marco de Riego.....	59

## INTRODUCCION

“Se estima que en el mundo existen unos 1 400 millones de km<sup>3</sup> de agua, de los cuales 35 millones (2,5 por ciento) son de agua dulce” (FAO, 2002, p.1).

A nivel regional los sistemas de riego presurizado son utilizados mayormente en agroindustriales que buscan una producción a gran escala con la menor cantidad del recurso hídrico y que cuentan con extensiones de terreno amplias, pero el porcentaje de tierras irrigadas con esta tecnología es menor a las que son regadas por riego de gravedad que se utilizan en fundos, mini fundos, parcelas y sub parcelas causando unos de los problemas más graves de salinización de suelos que viene presentando la región Lambayeque debido a las costumbres de siembra de cultivos como arroz, caña de azúcar, maíz, etc.

Ahora es cuando tenemos la responsabilidad como profesional y miembro de la sociedad de utilizar nuestro conocimiento para manejar y hacer uso eficiente en la conducción, distribución, operación y aplicación del recurso hídrico proponiendo y ejecutando diferentes proyectos y normas. El riego presurizado (70% - 90% de eficiencia) es un medio por el cual se busca optimizar la aplicación del riego a diversos cultivos aumentando el porcentaje de producción y reduciendo la cantidad de agua que se utilizaría normalmente en un sistema de riego por gravedad (10% - 40% de eficiencia); lo que se busca con este proyecto de investigación es hacer un mejor aprovechamiento del recurso hídrico y a la vez un mejoramiento a la cancha deportiva mediante el riego presurizado por aspersión

# **CAPITULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El complejo deportivo San Juan Masías ubicado en la provincia de Lambayeque cumple una función importante en la comunidad como es la recreación mediante el deporte por ende las autoridades a cargo deben preocuparse por su correcta estructuración, distribución y mantenimiento del complejo, así como de la cancha principal, que no se le riega adecuadamente y el mantenimiento es casi nulo desde hace varios años que se construyó afectando la calidad y cantidad del pasto haciendo que la cancha presente zonas “huecas” donde no crezca este forraje.

Se necesita hacer diversos estudios para determinar los diferentes parámetros necesarios para establecer y diseñar un sistema de riego presurizado eficaz acorde al cultivo (Grass Bermuda), suelo, clima y disposición de agua con una adecuada operación y mantenimiento para que sea sostenible en el tiempo aumentando así la eficiencia de aplicación de agua y haciendo que el Grass de la cancha deportiva aumente en cantidad y calidad, y este óptimo para su uso.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué forma se puede mejorar la eficiencia de aplicación de riego del complejo deportivo San Juan Masías?

## **1.3 HIPÓTESIS**

La aplicación de la lámina de agua a través de un sistema de riego presurizado por aspersión mejora la eficiencia de riego y calidad del cultivo.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo General.**

- ✓ Mejoramiento de la eficiencia de riego mediante un sistema presurizado por aspersión para el complejo deportivo San Juan Masías de la ciudad de Lambayeque.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- ✓ Elaborar un balance hídrico del antes y después para determinar eficiencias de aplicación.
- ✓ Elaborar el diseño agronómico e hidráulico del riego presurizado por aspersión.
- ✓ Recomendar la operación y mantenimiento del sistema.

#### **1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO**

La escasez hídrica a nivel nacional no es un problema acentuado en varias partes del mundo actualmente pero se prevé que a futuro la disponibilidad de este recurso en cantidad y calidad va ser escasa, por lo que hoy se tiene que tomar medidas para contrarrestar los efectos que los seres humanos estamos provocando, e de ahí la importancia de implementar sistemas que sean eficientes en la utilización del agua como lo es el riego presurizado que es hasta dos veces más efectivo que el riego por gravedad y en este caso el riego por manguera.

#### **1.6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

- ✓ La principal limitación está en la demora de la instalación del sistema de riego por aspersión ya que sería ideal para evaluar y comparar la eficiencia de este en la realidad con el calculado.
- ✓ No poder hacer seguimiento al trabajo de mantenimiento para comparar y evaluar la eficiencia cuando se instaló el sistema versus la eficiencia a los años posteriores.

### **CAPITULO II. MARCO TEORICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

**Takaezu (2017)** en su tesis “Diseño para la implementación de un sistema de riego tecnificado en el campamento Villa Cuajone, SOUTHERN PERÚ COPPER CORPORATION, Moquegua, Perú” para el Campamento Villa Cuajone - SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION. Tuvo como objetivo principal implementar un sistema de riego por aspersión mediante una propuesta de diseño en las áreas verdes del Campamento Villa Cuajone – Moquegua **calculando**

**primero el diseño agronómico** para calcular las necesidades hídricas del cultivo y así proponer un diseño hidráulico de riego por aspersión automatizado elaborando su respectivo mantenimiento, implementación, capacitación del personal a cargo de las áreas verdes y operación del sistema. Llegó a la conclusión que estableciendo un sistema de riego tecnificado se tiene un consumo de 211.5 m<sup>3</sup> por día frente a los 285.1 m<sup>3</sup> utilizados por el riego tradicional lo cual se refleja en un menor uso de aguas tratadas que emplea la mina, disminuyendo un 25.8 por ciento del recurso hídrico que puede ser empleado para otros fines.

**Quintana y Palomino (2017)** en su trabajo de Titulación “Diseño de sistema de riego por aspersión para el campus de la Universidad César Vallejo en la sede Lima Norte” para la Universidad Particular César Vallejo en la sede Lima Norte. Planteo como objetivo realizar el diseño de un sistema de riego a presión para las áreas verdes del campus realizando **primero el levantamiento topográfico y muestreo de suelos para luego hacer el diseño agronómico e hidráulico para el sistema de riego** por goteo y aspersión, así como la automatización del riego en jardines y elaborando el presupuesto económico del sistema de riego a presión. Finalmente se concluyó que la textura del suelo es adecuada para el cultivo propuesto y que es ligeramente salino, así como que tiene un nivel de materia orgánica medio y que el agua es de buena calidad.

**Toala, Lucio, García y Vergara (2015)** en su tesis “Diseño, Calculo y Construcción de una cancha de Futbol Implementada con Infraestructura de Riego y Drenaje en la Facultad de Ingeniería Agrícola” para la universidad técnica de Manabí facultad de ingeniería agrícola. Tuvo de objetivo calcular, diseñar e implementar una cancha de deporte con drenaje e infraestructura de riego en la facultad de ingeniería agrícola; se empezó por describir y ubicar el área del proyecto para luego hacer un **levantamiento planimétrico** y extraer muestras de suelo para determinar las características del suelo y agua, luego se diseñó y construyó la cancha del campo de futbol y se procedió a determinar la evaporación y evapotranspiración del césped para finalmente hacer el diseño agronómico e hidráulico de la cancha de futbol. Se concluyo que la incorporación de suelo limoso ayuda a favorecer el desarrollo del césped y que el suelo franco ayudo con el

drenaje de la cancha y que el pasto Bermuda Grass se ajusta al suelo garantizando el brote y poblamiento.

**Inoñan (2015)** en su tesis “Diseño de un sistema de riego por goteo **para el cultivo de café** en el sector Quebradonda – Catache – Santa Cruz – Cajamarca” para el sector Quebradonda. Tuvo como objetivo diseñar para el cultivo de café en el sector Quebradonda – Catache – Santa Cruz – Cajamarca un sistema presurizado de riego por goteo; se inició ubicando el lugar, su extensión y vías de acceso y recolectando información meteorológica, etc. Para luego hacer un levantamiento topográfico y extracción de puntos de muestreo para el respectivo estudio de suelos; se procedió hacer un balance hídrico para ver si el recurso satisface a las necesidades del cultivo para luego hacer el diseño agronómico y el diseño hidráulico. Se concluyó que en los suelos predomina la textura franco arcillosa y no tiene problemas de salinidad, así como el diseño **de un reservorio de 97 m<sup>3</sup>**.

**Ayala y Gonzales (2014)** en su tesis “**Diseño e instalación de un sistema de riego por goteo para 38.92 hectáreas** en el grupo de gestión empresarial El Progreso – Pátapo, Chiclayo” tuvo como objetivo instalar y diseñar para 38.92 ha riego presurizado por goteo para 38.92 ha, se empezó viendo la ubicación, extensión y accesibilidad para luego recurrir a la topografía y estudio de suelos, se buscó información climatológica y el lugar de acceso al agua, luego se hizo el planeamiento agronómico y planteamiento físico e hidráulico. Se concluyó que la fuente de abastecimiento de agua resultó insuficiente por lo que se recurrió al pozo IRHS N°08 que cuenta con licencia y un caudal disponible de 42.83 así como que el sistema requiere 40.67 l/s para abastecer al cultivo; la textura del suelo es Fr Aa siendo esta apta, la duración del riego es de 2.10 hr y es diario.



## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Selección del método de riego.

#### Características de los sistemas de riego.

*Tabla 1. Adaptación a los cultivos*

<b>Inundación</b>	Existen cultivos que por naturaleza aceptan este sistema de riego convencional (por ejemplo el arroz) y aquellos que se siembran en camellones o hileras teniendo espacio entre una y otra.
<b>Aspersión</b>	Hay variedades de cultivos que ocupan toda el área que se dispone o que la distancia entre plantas son pequeñas y sus raíces crecen o se desarrollan en el suelo ocupándolo completamente (ejemplo el pasto), aquí es donde se utiliza este sistema tecnificado; la eficiencia de este sistema es baja cuando se siembra en depresiones o suelos donde la pendiente es brusca al igual que plantas grandes.
<b>Microaspersión</b>	Este sistema se utiliza para cultivos de amplio espaciamiento o mejor dicho en donde sus sistemas radiculares no ocupen completamente el volumen del suelo por ejemplo guisquil, frutales, loroco, etc
<b>Goteo</b>	Este sistema se utiliza para cultivos de amplio espaciamiento o mejor dicho en donde sus sistemas radiculares no ocupen completamente el volumen del suelo por lo que el riego localizado es más productivo. La altura y forma del cultivo no tiene relevancia para este sistema. Es de utilidad si el diferencial de altura es bajo y el agua escasa.

**Fuente:** Recuperado de FAO, s.f, p.31

*Tabla 2. Adaptación a las características del terreno.*

<b>Inundación</b>	Su adaptación se ve reducida por la topografía del lugar siendo los terrenos planos o semi planos los ideales para su utilización ya que las pendientes pronunciadas pueden ocasionar erosión además de no conducir o distribuir adecuadamente el agua.
<b>Aspersión</b>	Apto para terrenos semi planos o planos puesto que conforme va aumentando la pendiente la erosión se incrementa ante el impacto de las gotas de agua. Además, el viento y la pendiente juegan en contra en la distribución uniforme del agua, puesto que dependiendo de la dirección del viento el radio de humedecimiento se verá reducido. Se recomienda emplear aspersores con boquillas de menor diámetro que tengan un radio de humedecimiento menor al igual que presión y carga para un terreno con pendiente.
<b>Microaspersión y Goteo</b>	Apto para terrenos de diferente pendiente por su buena adaptación.

**Fuente:** Recuperado de FAO, s.f, p.31

*Tabla 3. Eficiencia de riego.*

<b>Inundación</b>	<b>Aspersión</b>	<b>Microaspersión</b>	<b>Goteo</b>
40 - 65%	80 - 85%	85 - 90%	90 - 95%

**Fuente:** Recuperado de FAO, s.f, p.32

*Tabla 4. Indicadores de sostenibilidad.*

<b>Indicadores de Sostenibilidad</b>	<b>Sistema de Riego</b>		
	<b>Inundación por surcos</b>	<b>Aspersión</b>	<b>Goteo</b>
Inversión Inicial.	Baja	Mediana	Alta
Utilización de mano de obra en la operación.	Alta	Mediana	Baja
Riesgo de erosión en zonas de laderas.	Alta	Mediana	Baja
Necesidad de energía para distribuir el agua.	Baja	Alta	Mediana
Consumo de agua.	Alta	Mediana	Baja

Control de consumo de agua.	Alta	Baja	Baja
Transmisión de enfermedades.	Alta	Alta	Baja
Posibilidades de generar conflicto por el agua.	Alta	Mediana	Baja
Riesgo de ineficiencia energética.	Alta	Mediana	Baja
Posibilidades de consumo de plaguicidas.	Alta	Alta	Baja

**Fuente:** Recuperado de FAO, s.f, p.35

Teniendo en cuenta las características del cultivo (hojas alargadas y pequeñas, denso y raíces poco profundas) el uso que tendrá y la topografía del terreno el sistema de riego más adecuado es por aspersión.

### **2.2.2 Ventajas y desventajas del riego por aspersión.**

#### **Ventajas:**

- ✓ Puede adaptarse a dosis grandes como a dosis pequeñas, puesto que la dosis de riego únicamente es función del tiempo de cada postura.
- ✓ Se necesita menos mano de obra calificada, puesto que en el riego tradicional o de gravedad el usuario además del manejo del agua tiene que estar pendiente del riego.
- ✓ Existe un aprovechamiento eficaz en la utilización del terreno puesto que se prescindirá de regueras, canales y acequias que se utilizan en el riego por gravedad. Además, de conservar la fertilidad del suelo ya que no se necesita nivelar ni arar, ya sea en suelos topográficamente planos o ondulados.
- ✓ Se puede emplear en diferentes tipos de textura, desde arenosas hasta arcillosas (más de 30 mm/hr) en donde los riegos son menos abundantes y frecuentes.
- ✓ La eficacia del riego por aspersión es de un 80 por 85 por ciento, frente al 40 - 70 por ciento del riego tradicional.
- ✓ Hay una mayor posibilidad de automatizar los cultivos, puesto que se eliminan los inconvenientes propios del riego tradicional.

- ✓ Permite el reparto de fertilizantes y tratamientos fitosanitarios, así como la lucha anti helada.

#### **Desventajas:**

- ✓ Elevado costo de la instalación y de la energía necesaria para garantizar la presión del agua que será asumido por la Municipalidad Provincial de Lambayeque.
- ✓ En algunos cultivos hay un aumento de las enfermedades, debido al mojado de las plantas.
- ✓ El viento y la alta evaporación dificultan el reparto uniforme del agua.
- ✓ Algunas plantas sensibles pueden sufrir quemaduras en las hojas cuando se riega con aguas salinas.

(Hernández, 2017, p.11-12)

### **2.2.3 Componentes del sistema de riego.**

#### **Tanque de agua.**

Su función principal es almacenar agua para que al momento de necesitarla esté disponible en cantidad y no haya inconveniente en el sistema para regar el Grass, se determinará su capacidad (m<sup>3</sup>).

#### **Bomba.**

Su función es succionar e impulsar el agua contenida en el tanque por el sistema hidráulico hasta los aspersores, y su potencia se determina mediante los cálculos hechos en el diseño hidráulico y existen varios tipos:

- ✓ Centrifugas.
- ✓ Periféricas.
- ✓ Autocebantes.
- ✓ Sumergibles.
- ✓ Multirodete.

Para seleccionar una electrobomba se debe tener en consideración los siguientes parámetros.

- ✓ Presión máxima de trabajo.

- ✓ Rendimiento de la bomba.
- ✓ Precisión y seguridad de operación.
- ✓ Fácil mantenimiento.
- ✓ Máximo flujo.
- ✓ Control requerido en la fase de arranque.

### **Programador de riego automatizado.**

Su función principal es programar los días, minutos u horas a la semana en que funcionaran determinados aspersores; pueden ser a pilas o eléctricos; de interior, exterior o enterrados en las arquetas.

### **Electroválvulas.**

Estas son activadas por el programador de riego automatizado y determinan que aspersores son los que funcionaran según el lapso de tiempo que se programe ya que son las encargadas de abrir y cerrar el paso de agua en las tuberías.

### **Arquetas o llaves de paso.**

Es un depósito que va enterrado al ras del suelo y que en la parte superior cuenta con una tapa o puerta que da acceso a las electroválvulas y en algunos casos a al programador.

### **Cables.**

Conectan el programador y las electroválvulas. Debe estar doblemente o triplemente recubierto por la humedad del suelo. No hay necesidad de meterlos a un tubo ya que no es peligroso por su bajo voltaje (Lucio, Toala, Vergara y García, 2015, p.23).

### **Válvulas de aire.**

Se utilizan para aliviar presión en las tuberías y accesorios de distribución creadas por el ingreso de aire en forma de burbujas y son utilizadas en las partes más altas de las tuberías (Takaezu, 2017, p.79).

### **Válvula oblicua.**

Se utilizan por seguridad en caso de falla de la electroválvula o rotura de alguna tubería, cerrándose e impidiendo el paso del agua; se instalan en las tomas de agua controlando la presión de entrada del sistema (Takaezu, 2017, p.78).

### **Manómetros.**

Instrumento que sirve para medir presiones de líquidos o gases y en el riego presurizado generalmente se ubica en la tubería principal para chequear algún desperfecto del sistema.

### **Tuberías de PVC.**

La tubería principal, secundarias y laterales son las encargadas de distribuir el agua hacia los aspersores que irrigan el campo.

### **Piezas especiales.**

Estas piezas se utilizan principalmente para uniones, empalmes entre tuberías y en general ayudan a la distribución del sistema, entre ellas encontramos: codos, T, enlaces, reducciones, etc.

### **Aspersores pop-up.**

Su función es distribuir el agua en forma de lluvia artificial en el campo y su funcionamiento está ligado a la necesidad hídrica del cultivo y al diseño hidráulico del sistema; este sistema pop up permite al aspersor estar enterrado y con la presión del agua emerger.

La instalación de los aspersores pop up en las canchas deportivas es aceptado por la FIFA así como los cañones de riego utilizados en el estadio Ellis Park teniendo en cuenta que en los aspersores lo primordial es el nivel y profundidad de estos, además de tener la ventaja de poder humedecer la cancha de futbol antes de un partido (Lucio, Toala, Vergara y García, 2015, p.32).

## **2.2.4 Operación y mantenimiento del sistema presurizado.**

Los materiales y quipos usados en el sistema de riego por aspersión tienen una larga durabilidad e incluso pueden alcanzar una mayor vida útil si desde su construcción se instalaron, operaron y se les hizo mantenimiento correctamente,

todos estos parámetros son de importancia no solo para mantener el sistema útil sino para mantener la eficiencia de este, ya que sin un correcto mantenimiento en el tiempo, los equipos y partes del sistema se empiezan a atrofiar lentamente hasta que dejan de funcionar y el costo de reposición puede ser alto; se debe tener en cuenta los manuales de cada equipo adquirido e instalado ya que ahí se encuentran los tiempos en el que se debe realizar cada acción de mantenimiento (cambio de lubricante, cambio de empaquetaduras, limpieza, etc.) a continuación se darán recomendaciones para las actividades con los equipos.

### **Tanque de agua.**

#### **Recomendaciones para el mantenimiento:**

Aunque el agua a utilizar sea potable es necesario limpiar periódicamente el tanque de agua, puesto que el constante uso puede hacer que se acumulen microorganismos y materia orgánica; para la limpieza se utiliza la desinfección por cloración y requiere de personal capacitado para tomar las precauciones necesarias ya que incluso el vapor del cloro puede ser toxico, finalmente después de la desinfección se hace un enjuague del tanque hasta que el agua vertida en el tanque tenga los niveles aceptados de cloro.

### **Bomba.**

#### **Recomendaciones para la operación:**

- ✓ Jamás se debe hacer funcionar la bomba centrífuga en seco ya que puede ocasionar daños mecánicos.
- ✓ Es necesario que el motor eléctrico cuente con una protección por sobre corriente, independientemente del interruptor termomagnético o de cuchillas.
- ✓ La instalación debe ser únicamente realizada por un técnico calificado, muchos problemas posteriores del sistema son consecuencia de una instalación no apropiada.

#### **Recomendaciones para el mantenimiento preventivo:**

- ✓ Cambio de sellos y empaquetaduras.
- ✓ Lubricación de chumaceras y cojinetes.
- ✓ Lubricación del eje superior.

**Recomendaciones para el mantenimiento correctivo:**

- ✓ Si hay fuga cambiar el sello mecánico y empaquetadura.
- ✓ Limpiar los conductos de enfriamiento, así como la caja de empaques.
- ✓ Si la eficiencia presenta una variación del 10% es porque el impulsor presenta desgaste, por lo que se recomienda sustituirlo.
- ✓ En caso de presencia de corrosión en la tubería de descarga es primordial cambiarla para evitar fugas y se paralice el riego.

(Macias y Moreano, (2015), p.70)

**Programador de riego automatizado.****Recomendaciones para la operación:**

- ✓ En caso de subidas de tensión o caídas del equipo es necesario instalar una llave termomagnética al programador.
- ✓ Es fácil de montar e instalar.
- ✓ Sencillo de operar y programar de manera manual.

(Takaezu, 2017, p.81).

**Recomendaciones para el mantenimiento:**

- ✓ Inspección visual del programador periódicamente.
- ✓ Verificar el estado de los cables y accesorios.
- ✓ Para guardar la programación en la memoria el controlador debe estar suministrado por energía.

**Electroválvulas.****Recomendaciones para la operación:**

- ✓ Antes de regular el caudal y presión de las válvulas, la manivela del estrangulador debe encontrarse abierta.
- ✓ Existen modelos de mayores dimensiones en los cuales pueden formarse burbujas en el diafragma, por lo que integran un sistema de limpieza o purga para evitar el mal funcionamiento.
- ✓ Estas válvulas son de cierre y apertura lento, para evitar mal funcionamiento de las mismas.

(Takaezu, 2017, p.77).



**Recomendaciones para el mantenimiento preventivo:**

- ✓ Lubricación del cojinete.
- ✓ Revisión del diafragma de cierre.
- ✓ Sustitución de empaques.
- ✓ Lavado del resorte activador del diafragma.
- ✓ Lavado del cuerpo de la válvula.
- ✓ Revisión de la conexión eléctrica.

**Recomendaciones para el mantenimiento correctivo:**

- ✓ Lavar los componentes con chorros de arena o productos químicos al desmontar la válvula (limpia y aumenta la resistencia a la corrosión).
- ✓ Observar y verificar con delicadeza las partes, y decidir si hay que reemplazar las partes gastadas o reparar.
- ✓ Cada vez que se desmonte la válvula se tiene que emplear empaquetaduras nuevas e incluso tornillos para armarla, luego proceder a comprobar el funcionamiento con las especificaciones de válvulas nuevas (Macias y Moreano, (2015), p.77).

**Válvulas de aire.****Recomendaciones para la operación:**

- ✓ Verificar regularmente la operabilidad de las válvulas.
- ✓ El desfogue de la válvula debe estar descubierto todo el tiempo.
- ✓ La ubicación de las válvulas siempre será en las partes más altas de la red de tubería principal.
- ✓ La ubicación de las válvulas es vertical para optimizar el funcionamiento. (Takaazu, 2017, p.79).

**Recomendaciones para el mantenimiento:**

- ✓ No debe existir pérdidas de agua por lo que el sellado de la empaquetadura deber ser el correcto para su correcto funcionamiento.
- ✓ Se debe reemplazar la válvula de aire si se pierden las juntas tóricas (Takaazu, 2017, p.80).

### **Válvula oblicua.**

#### **Recomendaciones para la operación:**

- ✓ Comprobar al momento del funcionamiento del sistema de riego que el manubrio de la válvula este completamente abierto. Después regular a la presión adecuada.
- ✓ Se debe comprobar que no existan posibles fugas en las conexiones para evitar pérdidas de presión y agua.
- ✓ Comprobar el sentido de la instalación para su optima operabilidad.
- ✓ Si existen algún desperfecto de la válvula al operar o manipular, evitar forzarla e investigar el problema

(Takaezu, 2017, p.78).

#### **Recomendaciones para el mantenimiento:**

- ✓ Podemos evitar la resequedad lubricando los anillos de asiento.
- ✓ Las juntas tóricas se deben manipular con cuidado al momento de darle mantenimiento a la válvula, para prevenir fugas.

(Takaezu, 2017, p.79).

### **Tuberías de PVC.**

#### **Recomendaciones para la operación:**

- ✓ Comprobar y eliminar posibles burbujas o aire en las tuberías con válvulas de aire y así no tendremos rotura de tuberías o sobre presiones.
- ✓ Las válvulas se aperturan poco a poco al momento de llenar lentamente las tuberías con agua. (Takaezu, 2017, p.76).

#### **Recomendaciones para el mantenimiento:**

- ✓ Desprender o eliminar posibles residuos que puedan obstruir los aspersores mediante la limpieza de las tuberías de conducción.
- ✓ Con el fin de facilitar el mantenimiento de las tuberías se debe colocar una válvula de purga al final de estas.
- ✓ Es recomendable hacer un lavado de tuberías para evitar taponamientos debido a residuos acumulados, tanto en laterales como

en tuberías matrices, para esto se abre la válvula de purga y se deja escurrir el agua por varios segundos.

- ✓ El correcto almacenamiento de las tuberías debe ser en lugares que estén cubiertos del sol.

(Takaezu, 2017, p.76).

### **Aspersores pop-up.**

#### **Recomendaciones para la operación:**

- ✓ Prevenir la instalación y riego en zonas donde la velocidad del viento sea superior a los 2m/seg.
- ✓ Operar y verificar que el sistema este trabajando con las presiones adecuadas.
- ✓ Limpiar la suciedad o partículas que impidan el correcto funcionamiento de las boquillas del aspersor.
- ✓ Se debe evitar bajas de presión y fugas ajustando correctamente la boquilla.

#### **Recomendaciones para el mantenimiento:**

- ✓ Cambiar las boquillas cada 2 años de uso, ya que en este periodo de uso las boquillas sufren desgastes por lo que es de suma importancia cambiarlas para evitar que el consumo de agua aumente.
- ✓ Luego de dos años de uso es necesario reemplazar las juntas de goma.
- ✓ Es de suma importancia tener un cuidado minucioso en los resortes, hay que revisarlos y ajustarlos cada tres meses ya que estos pueden sufrir estiramientos o ruptura y evitarían que el vástago trabaje normalmente.

(Macias y Moreano, (2015), p.79)

- ✓ Comprobar si hay algún tipo de taponamiento en las boquillas.
- ✓ Comprobar el estado del vástago, si se encuentra dañado es recomendable reemplazar el emisor de riego.

### **2.2.5 Bermuda Grass (*Cynodon dactylon* L.).**

También denominada grama fina, gramilla, hierba fina, bremura, zacate china. Esta variedad es resistente a la aridez, a las heladas y es buena estabilizante de arenales. Esta planta se emplea para la producción de hierba y también el pastoreo (Carranza, 2016, p.10).

#### **Características fundamentales:**

- ✓ Soportar siegas sistemáticas y frecuentes.
- ✓ Especie de clima cálido.
- ✓ Se desarrolla correctamente en lugares con pluviometría escasa.
- ✓ Requieren de una alta luminosidad.
- ✓ Resiste al arrancamiento y pisoteo.
- ✓ Es capaz de formar un tapiz uniforme y verde, compacto y continuo.

#### **Sistema radicular.**

Es monocotiledónea por lo que carece de crecimiento secundario en grosor, la profundidad radicular es de hasta 30 cm, acumulando la mayor densidad de pelos absorbentes entre los 5 y 15 cm; es una planta herbácea con un sistema radicular denso, fibroso y fasciculado (Fernández, 2013, p.176).

#### **Labores previas a la siembra y plantación.**

- ✓ Mullido y desmenuzado: La utilización de un rotovator o fresadora se encargan de arar o mullir los primeros centímetros de suelo (debe comprender entre 15 a 25 cm) para optimizar la germinación (Carranza, 2016, p.14).
- ✓ Rastrillado: Se debe eliminar los restos vegetales, pequeños terrones y piedras mediante el rastrillado que es necesario para el óptimo crecimiento del cultivo (Carranza, 2016, p.14).
- ✓ Instalación de riego: En el presente trabajo se eligió un sistema presurizado por aspersión.
- ✓ Nivelación: Consiste en dejar el suelo sin elevaciones y depresiones para evitar las pérdidas de carga por desnivel y para que el agua de riego no se encharque.

- ✓ Abonado: Consiste en agregarle nutrientes al suelo que el cultivo va a requerir y se puede hacer mediante el rastrillado.
- ✓ Eliminar malas hierbas: Extraer la vegetación existente mediante un rastrillo que a la vez la incorpora al suelo y en un futuro puede servir de nutrientes o simplemente con un herbicida.

### **Siembra por semilla.**

La siembra más usada es la del voleo, es decir distribuir las semillas al azar sobre la superficie.

- ✓ Profundidad de siembra: Como norma general no se debe enterrar más de 2.5 veces su tamaño.
- ✓ Época de siembra: Para céspedes de clima cálido se recomienda la primavera

### **Siembra vegetativa.**

Se utiliza cuando la capacidad reproductiva no es óptima, puede darse porque la especie no tiene facilidad de reproducción por semillas, o porque su implantación inicial mediante semillas es lenta, etc. Por lo tanto, tenemos tres alternativas de reproducción de la especie (Carranza, 2016, p.14):

- ✓ Por tapones: Son trozos de suelo con plantas incluso rizomas, raíces y estolones si así se requiere, de esta manera se propaga vegetativamente el césped.
- ✓ Por esquejes: Se utiliza mayormente para reproducir especies incluso con la capacidad de emitir estolones, esta modalidad no lleva adherido como es el caso de los tapones y tepes (Monje, 2008).
- ✓ Por rollos o tepes: Son capas de suelo con césped, rizomas, estolones y raíces, según sea el caso, son cultivados hasta llegar a un estado de madurez propicio, son extraídos con determinadas maquinas o herramientas, y luego son transportados con un máximo de 24 a 48 horas después de ser recolectados y son implantados (Carranza, 2016, p.19).

### 2.2.6 Agua potable como única fuente de abastecimiento.

La única fuente de abastecimiento como agua de riego lamentablemente es el agua potable puesto que los canales de distribución de agua de riego se encuentran muy lejanos al lugar del proyecto y no existen acuíferos cerca de donde se pueda extraer agua para tal fin, por lo que el único suministro disponible es el potable.

Existe la necesidad de buscar fuentes alternas que satisfagan el riego a áreas verdes y campos deportivos.

### 2.2.7 La calidad de agua potable.

*Tabla 5. Límites máximos permisibles referenciales de los parámetros de calidad del agua potable.*

Parámetro	LMP ref.	Referencias
Coliformes totales, UFC/100 ml	0 (ausencia)	1
Coliformes termo tolerantes, UFC/100 ml	0 (ausencia)	1
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	1
ph	6.5 – 8.5	1
Turbiedad, UNT	5	1
Conductividad, 25 °C $\mu$ S/cm	1.500	3
Color, UCV-Pt-Co	20	2
Cloruros, mg/L	250	2
Sulfatos, mg/L	250	2
Dureza, mg/L	500	3
Nitratos, mg NO <sub>3</sub> /L	50	1
Hierro, mg/L	0.3	0.3 (Fe + Mn = 0.5) 2
Manganeso, mg/L	0.2	0.2 (Fe + Mn = 0.5) 2
Aluminio, mg/L	0.2	1
Cobre, mg/l	3	2
Plomo, mg/L	0.1	2
Cadmio, mg/L	0.003	1

Arsénico, mg/L	0.1	2
Mercurio, mg/L	0.001	1
Cromo, mg/L	0.05	1
Flúor, mg/L	2	2
Selenio, mg/L	0.05	2

**Fuente:** Sunass, 2004, p.45.

## 2.3 DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Tabla 6. Operacionalización de Variables.

Variable	Dimensiones	Definición Conceptual	Indicadores
<b>“Eficiencia de aplicación de riego”</b>	Levantamiento topográfico	Estudio que nos brinda las características geográficas del suelo.	Área de estudio
			Curvas de nivel
			Coordenadas geográficas
	Estudio de suelos	Estudio que nos permite conocer la composición y cualidades del suelo donde se va a trabajar.	Propiedades Físicas
			Propiedades Químicas
			Coeficientes Hídricos
	Diseño agronómico	Cálculos que nos permiten conocer la demanda de agua y tiempos de riego.	Evapotranspiración (Eto, Etc)
			Precipitación Efec. (Pe)
			Necesidades de Agua (Nn, Nt).
			Lamina de Riego (Ln, Lt)
			Frecuencia de Riego (Fr)
			Intensidad de aplicación del aspersor
			Tiempo de Riego (Tr)
			Nº de Aspersores
			Nº de Asp. por Lateral
			Nº Laterales
	Balance hídrico	Es la comparación de la oferta de agua en la zona y el consumo del cultivo.	Consumo del recurso hídrico
			Oferta del recurso hídrico
	Diseño Hidráulico	Son cálculos que nos permiten dimensionar la red de tuberías.	Calculo de caudales
			Dimensionamiento de tuberías.
			Pérdidas de carga
			Potencia de bomba y motor

Fuente: Elaboración propia



## CAPITULO III. METODOS Y MATERIALES

### 3.1.DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO.

#### 3.1.1 Ubicación.

El complejo deportivo “San Juan Masias” se encuentra ubicado entre la calle San Antonio y la calle Prolongación Emiliano Niño en el pueblo joven San Martin del distrito de Lambayeque, provincia de Lambayeque y departamento de Lambayeque.

Los límites del distrito de Lambayeque son:

Por el norte: Distrito de Mochumi.

Por el Sur: Distrito de San José.

Por el Este: Distrito de Picsi.

Por el Oeste: Con el Océano Pacífico

Figura 1. *Ubicación departamental de la zona de estudio.*



Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2 Vías de acceso.

Las vías de acceso a la zona de estudio son muy simples, se parte desde el mercado modelo del distrito de Lambayeque por la calle Emiliano Niño hasta llegar a la Prolongación Emiliano Niño del Pueblo Joven San Martín y encontrarnos con la calle San Antonio, cabe resaltar con todas las calles están asfaltadas.

### 3.1.3 Clima.

El clima es sub tropical, seco, sin lluvias con fuertes vientos y periódicamente cada 7,10,15 años se presentan temperaturas elevadas con lluvias regulares.

Las temperaturas bajas llegan hasta los 15 °C y las más altas hasta los 35 °C.

### 3.1.4 Uso actual del terreno.

El terreno pese a que el grass no se encuentra en un buen estado actualmente se viene utilizando con fines deportivos.

### 3.1.5 Fuente de abastecimiento de agua.

El complejo deportivo se abastece directamente del sistema de agua potable suministrado por EPSEL puesto que no hay otra fuente de agua para uso agrícola cerca de la zona del proyecto.

### **3.1.6 Energía.**

La energía utilizada en el establecimiento es eléctrica y suministrada por Electro Norte.

## **3.2 METODOS Y MATERIALES.**

### **3.2.1 Levantamiento Topográfico.**

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre.

En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio (Leonardo Casanova, 2002, p.7-1).

#### **Método de Radiación.**

El método de radiación es el método comúnmente empleado en levantamientos de superficies de mediana y gran extensión, en zonas de topografía accidentada, con vegetación espesa. Este método se apoya en una poligonal base previamente levantada a partir de cuyos vértices se hacen radiaciones a fin de determinar la ubicación de los puntos de relleno y de detalles. Los equipos utilizados para el levantamiento por radiación son el teodolito y mira vertical o estación total y prisma.

En caso de utilizar teodolito y mira vertical, se deben anotar los ángulos verticales y horizontales y las lecturas a la mira con los hilos distanciometricos.

Cuando se usa estación total con prisma, generalmente los puntos quedan grabados automáticamente por sus coordenadas, en un archivo con formato ASCII en la libreta de campo electrónica (Leonardo Casanova, 2002, p.7-22)

#### **Nivelación.**

La nivelación es el proceso de medición de elevaciones o altitudes de puntos sobre la superficie de la tierra. La elevación o altitud es la distancia vertical medida desde la superficie de referencia hasta el punto considerado. La distancia vertical debe ser medida a lo largo de una línea vertical definida como la línea que sigue la dirección de la gravedad o dirección de la plomada (Leonardo Casanova, 2002, p.6-1).

Las cotas relativas las obtenemos con la estación total (Leica TS02) junto con el levantamiento topográfico por lo que no es necesario hacer una nivelación geométrica.

**Instrumentos y materiales:**

- ❖ Estación Total Leica TS02.
- ❖ Prisma con bastón y mini prisma.

**3.2.2 Estudio de suelos.**

El estudio de suelos es un examen que nos permite conocer las propiedades físicas y químicas del suelo en donde se va realizar cualquier tipo de proyecto, en este caso las propiedades a calcular son: la textura del suelo, densidad aparente, densidad real, porosidad, ph, conductividad eléctrica y velocidad de infiltración base.

**Muestreo del Suelo.**

Los puntos de extracción de muestras de campo se ubicaron en el plano de distribución brindado por la Municipalidad provincial de Lambayeque en el cual mediante el método de la cuadrícula se ubicaron 6 puntos y la perforación tendrá una profundidad de 40 cm ya que las raíces no superan esta profundidad. El campo de Grass que incluye la cancha cuenta con 1.086 ha.

**Instrumentos y materiales:**

- ✓ Muestreadores Tipo Auger Houle.

**Análisis físico del suelo.**

**Textura del suelo.**

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (FAO, s.f, p.1).

Mediante el método del Hidrómetro o de Bouyoucos se analizarán las muestras del suelo en el laboratorio de recursos hídricos de la facultad de ingeniería agrícola de la UNPRG y con ayuda del triángulo textural determinaremos la clase de suelo.

**Procedimiento:**

- ✓ Pesar 50g de la muestra tamizada en la balanza eléctrica.
- ✓ Colocar los 50g de muestra en el vaso de dispersión.
- ✓ Adicionar agua destilada hasta los 2/3 partes del vaso de dispersión.
- ✓ Agregamos 10 ml de hexametáfosfato de sodio al 5% o carbonato de sodio a la solución.
- ✓ Luego el vaso de dispersión se lleva al agitador eléctrico por 10 minutos.
- ✓ Trasvasar la suspensión del vaso de dispersión a la probeta de sedimentación.
- ✓ Se coloca el hidrómetro dentro de la probeta y enrasamos la mezcla con agua destilada hasta la marca de 1130 CC.
- ✓ Luego se retira el hidrómetro, colocamos un tapón en la probeta y agitamos.
- ✓ Se hace la primera lectura del hidrómetro y temperatura a los 40 segundos y la segunda a los 60 minutos.
- ✓ Se hace el cálculo del factor de corrección y después los cálculos correspondientes para cada muestra.

$$FC = 0.36 (T^{\circ}) - 7.2 \sim LHC = LH + FC$$

- ✓  $\% Aa = 100 - (1^{\circ} LHC \times 2)$
- ✓  $\% Ar = 2^{\circ} LHC \times 2$
- ✓  $\% Lo = 100 - (\% Aa + \% Ar)$

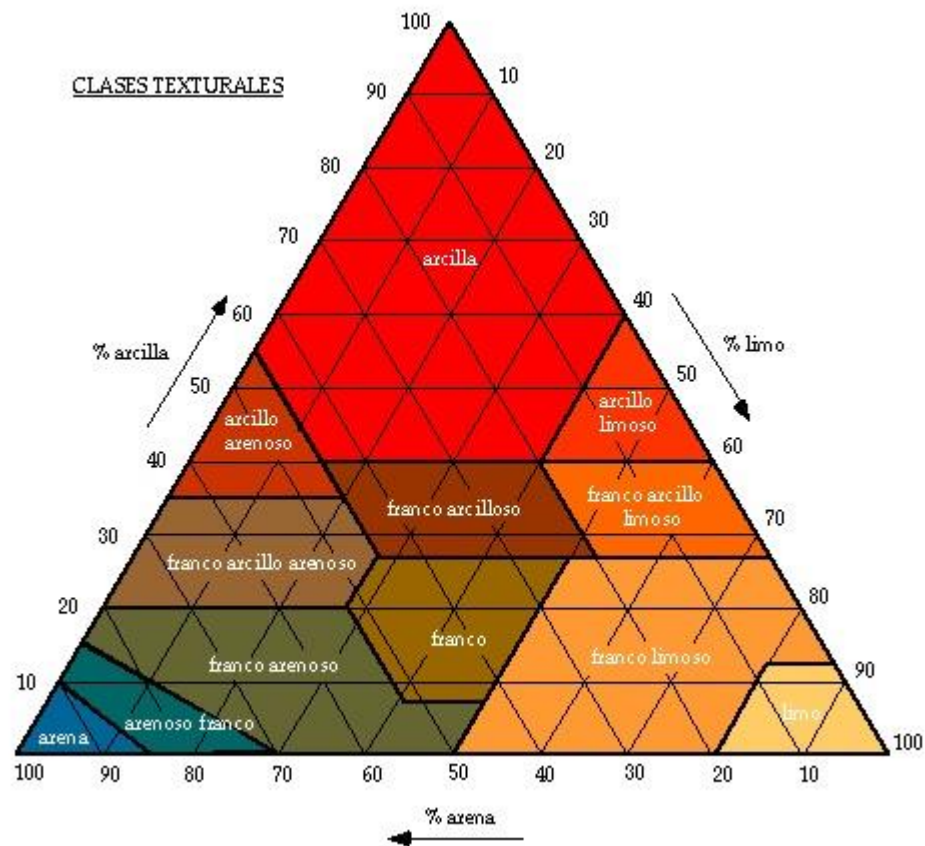
**Donde:**

FC: Factor de corrección.

LHC: Lectura de hidrómetro corregida.

T °C: Temperatura en grados Celsius.

Figura 3. *Triangulo textural.*



### Instrumentos y materiales:

- ✓ Tamiz N°3.
- ✓ Muestra de suelo seco y tamizado.
- ✓ Hidrómetro.
- ✓ Probeta.
- ✓ Tapón de jebe.
- ✓ Balanza electrónica.
- ✓ Cronometro.
- ✓ Agitador eléctrico.
- ✓ Copa de dispersión.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Termómetro.
- ✓ Pipeta.
- ✓ Agente dispersante (carbonato de sodio).

### **Densidad aparente (Da).**

La densidad aparente del suelo es la relación entre la masa o peso del suelo seco (peso de la fase sólida) y el volumen total, incluyendo al espacio poroso (Flores y Alcala, 2010, p.36).

Se calculo mediante el método del cilindro o de la probeta que consiste en introducir 50 gr suelo molido y tamizado en una probeta de 100 ml, luego se golpea la probeta en un tapón 20 veces para compactar y eliminar el espacio entre partículas y se pasa a tomar lectura del volumen y se procede hacer el cálculo con la siguiente formula.

$$Da = \frac{P_{ss}}{V_t}$$

#### **Donde:**

Da = Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>).

Pss = Peso del suelo seco (gr).

Vt = Volumen total del suelo (cm<sup>3</sup>).

#### **Instrumentos y materiales:**

- ❖ Probeta.
- ❖ Tapón.
- ❖ Balanza electrónica.
- ❖ Muestra de suelo seco y tamizado.

### **Densidad real o peso específico real (Dr).**

Considera el contenido total de la porosidad del suelo (volumen de poros). Es importante para el manejo del suelo porque refleja la compactación y facilidad de circulación de agua y aire (Hernández, 2017, p.4).

Se utilizará el método del picnómetro o fiola, el cual comprende los siguientes pasos:

- ✓ Se pesa la fiola (100 ml), teniendo cuidado de que se encuentre seco y limpio, se anota la lectura del peso y luego se pesa 10 gr de suelo seco y tamizado.
- ✓ Se coloca agua destilada hasta la marca de calibración en el cuello de la fiola y luego se anota el peso.

- ✓ Dentro de la fiola vacía se coloca la muestra de suelo pesada, se agrega el agua destilada hasta la mitad de la fiola y se agita para que se combine el suelo con el agua, luego se llena la fiola hasta la marca de calibración y se anota la lectura del peso. Luego se toma la temperatura del agua dentro de la fiola.
- ✓ Finalmente, con los datos obtenidos se calcula la Densidad Real, utilizando la siguiente formula:

$$Dr = \frac{Dag (Ps)}{Pfa + Pfs - Pfsa - Pf}$$

**Donde:**

Dr = Densidad Real (gr/cm<sup>3</sup>).

Dag = Densidad del agua en gr/ml a la temperatura de observación.

Ps = Peso del suelo (gr).

Pfa = Peso de la fiola + agua (gr).

Pf = Peso de la fiola vacía (gr).

Pfs = Peso de la fiola + suelo (gr).

Pfsa = Peso de la fiola + suelo + agua (gr).

(Inoñan, 2015, p.16).

**Instrumentos y materiales:**

- ✓ Muestra de suelo seco y tamizado (10 gr).
- ✓ Balanza electrónica.
- ✓ Fiola (100ml).
- ✓ Piceta.
- ✓ Termómetro °C.
- ✓ Agua destilada.

**Porosidad (P).**

Entre las partículas elementales y entre los agregados del suelo existen vacíos o poros, cuyos tamaños varían según su estructura interna. La porosidad (n) es un índice del volumen relativo de poros en el suelo (Hernández, 2017, p.4).

Se calcula mediante la siguiente formula:



$$P = 100 \times \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right)$$

**Donde:**

P = Porosidad total (%).

D<sub>a</sub> = Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>).

D<sub>r</sub> = Densidad real (gr/cm<sup>3</sup>).

**Análisis químico del suelo.**

**Conductividad eléctrica (ce) y ph.**

La concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato se mide mediante la CE. La CE es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, el valor será más alto cuanto más fácil se mueve la corriente a través del mismo. Esto significa que, a mayor CE, mayor es la concentración de sales (Barbaro, Karlanian, Mata, s.f, p.7).

La conductividad eléctrica se determinará con el conductímetro el cual nos indicará el total de sales solubles y su unidad es el ms/cm = mmhos/cm =ds/m.

*Tabla 7. Clasificación del contenido de sal del suelo.*

EC <sub>se</sub> = ds m <sup>-1</sup> (25 °C)		
N	(cerca) No salino	< 0.75
SL	Ligeramente salino	0.75 – 2
MO	Moderadamente salino	2 – 4
ST	Fuertemente salino	4 – 8
VST	Muy fuertemente salino	8 -15
EX	Extremadamente salino	> 15

**Fuente:** FAO, 2009, pag.42

El ph del suelo se determinará mediante el peachímetro.

Tabla 8. Clasificación de los rangos de PH de los suelos.

Denominación	Rango de PH
Ultra ácido	< 3.5
Extremadamente ácido	3.5 – 4.4
Muy fuertemente ácido	4.5 – 5.0
Fuertemente ácido	5.1 – 5.5
Moderadamente ácido	5.6 – 6.0
Ligeramente ácido	6.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 – 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 – 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 – 9.0
Muy fuertemente alcalino	> 9.0

Fuente: USDA

#### Procedimiento:

- ✓ Pesar 200 a 300 gr de suelo para luego hacer una pasta hasta el punto de saturación con agua destilada.
- ✓ Ubicar el papel filtro húmedo en la base del embudo para colocar la pasta saturada encima y poner el embudo en la bomba de vacíos.
- ✓ Recepcionar el extracto en un frasco y medir la conductividad eléctrica, ph.

#### Instrumentos y materiales:

- ✓ Conductímetro.
- ✓ Peachímetro.
- ✓ Muestra de suelo seca y tamizada (250 gr).
- ✓ Embudos.
- ✓ Bomba de vacíos.
- ✓ Papel filtro.
- ✓ Balanza electrónica.
- ✓ Frascos.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Piceta

## **Coeficientes hídricos.**

### **Agua en el suelo.**

El suelo desde el punto de vista agrícola, constituye la principal reserva de agua para el crecimiento de las plantas y es el almacenamiento regulador del ciclo hidrológico a nivel de cultivo (Facultad de Agronomía Universidad de la Republica, s.f, p.3)

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

Cantidad de agua máxima que el suelo puede retener, medida a las 48 horas después de una lluvia o riego (el contenido de agua continúa descendiendo a medida que pasa el tiempo). La cantidad de agua es retenida a una tensión de 0.1 a 0.33 bar y esta depende del tipo de suelo especialmente de la textura (Facultad de Agronomía Universidad de la Republica, s.f, p.17).

Se determinará siguiendo el siguiente proceso:

- ✓ Se agrega suelo seco y tamizado dentro de un tubo transparente de diámetro de 1° (una pulgada) y largo de 0.30 m, dicha tubería tiene que estar tapada por un extremo con papel filtro y se deja libre la tercera parte (10cm) m para luego agregar agua.
- ✓ Para lograr simular la compactación del suelo con la del campo se golpea ligeramente el tubo con la palma de la mano o se pica con un punzón a medida que se va vaciando el suelo.
- ✓ Se deja drenar de 24 a 72 horas dependiendo del tipo de suelo, hasta que deje de drenar.
- ✓ Se extrae la muestra ya drenada y se divide en tres, la porción central de la muestra se hecha dentro de un tarro, que debe ser pesado estando vacío y luego con el suelo húmedo dentro, se coloca dentro de la estufa por un periodo de 24 horas.
- ✓ Se extrae el tarro de la estufa y se anota la lectura del peso.
- ✓ Finalmente, con Jos datos obtenidos se calcula la Capacidad de Campo, utilizando la siguiente formula:

$$CC = \left( \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \right) \times 100$$

**Donde:**

CC = Capacidad de Campo (%).

Psh = Peso del suelo húmedo (gr).

Pss =Peso del suelo seco a estufa (gr).

(Inoñan, 2015, p.18)

Y se promediará con la fórmula de Bodman y Mahmud:

$CC = 0.023 (\% \text{ arena}) + 0.25 (\% \text{ limo}) + 0.61 (\% \text{ arcilla})$

(Facultad de Agronomía Universidad de la Republica, s.f, p.17).

El resultado obtenido se verificará y se comparará con la siguiente tabla:

*Tabla 9. Características Físicas de los Suelo.*

Textura del suelo	Velocidad de infiltración básica (ib)	Volumen Poroso Total	Peso Específico, (Pea) o Densidad Aparente (Dap)	Capacidad de Campo (CC)	Punto de Marchitez Permanente (PMP)	Agua Disponible	
						% del volumen	Capa de 1 metro
	(mm/h)	(P%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%w)	(%w)	(%v)	(m <sup>3</sup> /ha/m)
Arenosa	50 (25-250)	38 (32-42)	1.65 (1.55-1.80)	9 (6-12)	4 (2-6)	8 (6-10)	800 (700-1000)
Franco Arenosa	25 (23-76)	43 (40-47)	1.50 (1.40-1.60)	14 (10-18)	6 (4-8)	12 (9-15)	1200 (500-1500)
Franca	13 (6-20)	46 (43-49)	1.42 (1.34-1.50)	22 (18-26)	10 (8-12)	17 (14-20)	1700 (1400-1900)
Franco Arcilloso	8.5 (2.5-15)	49 (47-51)	1.35 (1.30-1.40)	27 (23-31)	13 (11-15)	19 (16-22)	1900 (1700-2200)
Arcilloso Arenosa	4 (3-5)	51 (49-53)	1.30 (1.25-1.35)	31 (27-35)	15 (13-17)	21 (18-23)	2100 (1800-2300)
Arcillosa	0.5 (0.1-1)	53 (51-55)	1.25 (1.20-1.30)	35 (31-39)	17 (15-19)	23 (20-25)	2300 (2000-2500)

Fuente. Avidan, A. 1996. El Régimen de Riego de los Cultivos.

### **Punto de Marchitez Permanente (PMP).**

Es el contenido de agua retenida a una tensión de 15 bar. Su valor depende del tipo de suelo. Este es el límite de tensión hasta el cual una planta, adaptada a condiciones medias de humedad, puede extraer agua (Facultad de Agronomía Universidad de la Republica, s.f, p.19).

Se empleará la siguiente tabla para determinar el PMP:

*Tabla 10. PMP según textura del suelo.*

Suelo Arenoso:	PMP = 0.4 CC
Suelo Franco:	PMP = 0.5 CC
Suelo Arcilloso:	PMP = 0.6 CC

**Fuente:** Tesis – Bach P. Inoñan A. (2015) – FIA – UNPRG

Y se comparara con la fórmula de Briggs:

$$\text{PMP} = 0.302 (\% \text{ arcilla}) + 0.102 (\% \text{ limo}) + 0.0147 (\% \text{ arena})$$

**Fuente:** Tesis – Bach P. Inoñan A. (2015) – FIA – UNPRG

### **Agua Disponible (AD).**

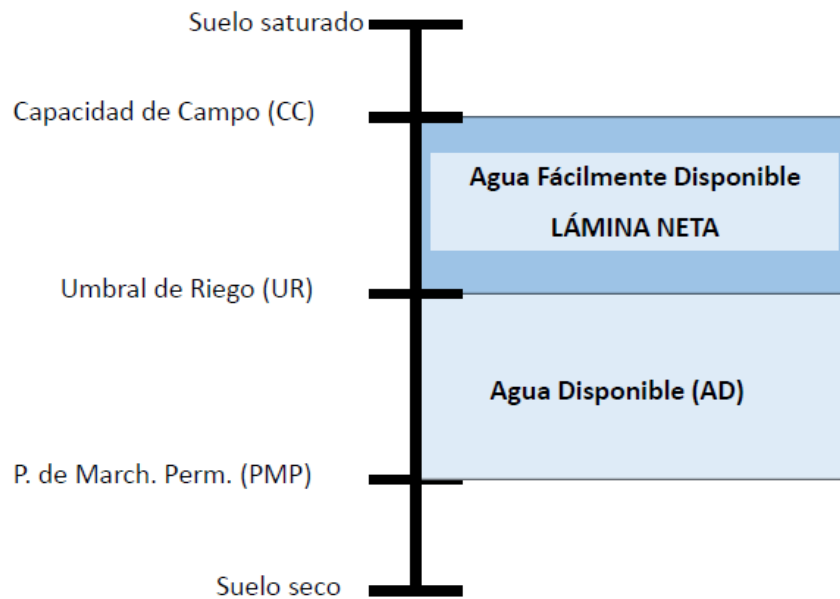
Es el agua retenida entre el CC y el PMP; es la máxima cantidad de agua que la planta puede disponer para su absorción en determinado perfil (Facultad de Agronomía Universidad de la Republica, s.f, p.19).

El agua disponible se hallará con la siguiente formula:

$$\text{AD} = \text{CC} - \text{PMP}$$

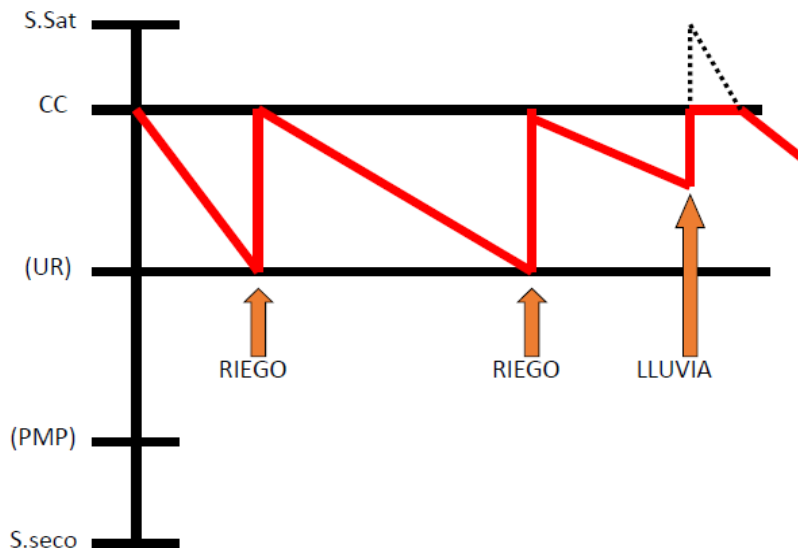
El umbral de riego se considerará al 50% del agua disponible puesto que pueda haber determinadas ocasiones en donde el riego no se pueda dar por diversos factores para tales casos quedará disponible para el cultivo el 50 % del agua de reserva.

Figura 4. *Perfil hídrico del suelo.*



**Fuente:** Agua en el Suelo, 2015, p.22

Figura 5. *Manejo de riego*



**Fuente:** Agua en el Suelo, 2015, p.23

### **Velocidad de Infiltración.**

Es la velocidad con la que el agua infiltra a través de los poros del suelo, es por eso que está relacionado directamente con la textura de este y en este trabajo la mediremos en (mm/hr).

La velocidad de infiltración la hallaremos mediante la prueba de infiltración de doble anillo que consiste en saturar gradualmente una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para a continuación medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior. Esta información nos ayudará a decidir cuál es el tipo de riego óptimo de un suelo determinado, qué caudal deben aportar los goteros o aspersores.

**Procedimiento:**

- ✓ Elección de la ubicación de los anillos.
- ✓ Clavar los cilindros de forma concéntrica a una profundidad de 10 cm cada uno.
- ✓ Cubrir el interior del anillo de adentro con plástico.
- ✓ Llenar el anillo interior con una lámina de 20 cm y luego el exterior, procurar que el nivel de agua no descienda a menos de 10 cm del nivel del suelo para que la presión de la lámina de agua no influya en la velocidad de infiltración.
- ✓ La toma de lecturas se empieza a tomar cada 1 min hasta que se note que la velocidad de infiltración baja para hacer cada lectura a 3 min y así sucesivamente.
- ✓ Cálculo de la conductividad hidráulica o velocidad de infiltración (K) con los datos obtenidos.

**Instrumentos y materiales:**

- ✓ Cilindros infiltrómetros.
- ✓ Agua.
- ✓ Tabla de madera.
- ✓ Boya o Regla de madera.
- ✓ Plástico.
- ✓ Comba.
- ✓ Cuaderno de campo.
- ✓ Nivel.
- ✓ Cronometro.
- ✓ Lapicero.

Los datos obtenidos se corregirán o ajustarán mediante el método de mínimos cuadrados (Rodríguez, 2018).

### **Infiltración Acumulada (d).**

Es la infiltración que se almacena en el suelo conforme transcurre el tiempo y se expresa en (mm).

$$d = K \cdot t^m$$

#### **Donde:**

d = infiltración acumulada en el tiempo (mm).

K = Constante que depende de la estructura inicial del suelo (seco). Es la lámina que se infiltra en el primer instante mayor que cero (mm).

m = Constante que depende de la estabilidad de la estructura del suelo frente al agua,  $0 > m < 1$ .

t = Tiempo en que se desea calcular la infiltración acumulada (min).

**Para calcular K y m se aplica el método de mínimos cuadrados:**

$$m = \frac{\frac{\sum(\log t \cdot \log d)}{n} - \frac{\sum \log t}{n} \times \frac{\sum \log d}{n}}{\frac{\sum(\log t)^2}{n} - \left(\frac{\sum \log t}{n}\right)^2}$$

$$\log K = \frac{\sum \log d}{n} - m \cdot \frac{\sum \log t}{n}$$

### **Infiltración Promedio (Ip).**

$$Ip = K \cdot t^{-n} \text{ (mm/min)}$$

$$Ip = (K \times 60) \cdot t^{-n} \text{ (mm/hr)}$$

#### **Donde:**

Ip = Infiltración promedio (mm/hr).

K = Constante que depende de la estructura inicial del suelo (seco). Es la lámina que se infiltra en el primer instante mayor que cero (mm).



$t$  = Variable del tiempo (min).

$$-n = m - 1$$

### **Infiltración Instantánea (I).**

La infiltración instantánea (I) no tiene aplicación inmediata, solo sirve para determinar cuándo se produce la Infiltración básica (Ib).

$$I = (K \times m \times 60). t^{-n}$$

#### **Donde:**

$I$  = Infiltración Instantánea en un tiempo  $t$  (mm/hr).

$K$  = Constante que depende de la estructura inicial del suelo (seco). Es la lámina que se infiltra en el primer instante mayor que cero (mm).

$m$  = Constante que depende de la estabilidad de la estructura del suelo frente al agua,  $0 > m < 1$ .

$$-n = m - 1$$

### **Infiltración Básica (Ib).**

$$Ib = (K \times m \times 60). Tb^{-n}$$

#### **Donde:**

$Ib$  = Infiltración básica (mm/hr).

$K$  = Constante que depende de la estructura inicial del suelo (seco). Es la lámina que se infiltra en el primer instante mayor que cero (mm).

$m$  = Constante que depende de la estabilidad de la estructura del suelo frente al agua,  $0 > m < 1$ .

$$-n = m - 1$$

$Tb$  = Tiempo para que ocurra la infiltración básica y se obtiene con la siguiente formula:

$$Tb = \left( \frac{-0.1}{(K \times m \times 60). -n} \right)^{\frac{1}{m-2}}$$

### **3.2.3 Diseño Agronómico.**

El diseño agronómico consiste en determinar las necesidades totales de riego utilizando datos climatológicos de las estaciones de SENAMHI y siguiendo los diversos cálculos (Eto, Etc, etc.) para determinar la lámina de riego, el número de emisores, frecuencia de riego, etc.

Teniendo como base mejorar la cancha principal del complejo deportivo San Juan Masías se ha considerado tomar como césped el Grass bermuda el cual es resistente ante el pisoteo y es utilizado en el estadio nacional de Lima ya que es idóneo al clima costero.

#### **Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (Eto).**

Los datos meteorológicos que se emplearan para calcular la Eto (mm/día) serán de los últimos 5 años con la excepción del 2017 por el fenómeno del niño costero y los obtuvimos de la página web del ANA cuya data la obtienen de Senamhi, puesto que aquí la información es mucho más completa en datos, aunque los últimos 2 años no se encuentran por lo que recurrimos a la página de Senamhi, las coordenadas de la estación Lambayeque son latitud: 6° 43' 53.5" S, longitud: 79° 54' 35.41" W y altitud: 18 m; se utilizara el software Cropwat 8.0 el cual emplea el método de Penman – Monteith para hacer el cálculo respectivo.

#### **Cálculo de la Evapotranspiración del cultivo (Etc).**

Según la FAO (2006) el cultivo bermuda heno (distintos cortes) tiene 105 días en su etapa de crecimiento y tres Kc (inicial, medio, fin); en caso del presente estudio se utilizará el Grass bermuda para fines deportivos por lo que no habrá un corte para cosecha si no que se mantendrá a una altura promedio de 0.05 m y el kc empleado será el máximo por motivos de diseño ( $Kc = 1.00$ ).

Teniendo la Eto y el Kc del cultivo se procede a calcular la Etc con la siguiente formula:

$$Etc = Eto \times Kc$$

**Donde:**

Etc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Eto = Evapotranspiración potencial (mm/día).

Kc = Coeficiente del cultivo.

**Cálculo de la Precipitación efectiva (Pe).**

La precipitación efectiva (mm) es el agua de lluvia o cualquier otra precipitación aprovechada por el cultivo y se puede estimar en el software Cropwat 8.0 teniendo como dato la precipitación de la estación meteorológica Lambayeque.

**Cálculo de la Necesidad Neta (Nn).**

Es la Evapotranspiración de Cultivo corregida ya que se le resta la precipitación efectiva, el aporte capilar y la variación de almacenamiento de agua y se expresa en mm/día.

**Aporte Capilar (G<sub>w</sub>).**

Aporte por capilaridad a la zona radicular, cuando hay una capa freática próxima. (G<sub>w</sub> ≈ 0).

**Variación de almacenamiento de agua (Δw).**

Agua que el suelo puede haber almacenado procedente de lluvias, riegos anteriores, etc. y que la planta puede ir agotando para satisfacer sus necesidades (Δw ≈ 0).

La necesidad neta del cultivo se determinará con la siguiente formula:

$$N_n = Etc - (P_e + G_w + \Delta w)$$

**Donde:**

N<sub>n</sub> = Necesidad neta (mm/día).

Etc = Evapotranspiración del cultivo.

P<sub>e</sub> = Precipitación efectiva (mm).

G<sub>w</sub> = Aporte capilar (mm) (G<sub>w</sub> ≈ 0).

Δw = Variación de almacenamiento de agua (mm) (Δw ≈ 0).

### Cálculo de la Necesidad Total (Nt).

Para el cálculo de las necesidades totales (mm/día) a partir de las necesidades netas hay que tener en cuenta los siguientes hechos:

- ✓ Pérdida de agua por percolación (K).
- ✓ Necesidades de lavado (LR).
- ✓ Falta de uniformidad del riego (CU).
- ✓ Eficiencia de aplicación a nivel parcelario (Ea).

La  $N_t$  se halla mediante la siguiente fórmula:

$$N_t = \frac{N_n}{(1 - k) \times CU}$$

En donde:

- ✓  $K \Rightarrow K = 1 - Ea$  o  $K = LR$  (se elige el K mayor).
- ✓ CU = Coeficiente de uniformidad se asume 88% (Según Keller, 1990).

Para hallar K tenemos que saber que:

- ✓ El valor de Ea lo sacamos de la siguiente tabla:

Tabla 11. Valores Ea en climas áridos.

Profundidad de raíces (m)	Textura			
	Muy porosa (grava)	Arenosa	Media	Fina
< 0.75	0.85	0.90	0.95	0.95
0.75 – 1.50	0.90	0.90	0.95	1.00
> 1.50	0.95	0.95	1.00	1.00

Fuente: Pizarro, 1996, p.192

Para riego por difusión o microaspersión se disminuye estos valores en 0.1.

El valor de LR: lo obtenemos de la siguiente formula:

$$LR = \frac{CEi}{(5CEe - CEi)f}$$

**Donde:**

CEi = Conductividad eléctrica del agua de riego.

CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, valor que se impone como objetivo a conseguir con el lavado, y que depende de los cultivos a implantar y lo obtendremos de la siguiente tabla considerando una producción (P%) de 100 %.

f = Eficiencia de lavado (0.3 para suelos arcillosos).

La CEe la determinaremos con la siguiente tabla:

Tabla 12. Tabla de valores CEE para cultivos.

Cultivo	a	b	Valores de $CE_e$ (mmhos/cm) para una $P(\%)$ de:				
			100	90	75	50	0
<b>CULTIVOS EXTENSIVOS</b>							
Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> ).....	8,0	5,00	8,0	10,0	13,0	18,0	28,0
Algodón ( <i>Gossypium hirsutum</i> ) ....	7,7	5,38	7,7	9,6	13,0	17,0	27,0
Remolacha azucarera ( <i>Beta vulgaris</i> )	7,0	6,25	7,0	8,7	11,0	15,0	24,0
Sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> ).....	6,8	16,13	6,8	7,4	8,4	9,9	13,0
Trigo ( <i>Triticum aestivum</i> ).....	6,0	7,14	6,0	7,4	9,5	13,0	20,0
Trigo duro ( <i>Triticum turgidum</i> ).....	5,7	5,38	5,7	7,6	10,0	15,0	24,0
Cártamo ( <i>Carthamus tinctorius</i> ).....	5,3	10,87	5,3	6,2	7,6	9,9	14,5
Soja ( <i>Glycine max</i> ) .....	5,0	20,00	5,0	5,5	6,2	7,5	10,0
Caupíes ( <i>Vigna unguiculata</i> ) .....	4,9	11,90	4,9	5,7	7,0	9,1	13,0
Cacahuete, maní ( <i>Arachis hypogea</i> ) .	3,2	29,41	3,2	3,5	4,1	4,9	6,5
Arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) .....	3,0	11,90	3,0	3,8	5,1	7,2	11,5
Sesbania, cáñamo ( <i>Sesbania exaltata</i> )	2,3	7,04	2,3	3,7	5,9	9,4	16,5
Caña de azúcar ( <i>Saccharum officina-</i> <i>rum</i> ).....	1,7	6,02	1,7	3,4	5,9	10,0	19,0
Maíz ( <i>Zea mays</i> ).....	1,7	11,90	1,7	2,5	3,8	5,9	10,0
Lino ( <i>Linum usitatissimum</i> ).....	1,7	11,90	1,7	2,5	3,8	5,9	10,0
Haba ( <i>Vicia faba</i> ).....	1,6	9,62	1,6	2,6	4,2	6,8	12,0
<b>HORTALIZAS</b>							
Calabaza, zapallito it. ( <i>Cucurbita pe-</i> <i>po melopepo</i> ).....	4,1	8,47	4,1	5,8	7,4	10,0	15,0
Remolacha ( <i>Beta vulgaris</i> ) .....	4,0	8,93	4,0	5,1	6,8	9,6	15,0
Brócoli ( <i>Brassica oleracea botrytis</i> ) .	2,8	9,26	2,8	3,9	5,5	8,2	13,5
Tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> ).....	2,5	9,80	2,5	3,5	5,0	7,6	12,5
Pepino ( <i>Cucumis sativus</i> ) .....	2,5	13,16	2,5	3,3	4,4	6,3	10,0
Melón ( <i>Cucumis melo</i> ) .....	2,2	7,25	2,2	3,6	5,7	9,1	16,0
Espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> ) .....	2,0	7,58	2,0	3,3	5,3	8,6	15,0
Apio ( <i>Apium graveolens</i> ) .....	1,8	6,17	1,8	3,4	5,8	9,9	18,0
Col ( <i>Brassica oleracea</i> ) .....	1,8	9,62	1,8	2,8	4,4	7,0	12,0
Maíz dulce, choclo ( <i>Zea mays</i> ) .....	1,7	11,90	1,7	2,5	3,8	5,9	10,0
Patata ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	1,7	11,90	1,7	2,5	3,8	5,9	10,0
Boniato, camote ( <i>Ipomoea batatas</i> ).....	1,5	11,11	1,5	2,4	3,8	6,0	10,5
Pimiento, ají ( <i>Capsicum annum</i> )...	1,5	13,89	1,5	2,2	3,3	5,1	8,5
Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) .....	1,3	12,82	1,3	2,1	3,2	5,2	9,0
Rábano ( <i>Raphanus sativus</i> ).....	1,2	13,16	1,2	2,0	3,1	5,0	9,0
Cebolla ( <i>Allium cepa</i> ) .....	1,2	16,13	1,2	1,8	2,8	4,3	7,5
Zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ) .....	1,0	13,89	1,0	1,7	2,8	4,6	8,0
Judías, frijoles ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) .	1,0	19,23	1,0	1,5	2,3	3,6	6,5
Nabo ( <i>Brassica rapa</i> ) .....	0,9	8,93	0,9	2,0	3,7	6,5	12,0

Cultivo	a	b	Valores de $CE_p$ (mmhos/cm) para una $P(\%)$ de:				
			100	90	75	50	0
<b>FRUTALES</b>							
Palmera datilera ( <i>Phoenix dactilifera</i> )	4,0	4,50	4,0	6,8	10,9	17,9	32,0
Granado ( <i>Punica granatum</i> )	2,7	8,77	2,7	3,8	5,5	8,4	14,0
Higuera ( <i>Ficus carica</i> )							
Olivo ( <i>Olea europaea</i> )							
Vid ( <i>Vitis spp</i> )	1,5	9,62	1,5	2,5	4,1	6,7	12,0
Pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> )	1,8	16,13	1,8	2,4	3,4	4,9	8,0
Pera ( <i>Pyrus communis</i> )	1,7	16,13	1,7	2,3	3,3	4,8	8,0
Manzano ( <i>Malus sylvestris</i> )							
Naranja ( <i>Citrus sinensis</i> )							
Limonero ( <i>Citrus limón</i> )							
Nogal ( <i>Juglans regia</i> )							
Melocotonero ( <i>Prunus persica</i> )	1,7	20,83	1,7	2,2	2,9	4,1	6,5
Ciruelo ( <i>Prunus domestica</i> )	1,5	17,86	1,5	2,1	2,9	4,3	7,0
Almendro ( <i>Prunus dulcis</i> )	1,5	19,23	1,5	2,0	2,8	4,1	7,0
Albaricoquero ( <i>Pyrus armeniaca</i> )	1,6	23,81	1,6	2,0	2,6	3,7	6,0
Zarzamora ( <i>Rubus spp</i> )	1,5	21,74	1,5	2,0	2,6	3,8	6,0
Aguacate ( <i>Persea americana</i> )	1,3	20,83	1,3	1,8	2,5	3,7	6,0
Frambuesa ( <i>Rubus idocus</i> )	1,0	22,73	1,0	1,4	2,1	3,2	5,5
Fresa ( <i>Faggaria spp</i> )	1,0	33,33	1,0	1,3	1,8	2,5	4,0
<b>FORRAJERAS</b>							
Agropyron elongatum	7,5	4,20	7,5	9,9	13,3	19,4	31,5
Agropyron cristatum	7,5	6,67	7,5	9,0	11,0	15,0	22,0
Pasto de Bermudas ( <i>Cynodon dactylon</i> )	6,9	6,41	6,9	8,5	10,8	14,7	22,5
Cebada forrajera, heno ( <i>Hordeum vulgare</i> )	6,0	7,14	6,0	7,4	9,5	13,0	20,0
Ballico ( <i>Lolium perenne</i> )	5,6	7,58	5,6	6,9	8,9	12,2	19,0
Tébol pie de pájaro ( <i>Lotus corniculatus</i> )	5,0	10,00	5,0	6,0	7,5	10,0	15,0
Alpiste ( <i>Phalaris tuberosa</i> )	4,6	7,69	4,6	5,9	7,9	11,1	18,0
Festuca elatior	3,9	6,17	3,9	5,5	7,8	12,0	20,0
Agropyron desertorum	3,5	4,00	3,5	6,0	9,8	16,0	28,5
Veza, alverjilla ( <i>Vicia angustifolia</i> )	3,0	10,87	3,0	3,9	5,3	7,6	12,0
Sorgo del Sudán ( <i>Shorgum sudanense</i> )	2,8	4,31	2,8	5,1	8,6	14,4	26,0
Elymus triticoides	2,7	6,02	2,7	4,4	6,9	11,0	19,5
Loto de los pantanos ( <i>Lotus uliginosus</i> )	2,3	19,23	2,3	2,8	3,6	4,9	7,5
Sphaerophysa salsula	2,2	7,04	2,2	3,6	5,8	9,3	16,0
Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> )	2,0	7,35	2,0	3,4	5,4	8,8	15,5
Eragrostis ssp.	2,0	8,33	2,0	3,2	5,0	8,0	14,0
Maíz forrajero ( <i>Zea mays</i> )	1,8	7,35	1,8	3,2	5,2	8,6	15,5
Bersim ( <i>Trifolium alexandrinum</i> )	1,5	19,23	1,5	3,2	5,9	10,3	19,0
Dactylis glomerata	1,5	6,17	1,5	3,1	5,5	9,6	17,5
Cola de zorra ( <i>Alopecurus pratense</i> )	1,5	9,62	1,5	2,5	4,1	6,7	12,0
Trébol híbrido, ladino, rojo, fresa ( <i>Tr. spp</i> )	1,5	11,90	1,5	2,3	3,6	5,7	10,0

Fuente: Pizarro, 1996, p.111

### **Cálculo de la lámina de riego neta (Ln).**

Es la cantidad de agua que consume el cultivo teóricamente y que se va a reponer mediante el riego, y se determina mediante la siguiente formula:

$$Ln = \left( \frac{CC - PMP}{100} \right) \times Pr \times Dap \times NAP$$

#### **Donde:**

$L_n$  = Lamina de Riego neta (mm).

CC = Capacidad de campo (%).

PMP = Punto de marchitez permanente (%).

Pr = Profundidad radicular efectiva (m).

Dap = Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>).

NAP = Porcentaje nivel de agotamiento permisible (%).

#### **Donde:**

El NAP se halla en la siguiente tabla:

*Tabla 13. Porcentaje de nivel de agotamiento permisible, NAP.*

TIPO DE CULTIVO	ET <sub>o</sub>	
	Baja de 2 a 5 (mm/día)	Media a Alta de 6 a 10 (mm/día)
Hortalizas	30 – 40	15 – 25
Frutales	40 – 50	20 – 35
Pastos	50 – 70	30 – 45
Cereales	60 – 70	40 – 55
Algodón	60 – 70	40 – 55
Oleaginosas	60 – 70	40 – 55
Caña de Azúcar	60 – 70	40 – 55
Tabaco	60 – 70	40 – 55

**Fuente:** Avidan, A. 1996. El Régimen de Riego de los Cultivos.

Dependiendo de la Evapotranspiración potencial del lugar.



### **Cálculo de la frecuencia o Intervalos de riego (Fr):**

La calcularemos mediante la siguiente formula:

$$Fr = \frac{Ln}{Nn}$$

#### **En donde:**

$Fr$  = Frecuencia de riego (días).

$L_n$  = Lamina de riego neta (mm).

$N_n$  = Necesidad neta (mm/día).

La  $Fr$  se ajusta al número entero más próximo y se ajustaría la  $L_n$ :

$$L_n \text{ ajustada} = Fr \text{ (redondeado)} \times N_n$$

### **Cálculo de la Lámina de riego bruta o total (Lt).**

Es la cantidad de agua que consume el cultivo realmente y que se va a reponer mediante el riego, y se determina mediante la siguiente formula:

$$Lt = \frac{Ln}{Ea}$$

#### **Donde:**

$L_t$  = Lamina de riego bruta o total (mm).

$L_n$  = Lamina de riego neta (mm).

$E_a$  = Eficiencia de aplicación (%) y se determina mediante esta ecuación:

$$E_a = ED_a \times P_e$$

#### **En donde:**

$ED_a$  = Eficiencia de distribución (%).

$P_e$  = Proporción de agua emitida por los aspersores que llega al suelo (%).

En donde  $ED_a$  se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 14. Valores de la Eda para varios CU y porcentajes de área adecuadamente regada.

	% de área adecuadamente regada (a)								
	95	90	85	80	75	70	65	60	50
CU (%)	ED <sub>a</sub> (%)								
94	88	90	92	94	95	96	97	98	100
92	83	87	90	92	93	95	96	97	100
90	79	84	87	89	92	93	95	97	100
88	75	81	84	87	90	92	94	96	100
86	71	77	82	85	88	91	93	96	100
84	67	74	79	83	86	89	92	95	100
82	63	71	77	81	85	88	91	94	100
80	59	68	74	79	83	87	90	94	100
78	55	65	71	77	81	86	89	93	100
76	50	61	69	75	80	84	88	92	100
74	46	58	66	73	78	83	87	92	100
72	42	55	64	70	76	82	86	91	100
70	38	52	61	68	75	80	85	90	100
68	34	49	58	66	73	79	85	90	100
66	30	45	56	64	71	78	84	89	100

Fuente: Keller y Bliesner, 1990.

Para cultivos de valor medio o alto suele recomendarse que el 90% del área quede bien regada, mientras que para cultivos de menor valor y los forrajeros, suele recomendarse el 80% como área adecuadamente regada (Tarjuelo, 1995).

Y el P<sub>e</sub> se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 15. Proporción del agua emitida por los aspersores que llega al suelo

Sistema de riego	Pe %
Sistemas semifijos, ramales móviles	88 - 90
Sistema fijo, en bloques	90 - 92
Pívot central	93 - 96
Cañones	94 - 96

Fuente: Hernández, 2017, P.63

#### Intensidad de aplicación del aspersor (I<sub>a</sub>):

La intensidad de aplicación del aspersor tiene que ser menor a la infiltración básica del suelo y se calcula con la siguiente formula:

$$I_a = \frac{Ca \times 1000}{Ah} < Ib$$

**Donde:**

$I_a$  = Intensidad de aplicación del aspersor (mm/hr).

$C_a$  = Caudal del aspersor (m<sup>3</sup>/hr).

$A_h$  = Área de humedecimiento del aspersor (m<sup>2</sup>).

$I_b$  = Infiltración básica del suelo (mm/hr).

**Cálculo del tiempo de riego ( $T_r$ ).**

Se estima mediante la siguiente ecuación:

$$T_r = \frac{L_t}{I_a}$$

**En donde:**

$T_r$  = Tiempo de riego (hr).

$L_t$  = Lamina de riego bruta o total (mm).

$I_a$  = Intensidad de aplicación del aspersor (mm/hr).

Después se redondea el tiempo a una hora más fácil de manejar y se recalcula la Lámina de Riego Bruta o Tal con el tiempo de riego redondeado.

**Cálculo de número de aspersores.**

Debido a que la forma del área de la cancha es ovalada el cálculo del número de aspersores no se determina con la formula tradicional, sino que la distribución se regirá con el siguiente criterio.

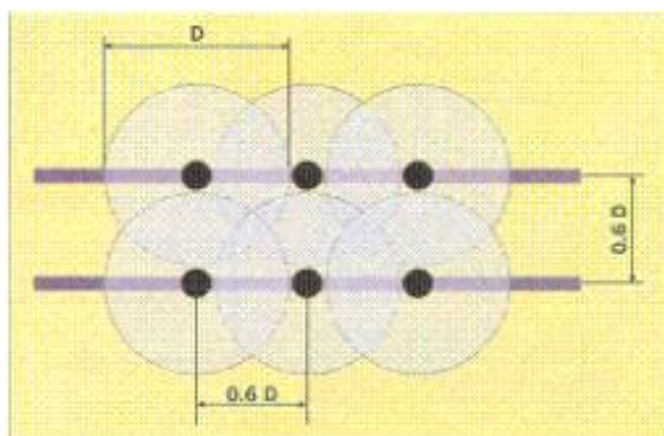
**Marco de Riego.**

Según Heerman y Kohi (1980) recomiendan los siguientes valores de separación entre aspersores y los ramales de aspersion para cada tipo de marco de riego, siempre que se trate de vientos menores a 2 m/s.

- ✓ En disposición o marco en cuadrado y triangular (trebolillo), la separación entre los aspersores y ramales de aspersion debe ser el 60 % del diámetro mojado.

(Franco Salas, A., Pérez Urrestarazu, L. Open Course Ware, 2008)

Figura 6. *Marco de Riego*



Este espaciamiento debe reducirse al aumentar la velocidad del viento según la siguiente orientación:

% de Reducción	Velocidad del Viento (m/s)
10 - 12	4 – 6
18 - 20	8 - 9
10 - 11	25 - 30

### 3.2.4 Balance Hídrico.

En todo diseño de riego presurizado el balance hídrico es fundamental para tener la certeza que el agua que se dispone en el lugar, de una o diversas fuentes cubre las necesidades hídricas máximas del cultivo o los cultivos que se planean sembrar en la zona.

### 3.2.5 Diseño Hidráulico.

Consiste en dimensionar la red de tuberías de distribución teniendo como base el diseño agronómico, así como calcular los requerimientos y pérdidas de presión, caudal y bomba.

#### **Cálculo del caudal lateral ( $Q_l$ ):**

Se calcula de la siguiente forma:

$$Q_l = C_a \times N_{al}$$

**En donde:**

$Q_l$  = Caudal del lateral ( $m^3/hr$ ).

$C_a$  = Caudal de cada aspersor ( $m^3/hr$ ).

$N_{al}$  = Número de aspersores por lateral.

**Cálculo del caudal porta lateral ( $Q_{pl}$ ).**

Se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{pl} = Q_l \times N_l$$

**En donde:**

$Q_{pl}$  = Caudal del porta lateral ( $m^3/hr$ ).

$Q_l$  = Caudal del lateral ( $m^3/hr$ ).

$N_l$  = Número de porta laterales.

**Cálculo de diámetro interno de tuberías ( $D.int$ ).**

El diámetro seleccionado deberá tener la capacidad de conducir el caudal del diseño, teniendo como principio que la velocidad media máxima permisible debe ser:  $V_{mmp} \leq 2.5 \text{ m/s}$ ; la ecuación para calcular el diámetro interno es:

$$D.int = \sqrt[2]{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{mmp} \times 3600}}$$

**Donde:**

$D.int$  = Diámetro interno de la tubería (m).

$Q$  = Caudal que transporta la tubería ( $m^3/hr$ ).

$V_{mmp}$  = Velocidad máxima permisible (asumiremos el valor de 2 m/s).

**Cálculo del número de Reynolds:**

El número de Reynolds nos sirve para clasificar el régimen del comportamiento del agua en la tubería y puede ser laminar o turbulento, y se calcula con la siguiente formula:

$$IRe = \frac{4Q}{\pi \times v \times D.int}$$

**Donde:**

$IRe$  = Número de Reynolds.

$Q$  = Caudal de la tubería ( $m^3/seg$ ).

$\nu$  = Viscosidad Cinética del agua ( $m^2/s$ ) (para una  $T$  de  $20^\circ C = 1.0038 \times 10^{-6} m^2/s$ )

$D.int$  = Diámetro interno de la tubería (m).

**Entonces:**

$IRe < 2000$  (Régimen Laminar).

$IRe > 2000$  (Régimen Turbulento).

**Cálculo de pérdidas de cargas por fricción ( $P_c$ ):**

Por criterio las pérdidas de carga en los laterales no debe ser mayor igual al 20% de la presión del aspersor (Pa)

**Cálculo de pérdidas de carga en los laterales ( $P_{cl}$ ).**

Las pérdidas de carga por fricción en los laterales las calcularemos restando o sumando el desnivel topográfico a la fórmula de Blasius:

$$P_{cl} = 0.473 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \times L$$

**Donde:**

$P_{cl}$  = Perdida de carga de lateral (mca).

$Q$  = Caudal del lateral (l/hr).

$D$  = Diámetro de la tubería (mm).

$L$  = Longitud de la tubería (m).

**Cálculo de pérdidas de carga en las tuberías principales ( $P_{cp}$ ).**

Las pérdidas de carga por fricción en las tuberías principales las calcularemos restando o sumando el desnivel topográfico (m) a la fórmula de Hazen – Williams:

$$P_{cp} = 1.131 \times 10^9 \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times D.int^{-4.871} \times L$$

**Donde:**

$P_{cp}$  = Pérdida de carga principal (mca).

$Q$  = Caudal ( $m^3/hr$ ).

$C$  = Coeficiente de rugosidad, (Plásticos: 140 a **150**).

$D.int$  = Diámetro interior (mm).

$L$  = Longitud de tubería (m).

**Cálculo de pérdidas de carga total ( $P_{ct}$ ).**

La pérdida de carga total se le incrementa de 5% a 15% debido a las pérdidas de carga singulares (perdidas locales o menores) y determina mediante la siguiente ecuación:

$$P_{ct} = 1.15 \times (P_{cl} + P_{cp})$$

**Donde:**

$P_{ct}$  = Pérdida de carga total (mca).

$P_{cl}$  = Pérdida de carga lateral (mca).

$P_{cp}$  = Pérdida de carga principal (mca).

**Potencia de la Bomba ( $P$ ).**

Potencia entregada por el motor al eje de la bomba:

$$P = Q \times ADT \times \frac{S}{75 \times \eta}$$

**Donde:**

$P$  = Potencia de la bomba (HP).

$Q$  = Caudal total (l/s).

$ADT$  = Altura dinámica total (mca).

$S$  = Gravedad específica (1 para agua limpia).

$\eta$  = Eficiencia de la bomba (%) (se considerará una eficiencia de 75%).

**Potencia del Motor (Pm).**

Esta dada por la siguiente formula:

$$Pm = \frac{P}{\eta m}$$

**Donde:**

Pm = Potencia del motor (HP).

P = Potencia de la bomba (HP).

$\eta m$  = Eficiencia del motor (%) (se considerará una eficiencia de 75%)

**Volumen total del tanque (m³).**

Se estimará con la siguiente formula:

$$V. \text{ total} = ((Tr \times Qpl1) + (Tr \times Qpl2)) \times 10\%$$

**Donde:**

V. total = Volumen total del tanque (m³).

Tr = Tiempo de riego del sector (hr).

Qpl1 = Caudal del porta lateral N° 1 (m³/hr).

Qpl2 = Caudal del porta lateral N° 2 (m³/hr).

10 % = se le aumentara el 10 % de su volumen para asegurar su capacidad.

**3.3 PLAN DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.**

Se analizarán los datos en el siguiente orden:

- ✓ Los datos obtenidos mediante las entrevistas de los trabajadores y usuarios se interpretaron para tener una idea concreta de la situación actual del complejo deportivo (operación, mantenimiento, etc.)
- ✓ Adquisición de datos e información existente (planos, datos meteorológicos, etc.)
- ✓ Datos topográficos obtenidos del levantamiento topográfico, elaboración de planos (curvas de nivel, cuadrícula) y comparación con los existentes.



- ✓ Caracterización del suelo mediante los análisis de laboratorio y prueba de infiltración.
- ✓ Con toda la información anterior calcular el diseño agronómico.
- ✓ Tener la certeza de cubrir las necesidades hídricas del cultivo mediante el balance hídrico y comparar con el balance hídrico sin proyecto.
- ✓ Diseñar toda la red hidráulica teniendo como base el diseño agronómico.

## **CAPITULO IV. RESULTADOS**

### **4.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.**

Se realizó el levantamiento topográfico y se obtuvo una nube de puntos (obteniendo coordenadas y cotas) de todo el complejo deportivo actual después se superpuso y se alineo con el plano de planta otorgado por la Municipalidad Provincial de Lambayeque observando que la cancha principal se encuentra en el mismo lugar y el tamaño es ligeramente más pequeño en la cancha actual (0.673 ha), debemos tener en cuenta que el grass estará presente en el área ovalada como se presenta en el plano de planta, por lo que el diseño de riego tecnificado se regirá a esta área (1.086 ha) en la cual se encuentra la cancha principal.

La cancha deportiva se encuentra sobresaliente al resto del terreno del complejo deportivo en aproximadamente 20 cm y presenta ligeras variaciones en su nivel (Plano de curvas de Nivel), y puesto que el área a regar en el plano de la municipalidad es mayor se le añadirá una capa de 20 cm y se hará una nivelación cero a la cota 19.191 (msnm) del terreno para que quede uniforme y lista para su utilización.

Por lo tanto, se obtuvo que el nivel mínimo actualmente en la cancha es de 18.814 msnm y el nivel máximo es de 19.191 msnm por lo que es una superficie relativamente plana, las pendientes más pronunciadas son de 1.57% en 10.05 metros y 1.13% en 21.75 metros.

En el anexo se presenta el plano de planta y el de curvas de nivel.

## 4.2 ESTUDIO DE SUELOS.

### 4.2.1 Muestreo del suelo.

Punto	X	Y
A1	619877.282	9258539.148
B2	619916.978	9258538.668
A3	619876.660	9258487.899
B4	619916.356	9258487.420
A5	619876.038	9258436.651
B6	619915.733	9258436.171

### 4.2.2 Textura del suelo.

Cuando se realizó el muestreo se observó una clara diferencia de suelos ya que la zona de estudio es arenosa (anteriormente dunas) y la cancha presenta una capa de suelo agregada de aproximadamente 20 cm, las muestras se tomaron según el perfil del suelo es decir hay muestras de 0 a 5 cm como también de 0 a 40 cm según se detectó el cambio de textura a nivel perceptivo (color, granulometría); no se encontró ningún tipo de gravas o piedras.

Cabe resaltar que la cuadrícula realizada se basó en el área definitiva que se encuentra en el plano de planta, por lo que dos puntos de muestreo quedan actualmente fuera de la cancha (A5 y B6) y de igual manera se procedió a extraer muestras a 40 cm de profundidad, aunque al momento del diseño se tendrá en cuenta solo los primeros 20 cm de la muestra.

Cuadro 1. *Datos Bouyucos*

A1 (0 - 5 cm)	A1 (5 - 30 cm)	A1 (30 - 40 cm)	B2 (0 - 15 cm)
1º Lectura	1º Lectura	1º Lectura	1º Lectura
T °C = 24.7   LH = 24.2	T °C = 24.6   LH = 27.1	T °C = 26.6   LH = 3.5	T °C = 25.4   LH = 36.3
2º Lectura	2º Lectura	2º Lectura	2º Lectura
T °C = 24.5   LH = 13	T °C = 24.7   LH = 15.3	T °C = 26   LH = 2.6	T °C = 25.2   LH = 26.8

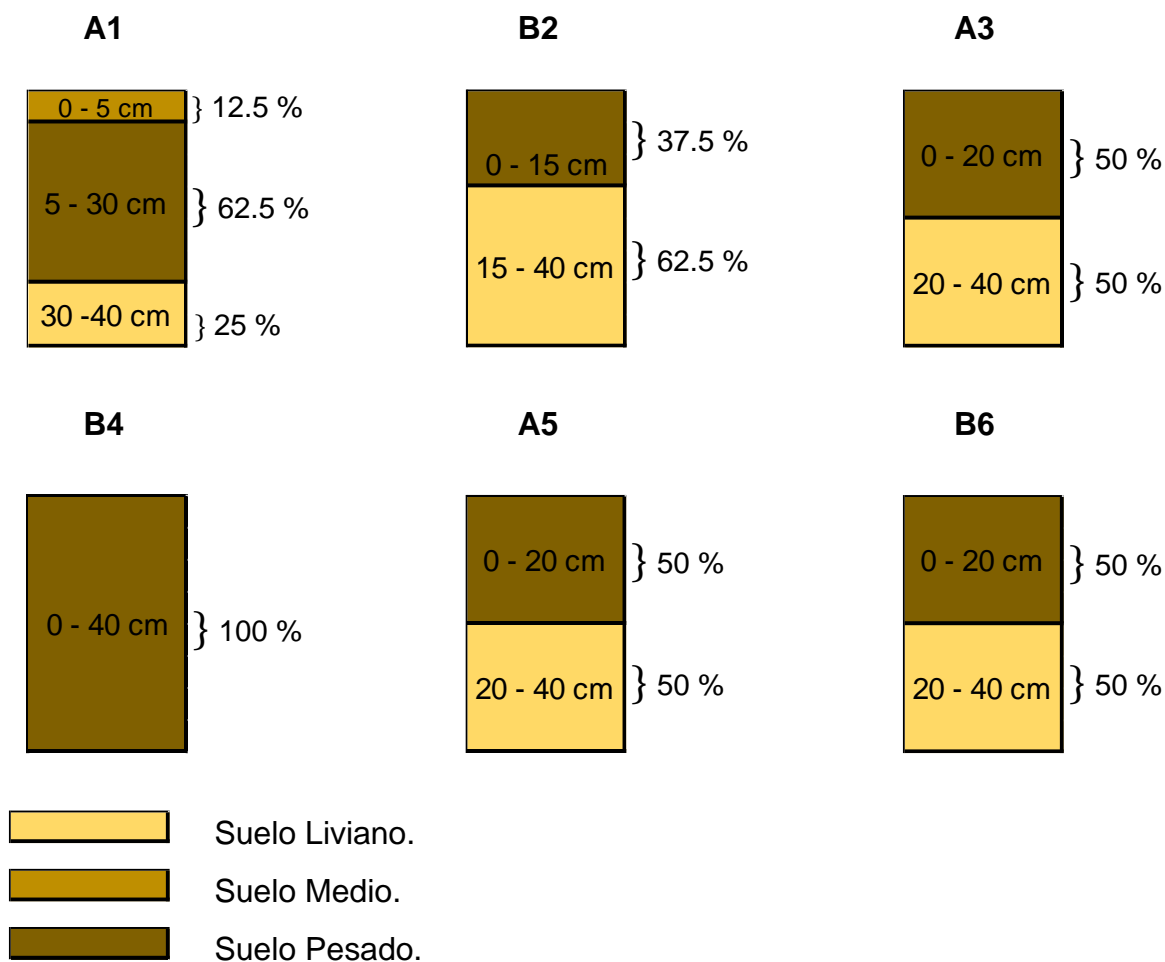
B2 (15 - 40 cm)	A3 (0 - 20 cm)	A3 (20 - 40 cm)	B4 (0 - 40 cm)
1º Lectura	1º Lectura	1º Lectura	1º Lectura
T °C = 24.9   LH = 2.2	T °C = 24.5   LH = 28.5	T °C = 25.3   LH = 1.6	T °C = 25.6   LH = 40.5
2º Lectura	2º Lectura	2º Lectura	2º Lectura
T °C = 24.8   LH = 1.5	T °C = 24.8   LH = 17.2	T °C = 25.1   LH = 1	T °C = 25.2   LH = 29.3

A5 (0 - 20 cm)	A5 (20 - 40 cm)	B6 (0 - 20 cm)	B6 (20 - 40 cm)
1º Lectura	1º Lectura	1º Lectura	1º Lectura
T °C = 25.9   LH = 28.6	T °C = 25.9   LH = 4.5	T °C = 25.8   LH = 27	T °C = 24.7   LH = 2.7
2º Lectura	2º Lectura	2º Lectura	2º Lectura
T °C = 25.5   LH = 19.4	T °C = 25.4   LH = 3.8	T °C = 25.8   LH = 19.2	T °C = 24.7   LH = 2.1

Cuadro 2. Resultados Bouyucos

METODO DEL HIDROMETRO O BOUYUCOS					
$FC = 0.36 (T \text{ } ^\circ C) - 7.2$ $LHC = LH + FC$			$\% Aa = 100 - (1^\circ LHC \times 2)$ $\% Ar = 2^\circ LHC \times 2$ $\% Lo = 100 - (\% Aa + \% Ar)$		
<b>A1 (0 - 5 cm)</b>			<b>A3 (20 - 40 cm)</b>		
FC1 =	1.692	FC2 =	1.620	FC1 =	1.908
1° LHC =	25.892	2° LHC =	14.620	1° LHC =	3.508
% Aa =	48.216	Textura = Fr Ar Aa		% Aa =	92.984
% Ar =	29.240			% Ar =	5.672
% Lo =	22.544			% Lo =	1.344
<b>A1 (5 - 30 cm)</b>			<b>B4 (0 - 40 cm)</b>		
FC1 =	1.656	FC2 =	1.692	FC1 =	2.016
1° LHC =	28.756	2° LHC =	16.992	1° LHC =	42.516
% Aa =	42.488	Textura = Fr Ar		% Aa =	14.968
% Ar =	33.984			% Ar =	62.344
% Lo =	23.528			% Lo =	22.688
<b>A1 (30 - 40 cm)</b>			<b>A5 (0 - 20 cm)</b>		
FC1 =	2.376	FC2 =	2.160	FC1 =	2.124
1° LHC =	5.876	2° LHC =	4.760	1° LHC =	30.724
% Aa =	88.248	Textura = Aa Fr		% Aa =	38.552
% Ar =	9.520			% Ar =	42.760
% Lo =	2.232			% Lo =	18.688
<b>B2 (0 - 15 cm)</b>			<b>A5 (20 - 40 cm)</b>		
FC1 =	1.944	FC2 =	1.872	FC1 =	2.124
1° LHC =	38.244	2° LHC =	28.672	1° LHC =	6.624
% Aa =	23.512	Textura = Ar		% Aa =	86.752
% Ar =	57.344			% Ar =	11.488
% Lo =	19.144			% Lo =	1.760
<b>B2 (15 - 40 cm)</b>			<b>B6 (0 - 20 cm)</b>		
FC1 =	1.764	FC2 =	1.728	FC1 =	2.088
1° LHC =	3.964	2° LHC =	3.228	1° LHC =	29.088
% Aa =	92.072	Textura = Aa		% Aa =	41.824
% Ar =	6.456			% Ar =	42.576
% Lo =	1.472			% Lo =	15.600
<b>A3 (0 - 20 cm)</b>			<b>B6 (20 - 40 cm)</b>		
FC1 =	1.620	FC2 =	1.728	FC1 =	1.692
1° LHC =	30.120	2° LHC =	18.928	1° LHC =	4.392
% Aa =	39.760	Textura = Fr Ar		% Aa =	91.216
% Ar =	37.856			% Ar =	7.584
% Lo =	22.384			% Lo =	1.200

### Perfil textural de las muestras de suelo:



### 4.2.3 Densidad aparente (Da).

Cuadro 3. Datos y resultados (Da)

DENSIDAD APARENTE	
Da (gr/cm <sup>3</sup> ) = Pss / Vt	
A1 (0 - 5 cm) =	1.163
A1 (5 - 30 cm) =	1.256
A1 (30 - 40 cm) =	1.429
B2 (0 - 15 cm) =	1.316
B2 (15 - 40 cm) =	1.493
A3 (0 - 20 cm) =	1.220
A3 (20 - 40 cm) =	1.471
B4 (0 - 40 cm) =	1.250
A5 (0 - 20 cm) =	1.282
A5 (20 - 40 cm) =	1.449
B6 (0 - 20 cm) =	1.282
B6 (20 - 40 cm) =	1.449

Lecturas	
Datos: Peso de suelo: 50 gr	
A1 (0 - 5 cm) =	43.0
A1 (5 - 30 cm) =	39.8
A1 (30 - 40 cm) =	35.0
B2 (0 - 15 cm) =	38.0
B2 (15 - 40 cm) =	33.5
A3 (0 - 20 cm) =	41.0
A3 (20 - 40 cm) =	34.0
B4 (0 - 40 cm) =	40.0
A5 (0 - 20 cm) =	39.0
A5 (20 - 40 cm) =	34.5
B6 (0 - 20 cm) =	39.0
B6 (20 - 40 cm) =	34.5

#### 4.2.4 Densidad real (Dr).

Cuadro 4. *Datos (Dr).*

Datos		
Puntos	Psfa	T °C
A1 (0 - 5 cm) =	160.39	25.7
A1 (5 - 30 cm) =	159.72	24.9
A1 (30 - 40 cm) =	160.08	24.8
B2 (0 - 15 cm) =	159.73	25.6
B2 (15 - 40 cm) =	160.22	25.3
A3 (0 - 20 cm) =	159.82	25.5
A3 (20 - 40 cm) =	160.10	25.0
B4 (0 - 40 cm) =	159.61	25.7
A5 (0 - 20 cm) =	159.74	25.3
A5 (20 - 40 cm) =	160.01	25.2
B6 (0 - 20 cm) =	159.88	25.7
B6 (20 - 40 cm) =	160.06	25.7

Datos	
Pf =	54.350
Pfa =	153.730
Ps =	10
Pfs =	64.350
Dag 24 °C =	0.997
Dag 25 °C =	0.997

Cuadro 5. *Resultados (Dr).*

DENSIDAD REAL	
$Dr = \frac{Dag (Ps)}{Pfa + Pfs - Pfsa - Pf}$	
A1 (0 - 5 cm) =	2.985
A1 (5 - 30 cm) =	2.487
A1 (30 - 40 cm) =	2.732
B2 (0 - 15 cm) =	2.493
B2 (15 - 40 cm) =	2.841
A3 (0 - 20 cm) =	2.550
A3 (20 - 40 cm) =	2.747
B4 (0 - 40 cm) =	2.420
A5 (0 - 20 cm) =	2.499
A5 (20 - 40 cm) =	2.680
B6 (0 - 20 cm) =	2.590
B6 (20 - 40 cm) =	2.717

#### 4.2.5 Porosidad (P).

POROSIDAD (%)	
$P = 100 \times \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right)$	
A1 (0 - 5 cm) =	61.049
A1 (5 - 30 cm) =	49.488
A1 (30 - 40 cm) =	47.718
B2 (0 - 15 cm) =	47.214
B2 (15 - 40 cm) =	47.459
A3 (0 - 20 cm) =	52.177
A3 (20 - 40 cm) =	46.461
B4 (0 - 40 cm) =	48.349
A5 (0 - 20 cm) =	48.696
A5 (20 - 40 cm) =	45.929
B6 (0 - 20 cm) =	50.496
B6 (20 - 40 cm) =	46.656

#### 4.2.6 Conductividad Eléctrica (CE) y PH.

El valor del ph lo determinamos del promedio de 4 lecturas tomadas desde dos peachímetros pertenecientes al laboratorio de recursos hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola - UNPRG, puesto que variaban ligeramente sus lecturas.

Muestra	Ce (ms/cm)	Ph
A1 (0 - 5 cm) =	0.95	7.473
A1 (5 - 30 cm) =	0.78	7.056
A1 (30 - 40 cm) =	0.46	7.202
B2 (0 - 15 cm) =	2.03	7.277
B2 (15 - 40 cm) =	0.63	7.254
A3 (0 - 20 cm) =	1.03	6.799
A3 (20 - 40 cm) =	0.54	7.394
B4 (0 - 40 cm) =	1.69	7.403
A5 (0 - 20 cm) =	1.49	7.197
A5 (20 - 40 cm) =	1.27	6.935
B6 (0 - 20 cm) =	2.32	7.170
B6 (20 - 40 cm) =	0.46	7.148

La clasificación del suelo según su Ph (7.192 promedio) es neutro y teniendo como dato que el Ph adecuado para que el cultivo Bermuda Grass (Cynodon dactylon L.) se desarrolle óptimamente es de 5 a 8.5 se puede concluir que el Ph presente en el campo es adecuado.

La clasificación del suelo según su  $C_e$  (1.138 promedio) es ligeramente salino y siendo el Bermuda Grass (*Cynodon dactylon* L.) un cultivo resistente a la salinidad este suelo es más que suficiente para que se desarrolle con normalidad.

#### 4.2.7 Capacidad de Campo (CC).

Cuadro 6. *Datos de Laboratorio*

Datos (CC)			
Muestra	P. Tarro	Psh + P. T	Pss + P. T
A1 (0 - 5 cm) =	27.51	63.31	56.67
A1 (5 - 30 cm) =	27.41	66.87	58.21
A1 (30 - 40 cm) =	51.64	95.58	91.91
B2 (0 - 15 cm) =	27.13	76.85	63.2
B2 (15 - 40 cm) =	27.73	55.53	53.29
A3 (0 - 20 cm) =	27.96	60.34	53.6
A3 (20 - 40 cm) =	27.35	53.68	51.87
B4 (0 - 40 cm) =	27.95	58.74	49.69
A5 (0 - 20 cm) =	27.83	64.76	55.36
A5 (20 - 40 cm) =	27.57	65.58	62.49
B6 (0 - 20 cm) =	51.62	109.89	95.36
B6 (20 - 40 cm) =	27.5	60.27	57.68

Los valores de CC se obtuvieron mediante el promedio de los dos métodos que se utilizaron y después se comparó con la tabla de propiedades físicas del suelo según textura, los valores promediados están dentro del rango de la tabla excepto el de la muestra B4 (0 – 40 cm) por lo que se va a tomar el valor que más se ajuste al criterio de la tabla presentada.



Cuadro 7. Resultados de CC.

Capacidad de Campo (CC)			
Muestra	$CC = \left( \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \right) \times 100$	$CC = 0.023 (\% Aa) + 0.25 (\% Lo) + 0.61 (\% Ar)$	Valor a tomar
A1 (0 - 5 cm) =	22.771	24.581	23.676
A1 (5 - 30 cm) =	28.117	27.589	27.853
A1 (30 - 40 cm) =	9.113	8.395	8.754
B2 (0 - 15 cm) =	37.843	40.307	39.075
B2 (15 - 40 cm) =	8.764	6.424	7.594
A3 (0 - 20 cm) =	26.287	29.603	27.945
A3 (20 - 40 cm) =	7.382	5.935	6.658
B4 (0 - 40 cm) =	41.628	44.046	41.628
A5 (0 - 20 cm) =	34.145	31.642	32.893
A5 (20 - 40 cm) =	8.849	9.443	9.146
B6 (0 - 20 cm) =	33.219	30.833	32.026
B6 (20 - 40 cm) =	8.582	7.024	7.803

#### 4.2.8 Punto de Marchitez Permanente (PMP).

Los valores de PMP se obtuvieron mediante el promedio de los dos métodos que se utilizaron y después se comparó con la tabla de propiedades físicas del suelo según textura, los valores promediados están dentro del rango de la tabla excepto los de la muestra B2 (0 – 15 cm) y B4 (0 – 40 cm) por lo que se va a tomar el valor que más se ajuste al criterio de la tabla presentada.

Punto de Marchitez Permanente (PMP)			
Muestra	$PMP = 0.302 (\% Ar) + 0.102 (\% Lo) + 0.0147 (\% Aa)$	$Aa = 0.4 CC$ $Fr = 0.5 CC$ $Ar = 0.6 CC$	Valor a Tomar
A1 (0 - 5 cm) =	11.839	11.838	11.838
A1 (5 - 30 cm) =	13.288	13.927	13.607
A1 (30 - 40 cm) =	4.400	3.502	3.951
B2 (0 - 15 cm) =	19.616	23.445	19.616
B2 (15 - 40 cm) =	3.453	3.038	3.245
A3 (0 - 20 cm) =	14.300	13.972	14.136
A3 (20 - 40 cm) =	3.217	2.663	2.940
B4 (0 - 40 cm) =	21.362	25.702	21.362
A5 (0 - 20 cm) =	15.386	19.736	17.561
A5 (20 - 40 cm) =	4.924	3.658	4.291
B6 (0 - 20 cm) =	15.064	19.216	17.140
B6 (20 - 40 cm) =	3.754	3.121	3.437

#### 4.2.9 Agua Disponible (AD).

El agua disponible simplemente es la resta de la CC y PMP y los resultados son los siguientes:

Agua Disponible (AD) %		
A1 (0 - 5 cm)	=	11.838
A1 (5 - 30 cm)	=	14.246
A1 (30 - 40 cm)	=	4.803
B2 (0 - 15 cm)	=	19.459
B2 (15 - 40 cm)	=	4.348
A3 (0 - 20 cm)	=	13.809
A3 (20 - 40 cm)	=	3.718
B4 (0 - 40 cm)	=	20.266
A5 (0 - 20 cm)	=	15.332
A5 (20 - 40 cm)	=	4.855
B6 (0 - 20 cm)	=	14.886
B6 (20 - 40 cm)	=	4.366

#### 4.2.10 Prueba de Infiltración de Doble Anillo.

Las coordenadas del punto donde se hizo la prueba de infiltración son: 619879.600, 9258468.600.

**Cuadro 8. Datos de Campo**

Hora	Interv. Tiempo Muerto	Interv. Entre Lecturas	Tiempo Acumulado	Lectura	Lamina Parcial	Lamina Acumulad a	Velocidad de Infiltración	Velocidad de Infiltración Acumulada
	(min)	(min)	(min)	(cm)	(mm)	(mm)	(mm/hr)	(mm/hr)
08:00	-	0	0	13.7	0	0	0	
08:01	-	1	1	13.9	2	2	120	120
08:02	-	1	2	14.1	2	4	120	120
08:03	-	1	3	14.2	1	5	60	100
08:04	-	1	4	14.2	0	5	0	75
08:07	-	3	7	14.2	0	5	0	60
08:10	-	3	10	14.4	2	7	40	56.667
08:15	-	5	15	14.4	0	7	0	48.571
08:23	-	8	23	14.5	1	8	7.5	43.438
08:33	-	10	33	14.5	0	8	0	38.611
08:48	-	15	48	14.6	1	9	4	35.150
09:08	-	20	68	14.7	1	10	3	32.227
09:33	-	25	93	14.8	1	11	2.4	29.742
10:08	-	35	128	14.9	1	12	1.71	27.586
10:53	-	45	173	15	1	13	1.33	25.711
11:53	-	60	233	15.1	1	14	1	24.063
13:08	-	75	308	15.2	1	15	0.8	22.609
14:38	-	90	398	15.3	1	16	0.67	21.318

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 9. Mínimos Cuadrados**

Tiempo Acumulado	Lamina Acumulada	Log t	Log d	Log t x Log d	(Log t) <sup>2</sup>	(Log d) <sup>2</sup>	Infiltración Acumulada (Ia) (mm)	Vel. Infiltración Promedio (Ip)	Vel. Infiltración Instantanea (I)
1	2	0	0.301	0	0	0.091	3.026	181.532	52.009
2	4	0.301	0.602	0.181	0.091	0.362	3.690	110.705	31.717
3	5	0.477	0.699	0.333	0.228	0.489	4.145	82.895	23.749
4	5	0.602	0.699	0.421	0.362	0.489	4.501	67.512	19.342
7	5	0.845	0.699	0.591	0.714	0.489	5.284	45.287	12.975
10	7	1.000	0.845	0.845	1	0.714	5.852	35.112	10.059
15	7	1.176	0.845	0.994	1.383	0.714	6.573	26.291	7.532
23	8	1.362	0.903	1.230	1.854	0.816	7.429	19.380	5.552
33	8	1.519	0.903	1.371	2.306	0.816	8.239	14.979	4.292
48	9	1.681	0.954	1.604	2.827	0.911	9.172	11.465	3.285
68	10	1.833	1	1.833	3.358	1	10.135	8.942	2.562
93	11	1.968	1.041	2.050	3.875	1.084	11.086	7.152	2.049
128	12	2.107	1.079	2.274	4.440	1.165	12.148	5.695	1.631
173	13	2.238	1.114	2.493	5.009	1.241	13.243	4.593	1.316
233	14	2.367	1.146	2.713	5.604	1.314	14.423	3.714	1.064
308	15	2.489	1.176	2.927	6.193	1.383	15.623	3.043	0.872
398	16	2.600	1.204	3.131	6.759	1.450	16.814	2.535	0.726
Sumatoria $\Sigma =$		24.565	15.211	24.991	46.004	14.526			

**Fuente:** Elaboración propia

n = N° de lecturas = 17

### Cálculos de Infiltración Acumulada (d):

$$m = \frac{\frac{\sum(\log t \cdot \log d)}{n} - \frac{\sum \log t}{n} \times \frac{\sum \log d}{n}}{\frac{\sum(\log t)^2}{n} - \left(\frac{\sum \log t}{n}\right)^2}$$
$$m = \frac{\frac{24.991}{17} - \frac{24.565}{17} \times \frac{15.211}{17}}{\frac{46.004}{17} - \left(\frac{24.565}{17}\right)^2}$$
$$m = 0.286$$

$$\log K = \frac{\sum \log d}{n} - m \cdot \frac{\sum \log t}{n}$$
$$\log K = \frac{15.211}{17} - 0.286 \cdot \frac{24.565}{17}$$
$$\log K = 0.481$$

$$K = 3.026$$

$$d = 3.026 \times t^{0.286}$$

### Cálculos de Infiltración Promedio (Ip)

$$I_p = (K \times 60) \cdot t^{-n}$$

Donde:

$$-n = m - 1$$

$$m = 0.286$$

Entonces:

$$I_p = (181.532) \cdot t^{-0.714}$$

### Cálculos de Infiltración Instantánea (I)

$$I = (K \times m \times 60) \cdot t^{-n}$$

**Donde:**

$$-n = m - 1$$

$$m = 0.286$$

**Entonces:**

$$I = (52.009).t^{-0.174}$$

**Cálculo de Infiltración Básica (Ib)**

$$Ib = (K \times m \times 60).Tb^{-n}$$

**Donde:**

$$Tb = \left( \frac{-0.1}{(K \times m \times 60).-n} \right)^{\frac{1}{m-2}}$$

$$Tb = \left( \frac{-0.1}{(52.009) \times -0.714} \right)^{\frac{1}{-1.714}}$$

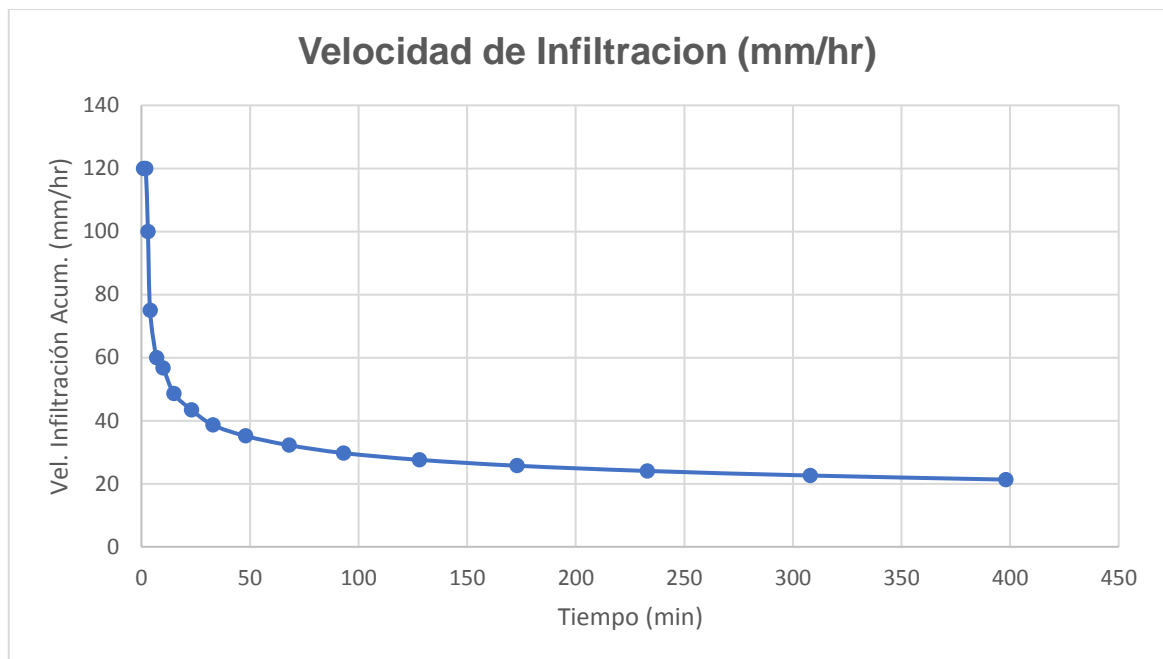
$$Tb = 43.845$$

**Entonces:**

$$Ib = (52.009).43.845^{-0.714}$$

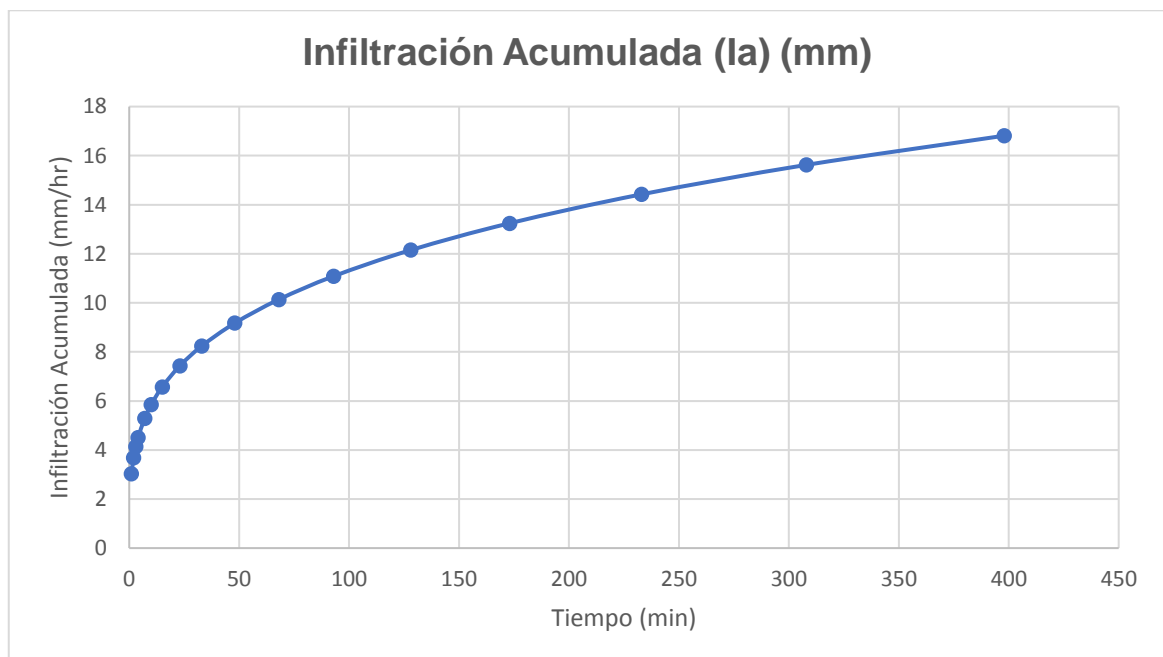
$$Ib = 3.342 \text{ (mm/hr).}$$

Gráfico 1. *Velocidad de Infiltración.*



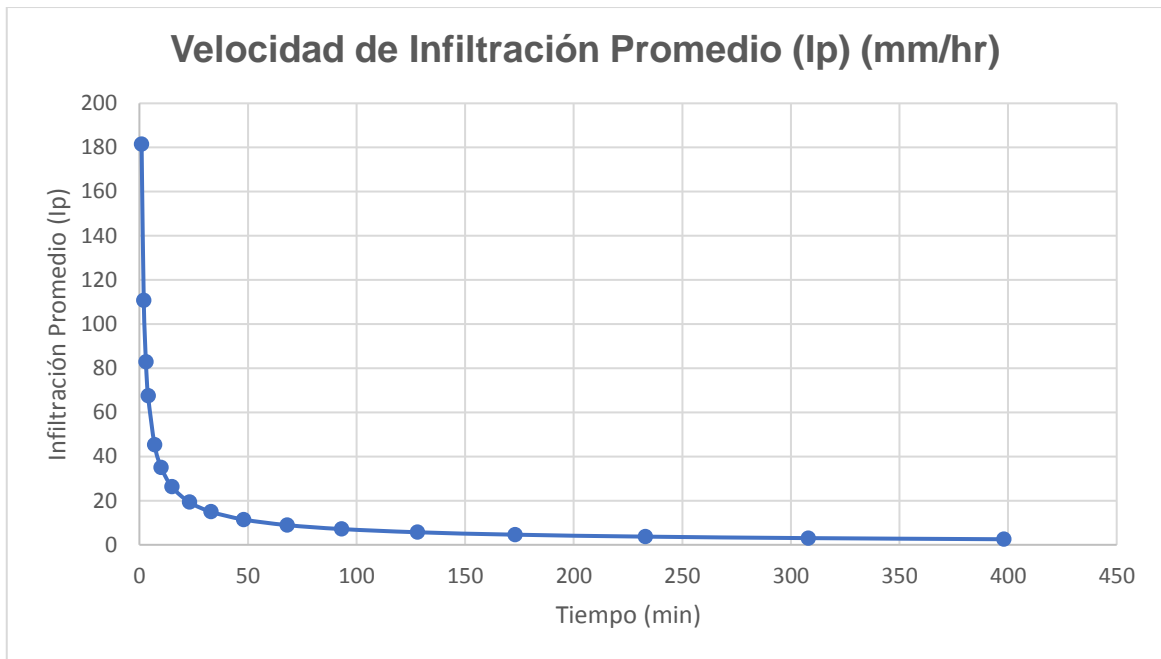
**Fuente:** Elaboración propia

Gráfico 2. *Infiltración Acumulada.*



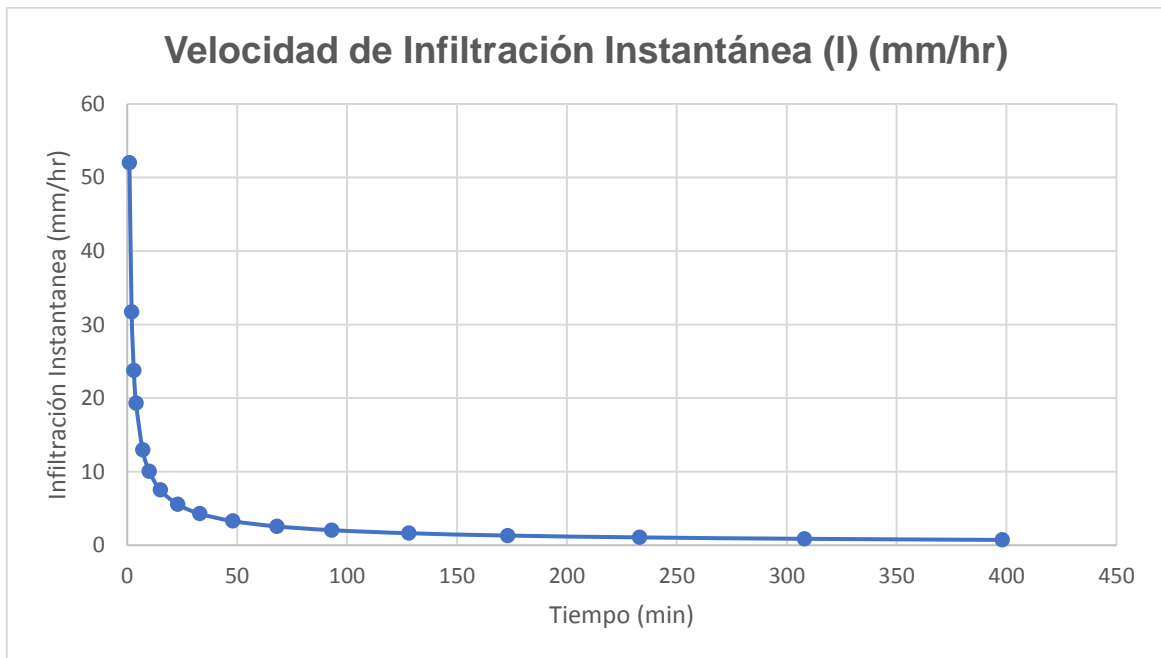
**Fuente:** Elaboración propia

Gráfico 3. *Velocidad de Infiltración Promedio*.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. *Velocidad de Infiltración Instantánea*.



Fuente: Elaboración propia



### 4.3 DISEÑO AGRONOMICO

#### 4.3.1 Evapotranspiración Potencial (Eto)

Para el cálculo de la Eto se promediaron los datos meteorológicos del 2014, 2015, 2016, 2018, 2019 exceptuando el 2017 puesto que ocurrió el fenómeno del niño costero.

País		Perú		Estación		Lambayeque					
Altitud		18 m.		Latitud		6.70 °S		Longitud		79.92 °W	
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo				
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día				
Enero	20.7	29.0	81	4.2	5.9	18.8	4.27				
Febrero	21.7	29.4	83	3.9	5.4	18.3	4.15				
Marzo	20.9	29.0	84	4.7	5.7	18.4	4.09				
Abril	19.6	27.4	86	6.1	5.4	16.8	3.57				
Mayo	19.3	26.5	85	4.0	4.8	14.8	3.17				
Junio	18.0	25.1	85	3.9	4.7	13.9	2.89				
Julio	16.5	23.9	85	3.8	4.9	14.5	2.83				
Agosto	15.6	23.4	85	4.2	5.3	16.1	2.96				
Septiembre	15.9	23.9	84	5.1	5.5	17.6	3.35				
Octubre	17.0	24.3	83	4.6	5.1	17.5	3.47				
Noviembre	18.2	25.5	82	4.5	5.1	17.6	3.65				
Diciembre	19.4	27.4	82	5.4	5.7	18.4	4.06				
Promedio	18.6	26.2	84	4.5	5.3	16.9	3.54				

Fuente: Elaboración propia

#### EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL "Eto" (mm/día) y (mm/mes)

Estación	MESES											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Lambayeque	4.27	4.14	4.10	3.58	3.17	2.89	2.82	2.97	3.35	3.49	3.64	4.05
	132.4	115.9	127.1	107.4	98.3	86.7	87.4	92.1	100.5	108.2	109.2	125.6

#### Cedula de Cultivo

##### CRONOGRAMA MENSUAL SIN PROYECTO (Cancha de Futbol)

CULTIVO PRINCIPAL	Area (ha)	AREAS (ha)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Grass Bermuda	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09

Fuente: Elaboración Propia

##### CRONOGRAMA MENSUAL CON PROYECTO (Cancha de Futbol)

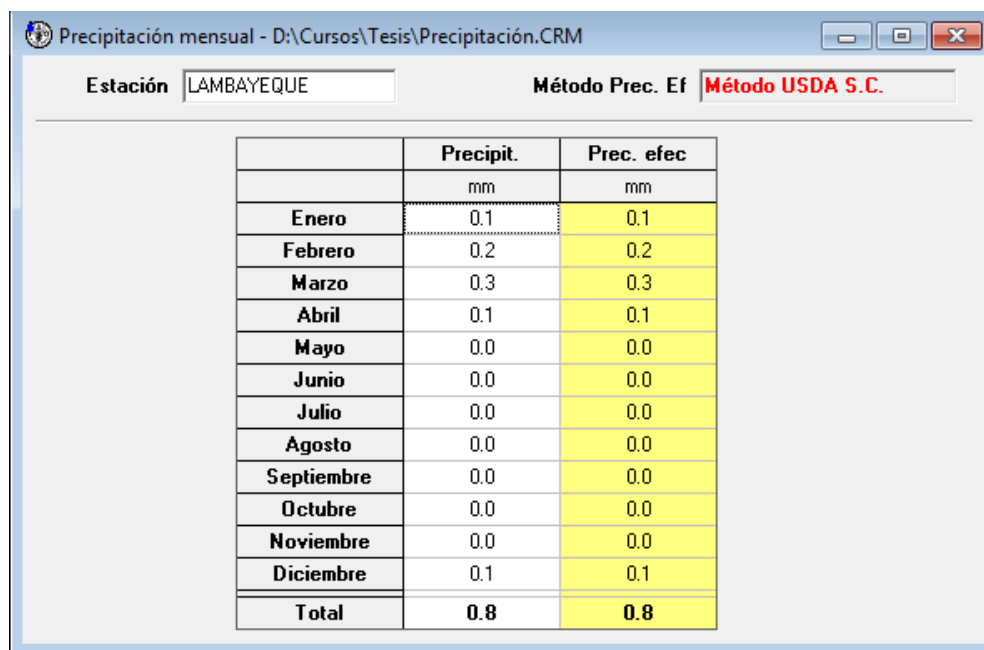
CULTIVO PRINCIPAL	Area (ha)	AREAS (ha)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Grass Bermuda	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.2 Demanda de Agua.

A fin del proyecto el Kc escogido para hallar la Etc es el mayor por motivos de diseño, puesto que este se hará con la mayor demanda hídrica del cultivo.

#### Precipitación Efectiva (Pe)



	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	0.1	0.1
Febrero	0.2	0.2
Marzo	0.3	0.3
Abril	0.1	0.1
Mayo	0.0	0.0
Junio	0.0	0.0
Julio	0.0	0.0
Agosto	0.0	0.0
Septiembre	0.0	0.0
Octubre	0.0	0.0
Noviembre	0.0	0.0
Diciembre	0.1	0.1
Total	0.8	0.8

Fuente: Elaboración propia

### DEMANDA DE AGUA SIN PROYECTO (CANCHA DE FUTBOL)

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1. Evapotranspiración Potencial "ET <sub>o</sub> "	(mm/día)	4.27	4.14	4.10	3.58	3.17	2.89	2.82	2.97	3.35	3.49	3.64	4.05
2. Coeficiente de cultivo ponderado "K <sub>c</sub> "		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3. Evapot. de cultivo o Uso Consultivo "ET <sub>c</sub> " (1*2)	(mm/día)	4.27	4.14	4.10	3.58	3.17	2.89	2.82	2.97	3.35	3.49	3.64	4.05
4. Precipitación Efectiva "P <sub>e</sub> "	(mm/día)	0.10	0.20	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
5. Déficit de Humedad "DH" o Nec netas "N <sub>n</sub> " (3-4)	(mm/día)	4.17	3.94	3.80	3.48	3.17	2.89	2.82	2.97	3.35	3.49	3.64	3.95
6. Eficiencia de Aplicación de riego "E <sub>ar</sub> "	(%)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
7. N° días del mes	(días)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
8. Requerim. Agua Riego "RAC" o Nec totales "N <sub>t</sub> " (5/6)	(mm/día)	10.43	9.85	9.50	8.70	7.93	7.23	7.05	7.43	8.38	8.73	9.10	9.88
	(m <sup>3</sup> /ha/día)	104.25	98.50	95.00	87.00	79.25	72.25	70.50	74.25	83.75	87.25	91.00	98.75
9. Volumen demandado promedio mensual "V <sub>dpm</sub> "	(m <sup>3</sup> /ha/mes)	3,231.75	2,758.00	2,945.00	2,610.00	2,456.75	2,167.50	2,185.50	2,301.75	2,512.50	2,704.75	2,730.00	3,061.25
10. Área de Riego "A <sub>r</sub> "	ha	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
11. Volumen demandado total mensual "V <sub>dtm</sub> " (9*10)	m <sup>3</sup> /mes	3,508.26	2,993.98	3,196.98	2,833.32	2,666.95	2,352.95	2,372.50	2,498.69	2,727.47	2,936.17	2,963.58	3,323.18

Se observa que el mes de mayor demanda sin proyecto es **Enero**

**El volumen anual demandado es de 34 374.04 m<sup>3</sup>**

**Fuente:** Elaboración propia

Demanda máxima	104.25
Demanda mínima	70.50
Demanda promedio	86.81

### DEMANDA DE AGUA CON PROYECTO (CANCHA DE FUTBOL)

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1. Evapotranspiración Potencial "ET <sub>o</sub> "	(mm/día)	4.27	4.14	4.10	3.58	3.17	2.89	2.82	2.97	3.35	3.49	3.64	4.05
2. Coeficiente de cultivo ponderado "K <sub>c</sub> "		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3. Evapot. de cultivo o Uso Consultivo "ET <sub>c</sub> " (1*2)	(mm/día)	4.27	4.14	4.10	3.58	3.17	2.89	2.82	2.97	3.35	3.49	3.64	4.05
4. Precipitación Efectiva "P <sub>e</sub> "	(mm/día)	0.10	0.20	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
5. Déficit de Humedad "DH" o Nec netas "N <sub>n</sub> " (3-4)	(mm/día)	4.17	3.94	3.80	3.48	3.17	2.89	2.82	2.97	3.35	3.49	3.64	3.95
6. Eficiencia de Aplicación de riego "E <sub>ar</sub> "	(%)	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
7. N° días del mes	(días)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
8. Pérdida de Agua por percolación "K" (mayor)		0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152
9. Coeficiente de Uniformidad "CU"		0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
10. Requerim. Agua Riego "RAC" o Nec totales "N <sub>t</sub> " (5/6)	(mm/día)	5.58	5.28	5.09	4.66	4.25	3.87	3.78	3.98	4.49	4.67	4.88	5.29
	(m3/ha/día)	55.85	52.77	50.89	46.61	42.46	38.71	37.77	39.78	44.87	46.74	48.75	52.90
11. Volumen demandado promedio mensual "V <sub>dpm</sub> "	(m3/ha/mes)	1,731.29	1,477.50	1,577.68	1,398.21	1,316.12	1,161.16	1,170.80	1,233.08	1,345.98	1,448.97	1,462.50	1,639.96
12. Área de Riego "A <sub>r</sub> "	ha	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
13. Volumen demandado total mensual "V <sub>dtm</sub> " (9*10)	m3/mes	1,879.4	1,603.92	1,712.67	1,517.85	1,428.73	1,260.51	1,270.98	1,338.58	1,461.15	1,572.95	1,587.63	1,780.27

Se observa que el mes de mayor demanda con proyecto es Enero

**El volumen anual demandado es de 18 414.66 m3**

**Fuente:** Elaboración propia

Demanda máxima	55.85
Demanda mínima	37.77
Demanda promedio	46.51

### 4.3.3 Oferta de Agua.

Las tomas de agua disponibles en total son 6 y cada una tiene una tubería de  $\frac{3}{4}$ ", lo que significa que aportan un cauda de 0.691 l/seg para el cálculo hemos tenido en consideración solo 3 tomas de agua que tienen que redimensionarse y adecuarse a la futura ubicación del tanque de agua; además el agua potable solo está disponible por turnos de 5 am a 9 am, de 11 am a 3 pm y de 6 a 9 pm lo cual da un total de 11 horas de abastecimiento de agua potable.

#### OFERTA DE AGUA

DESCRIPCION	UNID	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1. Caudal promedio de entrega "Q"	L/s	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07
	m <sup>3</sup> /hr	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
2. Tiempo de captación de agua	horas	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
4. Numero de días al mes	días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
6. Volumen ofertado promedio mensual "Vopm"	m3/mes	2544.81	2298.54	2544.81	2462.72	2544.81	2462.72	2544.81	2544.81	2462.72	2544.81	2462.72	2544.81

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4 Criterios Agronómicos.

Los datos utilizados del estudio de suelo para hacer el diseño agronómico como la Da, CC y PMP se tomaron del promedio de las capas (pesadas) predominantes en toda la cancha que es prácticamente de donde el cultivo va a tomar el agua y se va a desarrollar.

CRITERIOS AGRONÓMICOS			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS	
1. Tipo de Cultivo/Variedad		Grass Bermuda	Forraje
2. Tipo de Suelo		Arcilloso Arenoso	Est. Suelos
3. Densidad Aparente "Da"	gr/cm3	1.268	Est. Suelos
4. Capacidad de Campo "CC"	%	33.570	Est. Suelos
5. Punto de Marchitez Permanente "PMP"	%	17.237	Est. Suelos
6. Nivel de Agotamiento Permisible "NAP"	%	60.000	
7. Profundidad Radicular Efectiva "Pr"	m	0.3	
<b>8. Primera Lamina de Riego Neta "Ln"</b>	mm	3.727	$(((4-5)/100)*7*3*6)$
9. Necesidad Neta "Nn"	mm/día	4.170	
<b>10. Frecuencia o Intervalos de Riego "Fr"</b>	Días	0.894	<b>(8/9)</b>
<b>11. Reajuste de "Fr"</b>	Días	1.000	
<b>12. Lamina de Riego Neta FINAL "Ln"</b>	mm	<b>4.170</b>	<b>(11*9)</b>
13. Necesidad de Lavado "Lr"		0.152	
14. Eficiencia de aplicación "Ea"	%	79%	<b>(15*16)</b>
15. Eficiencia de distribución "EDa"	%	87%	
16. Proporción de agua que llega al suelo "Pe"	%	91%	
<b>17. Primera Lamina de Riego Bruta o Total "Lt"</b>	mm	5.267	<b>(12/14)</b>
<b>1er ASPERSOR</b>			
18. Caudal del Aspensor "Ca"	m3/hr	2.900	Ficha técnica
19. Área de Humedecimiento del Aspensor "Ah"	m2	951.149	
20. Infiltración Básica del suelo "Ib"	mm/hr	3.342	Est. Suelos
<b>21. Intensidad de Aplicación del aspensor "Ia"</b>	mm/hr	<b>3.049</b>	<b>(18*1000)/19</b>
22. Verificación Intensidad de Aplicación		<b>OK</b>	
<b>23. Tiempo de Riego "Tr"</b>	hr	1.728	1hr 44min (17/21)
<b>2do ASPERSOR</b>			
24. Caudal del Aspensor "Ca"	m3/hr	0.540	
25. Área de Humedecimiento del Aspensor "Ah"	m2	179.840	
26. Infiltración Básica del suelo "Ib"	mm/hr	3.342	
<b>27. Intensidad de Aplicación del aspensor "Ia"</b>	mm/hr	<b>3.003</b>	
28. Verificación Intensidad de Aplicación		<b>OK</b>	
<b>29. Tiempo de Riego "Tr"</b>	hr	1.754	1hr 45 min (17/27)
<b>3er ASPERSOR</b>			
30. Caudal del Aspensor "Ca"	m3/hr	0.500	
31. Área de Humedecimiento del Aspensor "Ah"	m2	164.734	
32. Infiltración Básica del suelo "Ib"	mm/hr	3.342	
<b>33. Intensidad de Aplicación del aspensor "Ia"</b>	mm/hr	<b>3.035</b>	
34. Verificación Intensidad de Aplicación		<b>OK</b>	
<b>35. Tiempo de Riego "Tr"</b>	hr	1.735	1 hr 44 min (17/33)
<b>36. Tiempo de Riego Final "Tr"</b>	hr	<b>1.750</b>	<b>1 hr 45min</b>
<b>37. Lamina de Riego Bruta o Total FINAL "Lt"</b>	mm	<b>5.301</b>	<b>(21*24)</b>
38. Área del terreno	m2	10855.617	
<b>Nº Aspersores</b>	Unidad	53	

Fuente: Elaboración propia

### Datos de la ficha técnica del 1er Aspersor.

ASPERSOR I-40 (Marca Hunter)	
Boquilla Doble Opuesta I-40 (18 rojo)	
Presión =	3.0 bar ó 30 mca
Radio =	17.4 m
Caudal =	2.9 m <sup>3</sup> /hr ó 48.3 l/min

Con un área de humedecimiento de 951.149 m<sup>2</sup>.

### Datos de la ficha técnica del 2do Aspersor.

ASPERSOR I-20 (Marca Hunter)	
Boquilla Estandar Azules PGP Ultra I-20 (3,0 Azul)	
Presión =	2 bar ó 20 mca
Radio =	10.7
Caudal =	0.54 m <sup>3</sup> /hr ó 9 l/min

Con un área de humedecimiento de 179.840 m<sup>2</sup>.

### Datos de la ficha técnica del 3er Aspersor.

ASPERSOR I-20 (Marca Hunter)	
Boquilla Estandar Azules PGP Ultra I-20 (3,0 Azul)	
Presión =	1.7 bar ó 17 mca
Radio =	10.7
Caudal =	0.5 m <sup>3</sup> /hr ó 8.33 l/min

Con un área de humedecimiento de 164.734 m<sup>2</sup>.

### Marco de Riego:

Teniendo en cuenta que vamos a utilizar la disposición o marco de riego cuadrado o rectangular que es la que más se ajusta a la forma del área de la cancha y que el promedio de la velocidad del viento llega a los 4.5 m/s se ha disminuido el marco de riego de 60% diámetro del aspersor al 50% del diámetro del aspersor como indica la metodología, lo cual nos daría un marco de riego de 17.4 m x 17.4 m para el 1er aspersor que son los que se encuentran en el centro del terreno; los otros dos tipos de aspersores se ubicaron según la forma del terreno y teniendo en consideración su ubicación al 50 % del diámetro y tienen un cálculo de área de humedecimiento según el ángulo de aplicación.

### Distancia de los laterales.

Longitud de Tuberia (m)	
Tuberia Primaria =	9.991
Porta Lateral N° 1 =	98.728
Porta Lateral N° 2 =	224.737
Lateral N° 1 =	76.880
Lateral N° 2 =	27.431
Lateral N° 3 =	16.364
Lateral N° 4 =	7.580
Lateral N° 5 =	76.880
Lateral N° 6 =	1.942
Lateral N° 7 =	76.887
Lateral N° 8 =	1.942
Lateral N° 9 =	76.880
Lateral N° 10 =	7.580
Lateral N° 11 =	16.348
Lateral N° 12 =	27.431
Lateral N° 13 =	76.880
Lateral N° 14 =	66.180
Lateral N° 15 =	27.431
Lateral N° 16 =	16.364
Lateral N° 17 =	7.580
Lateral N° 18 =	59.480
Lateral N° 19 =	1.942
Lateral N° 20 =	60.030
Lateral N° 21 =	1.942
Lateral N° 22 =	59.480
Lateral N° 23 =	7.580
Lateral N° 24 =	16.348
Lateral N° 25 =	27.431
Lateral N° 26 =	66.183



## Aspersores por lateral.

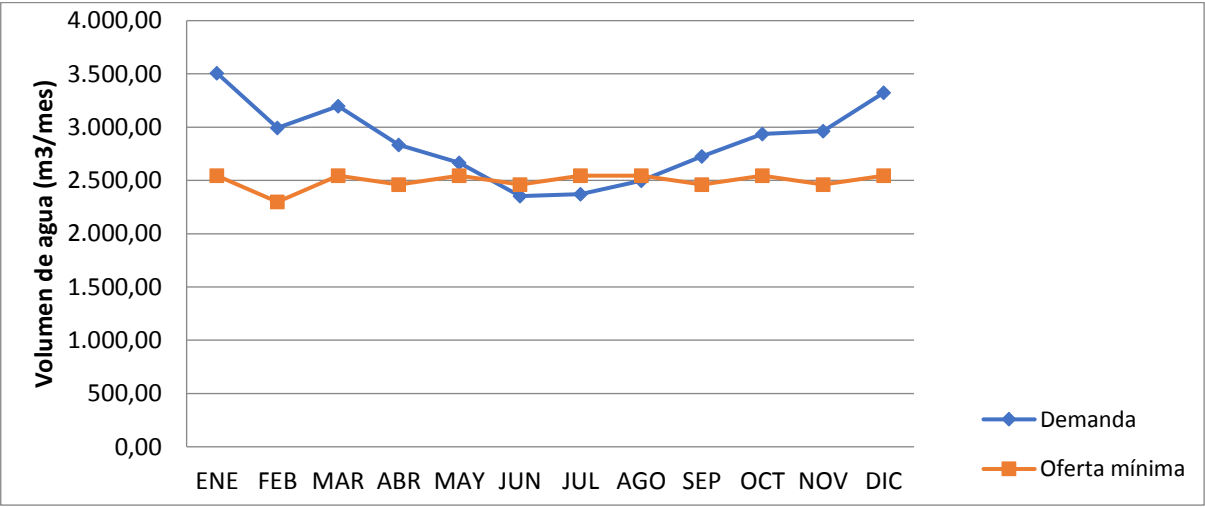
Aspersores por Lateral			
Nº Lateral	1er Aspersor	2do Aspersor	3er Aspersor
Lateral Nº 1 =	0	4	0
Lateral Nº 2 =	0	0	1
Lateral Nº 3 =	0	0	1
Lateral Nº 4 =	0	0	1
Lateral Nº 5 =	4	0	0
Lateral Nº 6 =	0	0	1
Lateral Nº 7 =	4	0	1
Lateral Nº 8 =	0	0	1
Lateral Nº 9 =	4	0	0
Lateral Nº 10 =	0	0	1
Lateral Nº 11 =	0	0	1
Lateral Nº 12 =	0	0	1
Lateral Nº 13 =	0	4	0
Lateral Nº 14 =	0	3	0
Lateral Nº 15 =	0	0	1
Lateral Nº 16 =	0	0	1
Lateral Nº 17 =	0	0	1
Lateral Nº 18 =	3	0	0
Lateral Nº 19 =	0	0	1
Lateral Nº 20 =	3	0	1
Lateral Nº 21 =	0	0	1
Lateral Nº 22 =	3	0	0
Lateral Nº 23 =	0	0	1
Lateral Nº 24 =	0	0	1
Lateral Nº 25 =	0	0	1
Lateral Nº 26 =	0	3	0
<b>Total de Aspersores</b>	<b>21</b>	<b>14</b>	<b>18</b>

#### 4.4 BALANCE HÍDRICO.

##### BALANCE DE AGUA SIN PROYECTO (CANCHA DE FUTBOL)

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DEMANDA	(m3/mes)	3,508.26	2,993.98	3,196.98	2,833.32	2,666.95	2,352.95	2,372.50	2,498.69	2,727.47	2,936.17	2,963.58	3,323.18
OFERTA	(m3/mes)	2,544.81	2,298.54	2,544.81	2,462.72	2,544.81	2,462.72	2,544.81	2,544.81	2,462.72	2,544.81	2,462.72	2,544.81
BALANCE DE AGUA	(m3/mes)	-963.449	-695.437	-652.164	-370.592	-122.14	109.769	172.320	46.123	-264.750	-391.36	-500.859	-778.361

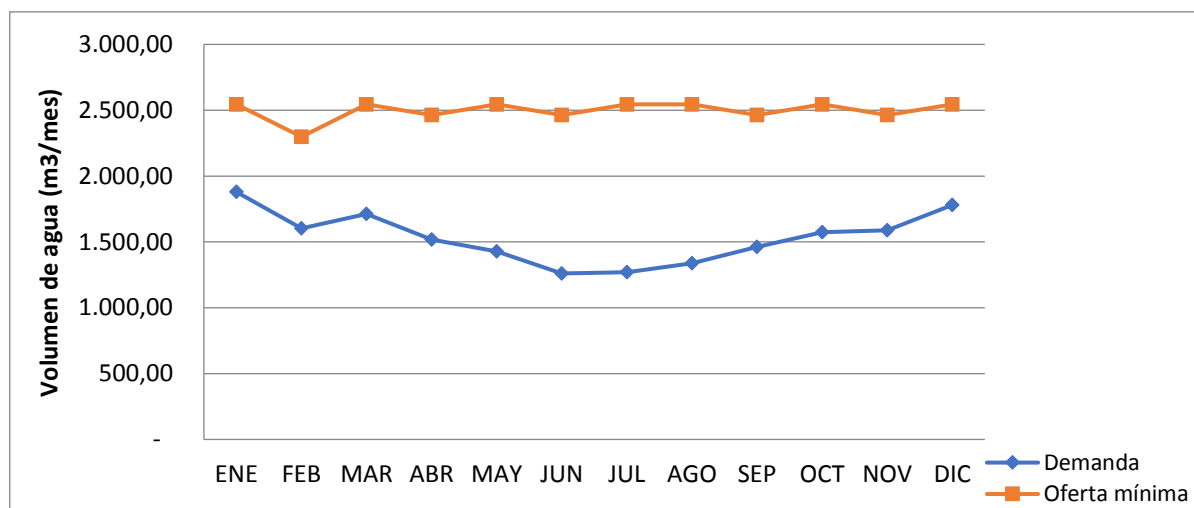
Fuente: Elaboración propia



### BALANCE DE AGUA CON PROYECTO (CANCHA DE FUTBOL)

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DEMANDA	(m3/mes)	1,879.43	1,603.92	1,712.67	1,517.85	1,428.73	1,260.51	1,270.98	1,338.58	1,461.15	1,572.95	1,587.63	1,780.27
OFERTA	(m3/mes)	2,544.81	2,298.54	2,544.81	2,462.72	2,544.81	2,462.72	2,544.81	2,544.81	2,462.72	2,544.81	2,462.72	2,544.81
BALANCE DE AGUA	(m3/mes)	665.39	694.63	832.15	944.88	1,116.09	1,202.21	1,273.84	1,206.23	1,001.58	971.87	875.09	764.54

Fuente: Elaboración propia



## 4.5 DISEÑO HIDRÁULICO.

Para el diseño hidráulico se ha tenido en consideración que para economizar costos y teniendo en cuenta que las pérdidas de carga en los laterales no pueden superar el 20% de la presión del aspersor se decidió separar en dos turnos de riego para así disminuir los diámetros de tuberías y la potencia del motor.

	Calculado		Comercial (PN10 - 150 Lbs)				Vmmp recalculada (m/s)	Obs.
	D.int (m)	D.int (mm)	D.int (mm)	D.int (m)	D.ext (mm)	Peso (Kg/m)		
Tuberia Primaria =	0.088	87.828	103.200	0.103	114	2.658	1.449	OK
Porta Lateral Nº 1 =	0.088	87.828	103.200	0.103	114	2.658	1.449	OK
Porta Lateral Nº 2 =	0.077	77.358	80.100	0.080	88	1.605	1.865	OK
Lateral Nº 1 =	0.020	19.544	29.400	0.029	26.5	0.201	0.884	OK
Lateral Nº 2 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 3 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 4 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 5 =	0.045	45.292	54.200	0.054	60	0.75	1.397	OK
Lateral Nº 6 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 7 =	0.046	46.257	54.200	0.054	60	0.75	1.457	OK
Lateral Nº 8 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 9 =	0.045	45.292	54.200	0.054	60	0.75	1.397	OK
Lateral Nº 10 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 11 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 12 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 13 =	0.020	19.544	29.400	0.029	26.5	0.201	0.884	OK
Lateral Nº 14 =	0.017	16.926	29.400	0.029	21	0.157	0.663	OK
Lateral Nº 15 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 16 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 17 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 18 =	0.039	39.224	43.4	0.043	48	0.476	1.634	OK
Lateral Nº 19 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 20 =	0.040	40.335	43.4	0.043	48	0.476	1.727	OK
Lateral Nº 21 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 22 =	0.039	39.224	43.4	0.043	48	0.476	1.634	OK
Lateral Nº 23 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 24 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 25 =	0.009	9.403	17.400	0.017	21	0.157	0.584	OK
Lateral Nº 26 =	0.017	16.926	29.4	0.029	21	0.157	0.663	OK

Fuente: Elaboración propia

Las tuberías a seleccionar son de PVC con presión nominal de 10 MPa = 100 bar = 10 kg/cm<sup>2</sup> = 100 atmosferas.

						Pérdidas de Carga		Pcl ≤ 20% Pa
	Cudal (m3/hr)	Caudal (m3/s)	Caudal (l/hr)	lRe	Regimen	Pcl	Pcp	
Tuberia Primaria =	43.6	0.0121	43620	148924.582	R. TURBULENTO		0.178249217	
Porta Lateral Nº 1 =	43.6	0.0121	43620	148924.582	R. TURBULENTO		1.761351249	
Porta Lateral Nº 2 =	33.8	0.0094	33840	148853.231	R. TURBULENTO		8.60849443	
Lateral Nº 1 =	2.2	0.0006	2160	25886.113	R. TURBULENTO	2.638		OK
Lateral Nº 2 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.878		OK
Lateral Nº 3 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.524		OK
Lateral Nº 4 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.243		OK
Lateral Nº 5 =	11.6	0.0032	11600	75408.296	R. TURBULENTO	2.735		OK
Lateral Nº 6 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.062		OK
Lateral Nº 7 =	12.1	0.0034	12100	78658.654	R. TURBULENTO	2.945		OK
Lateral Nº 8 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.062		OK
Lateral Nº 9 =	11.6	0.0032	11600	75408.296	R. TURBULENTO	2.735		OK
Lateral Nº 10 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.243		OK
Lateral Nº 11 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.523		OK
Lateral Nº 12 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.878		OK
Lateral Nº 13 =	2.2	0.0006	2160	25886.113	R. TURBULENTO	2.638		OK
Lateral Nº 14 =	1.6	0.0005	1620	19414.585	R. TURBULENTO	1.373		OK
Lateral Nº 15 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.878		OK
Lateral Nº 16 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.524		OK
Lateral Nº 17 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.243		OK
Lateral Nº 18 =	8.7	0.0024	8700	70630.121	R. TURBULENTO	3.675		OK
Lateral Nº 19 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.062		OK
Lateral Nº 20 =	9.2	0.0026	9200	74689.323	R. TURBULENTO	4.091		OK
Lateral Nº 21 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.062		OK
Lateral Nº 22 =	8.7	0.0024	8700	70630.121	R. TURBULENTO	3.675		OK
Lateral Nº 23 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.243		OK
Lateral Nº 24 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.523		OK
Lateral Nº 25 =	0.5	0.0001	500	10124.677	R. TURBULENTO	0.878		OK
Lateral Nº 26 =	1.6	0.0005	1620	19414.585	R. TURBULENTO	1.373		OK

**Fuente:** Elaboración propia

No se le considera pérdidas de carga por desnivel pues la cancha tendrá nivelación 0 a una cota de 19.191 m.s.n.m al momento de efectuar el proyecto.

Pérdidas de carga total del porta lateral N° 1 =  $19.046 \times 1.15$  (perdidas en accesorios) = 21.902 mca

Pérdidas de carga total del porta lateral N° 2 =  $26.388 \times 1.15$  (perdidas en accesorios) = 30.346 mca.

#### 4.5.1 Potencia de Bomba y Motor.

Considerando una eficiencia de la bomba de 75% y eficiencia del motor de 75 % se obtiene lo siguiente:

	Potencia de la Bomba		Potencia del Motor	
P. Lateral N°1	HP =	4.718	HP =	6.291
	Kw =	3.520	Kw =	4.693
P. Lateral N° 2	HP =	5.071	HP =	6.762
	Kw =	3.783	Kw =	5.044

Entonces la bomba que necesitamos debe tener por lo menos 6.8 HP de potencia y un caudal estimado de 43.6 m<sup>3</sup>/hr, que comercialmente si se puede encontrar lo que nos dice que no hace falta hacer un redimensionamiento de la red de riego y que se va a trabajar en dos sectores, primero con el porta lateral N° 1 y después con el porta lateral N° 2

#### 4.5.2 Volumen de Tanque de Agua.

$$\begin{aligned}
 V. \text{ total} &= ((Tr \times Qpl1) + (Tr \times Qpl2)) \times 10\% \\
 V. \text{ total} &= ((1.75 \times 43.62) + (1.75 \times 33.84)) \times 0.1 \\
 V. \text{ total} &= 149.111 \text{ m}^3 = 150 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

#### 4.6 PROPUESTA DE SUBSANO DE LIMITACIONES.

- ✓ Promover la importancia del proyecto en el área encargada de la municipalidad mediante la concientización del problema que aqueja la

realidad para que se realice lo antes posible y así poder comparar eficiencias cuando recién se instale.

- ✓ Capacitar al personal encargado de la operación del sistema para que hagan un correcto mantenimiento del mismo en tiempos adecuados y de la forma correcta.
- ✓ Tener a disposición profesionales que periódicamente compruebe los rendimientos y la eficiencia del sistema para ver y comparar como envejece y determinar cuándo se necesita reponer o arreglar diferentes partes del mismo.
- ✓ Incentivar a estudiantes o egresados de universidad a realizar un trabajo de investigación sobre rendimientos o eficiencias del sistema cada determinado tiempo.

## **CAPITULO V. DISCUCIÓN**

La zona del proyecto de investigación se clasifica topográficamente como llana puesto que no presenta zonas con pendientes pronunciadas, esto nos indica que es idónea para el tipo de uso que tendrá; eso si la cancha deportiva se presenta 20 cm por encima del resto del complejo y está compuesta por material de préstamo que cuando se analizó física y químicamente (textura de suelo, densidad aparente, densidad real, porosidad, ph, conductividad eléctrica y velocidad de infiltración base) resulta que el cultivo que está planificado para el uso que se le va a dar crecerá sin ningún tipo de problema ya que además el clima en la zona del distrito de Lambayeque también es el adecuado.

Las muestras recogidas en campo de cada punto establecido no comprenden su extracción a una profundidad determinada como se establecieron en otros trabajos de investigación, sino que se tomaron capas de suelo cuando este variaba de color o cuando se percibía mediante otro tacto, teniendo así puntos en donde se obtuvo solo una capa de suelo y otros donde se obtuvieron 3 capas diferentes que se analizaron.

Esta zona de estudio se considera y se reafirma mediante el software Cropwat el hecho de que las lluvias no tiene un aporte significativo al riego del cultivo, dependiendo explícitamente del riego tecnificado propuesto; aunque existen años

en donde ocurren fenómenos extraordinarios en donde las lluvias se acentúan, pero para diseño no se consideran.

La disposición de aspersores en el campo no se realizó metodológicamente puesto que la forma del mismo no se presta a esta literatura, por ende, se procedió a ubicarlos teniendo en consideración el marco de riego y la velocidad promedio del viento de la zona, teniendo como consecuencia que los laterales sean dispares en cuanto a longitud y dimensionamiento. Los aspersores circundantes del área presentan otras especificaciones técnicas a los principales puesto que estos no humedecerán el área completa de su circunferencia, sino que se regirán a la forma de la cancha con un respectivo radio de aplicación.

Por temas de costos se decidió regar el área en dos turnos haciendo así que baje el dimensionamiento de los laterales, porta laterales y además no adquirir una bomba más potente. La dimensión de las tuberías calculadas se tiene que acondicionar a las dimensiones de las tuberías comerciales teniendo en consideración que las pérdidas de carga en los laterales no tienen que sobrepasar el 20% del caudal del aspersor, puesto que algunos laterales pasaron este porcentaje se tuvieron que sobredimensionar para así hacer al sistema eficiente.

Es motivo de una investigación adicional el determinar la eficiencia del sistema después de algunos años para saber si la operación y mantenimiento se está realizando adecuadamente según la capacitación del personal que opera el sistema.

## **CAPITULO VI. CONCLUSIONES**

- ✓ En la evaluación del balance hídrico se obtiene que el volumen anual demandado sin proyecto es de 34 374.04 m<sup>3</sup> de agua, mientras que el volumen anual demandado con proyecto es de 18 414.66 m<sup>3</sup> de agua.
- ✓ La eficiencia de aplicación de riego se verá mejorada u optimizada en un 46.43 % con el sistema de riego presurizado por aspersión, aumentando también la calidad y cantidad del Grass.



- ✓ Del diseño agronómico se obtuvo que la lámina de riego bruta o final es de 55.85 m<sup>3</sup>/ha/día que corresponde a la máxima posible y se da en el mes de enero, así también su frecuencia de riego es de 1 día y la duración de este es de 1 hora 45 min y consta con 21 aspersores con un caudal de 2.9 m<sup>3</sup>/hr, 14 aspersores con un caudal de 0.54 m<sup>3</sup>/hr y 18 aspersores con un caudal de 0.5 m<sup>3</sup>/hr.
- ✓ En el diseño hidráulico la tubería primaria (PVC 10 MPa) es de 114 mm la del porta lateral N° 1 es de 114 mm y la del porta lateral N° 2 es de 88 mm, así también las pérdidas que se dan en el primer turno son de 21.902 mca y las del segundo turno son de 30.346 mca.
- ✓ La correcta operación y mantenimiento del sistema de riego hace que su durabilidad y eficiencia perdure en el tiempo, hay que tener en cuenta que el costo de las reparaciones o la compra de nuevo equipo puede tener un presupuesto alto por lo que puede ocasionar la paralización del riego que es perjudicial para el estado de la cancha.
- ✓ Se considera como gasto adicional la capacitación del personal que operará el sistema para que hacerlo de manera correcta y además sepan darle mantenimiento preventivo y correctivo.
- ✓ Los gastos requeridos en la instalación, operación y la compra del sistema presurizado será asumido por la Municipalidad Provincial de Lambayeque.

## **CAPITULO VII. RECOMENDACIONES**

- ✓ Es importante conservar los manuales de cada equipo comprado ya que ahí se detalla su mantenimiento, instalación y operación; para tener en cuenta todos los aspectos que debemos estar pendiente a lo largo de toda la vida útil del sistema.

- ✓ El horario de riego ideal es en la noche puesto que disminuye la evapotranspiración del cultivo y para el fin que se va a utilizar el Grass es conveniente puesto que no intervendría con las actividades que se desarrollen durante el día.

## **CAPITULO VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- ✓ Ayala Chapoñan, L.M., Gonzales Rivera, L.V. (2014). “Diseño e instalación de un sistema de riego por goteo para 38.92 hectáreas en el grupo de gestión Empresarial El Progreso – Pátapo, Chiclayo” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Chiclayo – Lambayeque – Perú.
- ✓ Bach. Inoñan Alfaro, P.N. (2015). “Diseño de un Sistema de riego por goteo para el cultivo de café en el sector Quebradonda – Catache – Santa Cruz – Cajamarca” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Santa Cruz – Cajamarca – Perú.
- ✓ Bravo Mero, T.B., Mieles Moreira, J.J., Velasco Mero, A.C., Vera Lara, M.G. (2008). “Diseño, calculo e instalación de un sistema de riego para la cancha de fútbol del complejo deportivo de la Universidad Técnica de Manabí del Cantón Portoviejo” (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo – Manabí – Ecuador.
- ✓ Bach. Carranza Lozada, J.E. (2016). “Evaluación de tres dosis de siembra de Cynodon dactylon var. Black Jack como formadora de césped en Trujillo, La Libertad” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Trujillo – La Libertad – Perú.
- ✓ Casanova Matera, L. (2002). “Topografía Plana”. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- ✓ Corrales Montes, J.E., Loaiza Marmolejo, Y.A. (2008). “Estudio para el diseño de drenaje, riego y gramado de la cancha de futbol del estadio “Arturo Cumplido Sierra” del Municipio Sincelejo” (Tesis de pregrado). Universidad de Sucre, Sucre – Colombia.
- ✓ Facultad de Agronomía Universidad de la Republica. (2015). “Agua en el Suelo”. [Figura]. Recuperado de

<http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Agua%20en%20el%20suelo%20intensivos2015.pdf>

- ✓ FAO, (2006). “Evapotranspiración del cultivo”, Guía para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos, Roma – Italia.
- ✓ FAO, (s.f). “Factores que se deben considerar para seleccionar el sistema de riego más adecuado”, Recuperado de <http://www.fao.org/3/aj470s/aj470s02.pdf>
- ✓ Franco Salas, A., Pérez Urrestarazu, L. (2008). Open Course Ware. Sevilla - España: Universidad de Sevilla. Recuperado de <http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%209.%20Riego%20por%20asersion/index.htm>
- ✓ Hernández Alcántara, J. (2017). Apuntes del curso de Riego Presurizado, Diapositivas “TERCERA UNIDAD EL RIEGO POR ASPERSION”, Lambayeque – Perú.
- ✓ Hernández Alcántara, J. (2017). Apuntes del curso de Riego Presurizado, “SEGUNDA UNIDAD RIEGO POR GOTEO Y MICROASPERSION”, Lambayeque – Perú.
- ✓ Hernández Alcántara, J. (2017). Apuntes del curso de Riego Presurizado, “PRIMERA UNIDAD RIEGO A PRESION – ELEMENTOS Y DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS”, Lambayeque – Perú.
- ✓ Hernández Alcántara, J. (2017). Apuntes del curso de Riego Presurizado, “COMPLEMENTOS PRIMERA UNIDAD”, Lambayeque – Perú.
- ✓ Lucio Venegas, A.L., Toala Valencia, J.D, Vergara Vergara, J.G., García Cabrera, J.M. (2015). “Diseño, Cálculo y Construcción de una Cancha de Fútbol Implementada con Infraestructura de Riego y Drenaje en la Facultad de Ingeniería Agrícola” (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Manabí, Santa Ana – Manabí – Ecuador.
- ✓ Macías Madrid, C.A., Moreano Castillo, F.R. (2015). “Diseño y construcción de un sistema de riego automatizado para la cancha de fútbol del colegio de ingenieros mecánicos del Canton Portoviejo” (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo – Manabí – Ecuador.

- ✓ Rodríguez, J. (2018). “Ensayo de Laboratorio”. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas – Escuela de Ingeniería Civil.
- ✓ Palomino Marcelo, A.J. (2017). “Diseño de sistema de riego por aspersión para el campus de la universidad César Vallejo en la sede de Lima Norte” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
- ✓ Pizarro, F. (1996). “Riegos Localizados de Alta Frecuencia” – 3ª Edición, Bilbao, España: Mundi Prensa.
- ✓ Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2013). “Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelo”, Espinal – Tolima – Colombia. Recuperado de [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/2785/1/practicas\\_cam\\_po\\_laboratorio\\_suelos.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/2785/1/practicas_cam_po_laboratorio_suelos.pdf)
- ✓ Takaezu Romero, D.A., (2017) “Diseño para la implementación de un sistema de riego tecnificado en el campamento Villa Cuajone, Southern Perú Copper Corporation, Moquegua, Perú” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Mariscal Nieto – Moquegua – Perú.
- ✓ Tarjuelo, J.M., Santos Pereira, L., Juan Valero, J.A., Picornell Buendía, M.R. (2010). “El Riego y sus Tecnologías”. Albacete, España: CREA – UCLM.

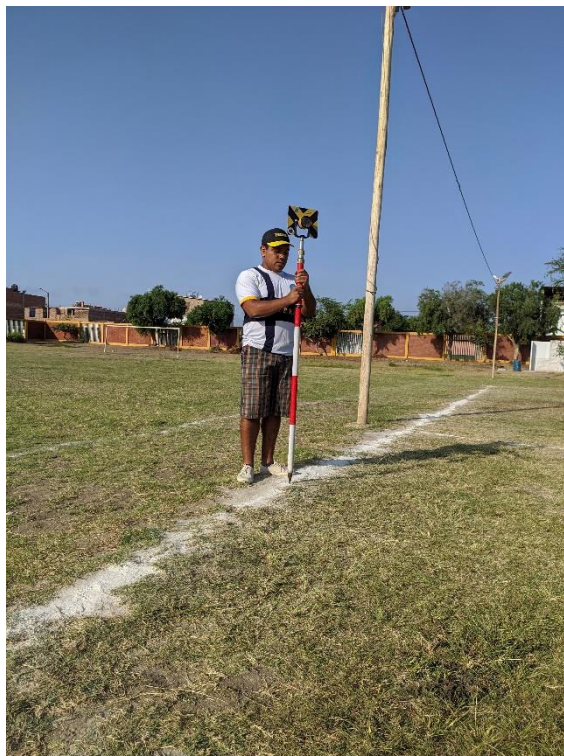
## CAPITULO IX. ANEXOS

### 9.1 FOTOGRAFIAS.

Fotografía 1. Equipo Topográfico



Fotografía 2. Levantamiento Topográfico





Fotografía 3. Punto de Toma de Agua.



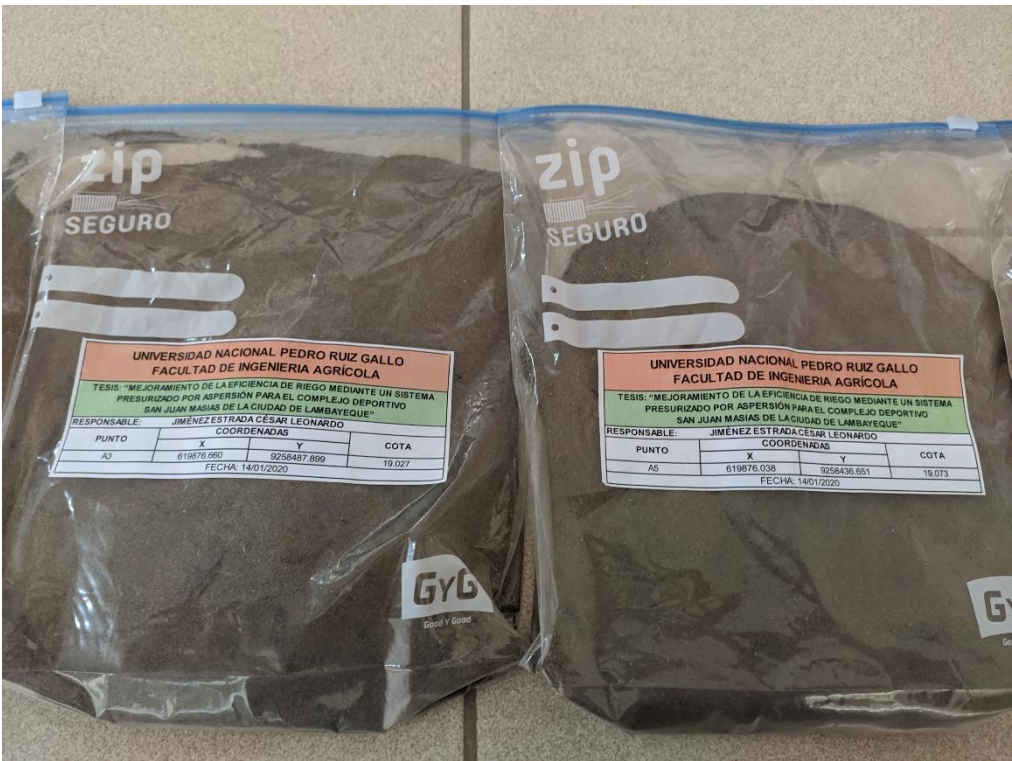
Fotografía 4. Extracción de Muestras de Suelo.



Fotografía 5. Secado de Muestras de Suelo.

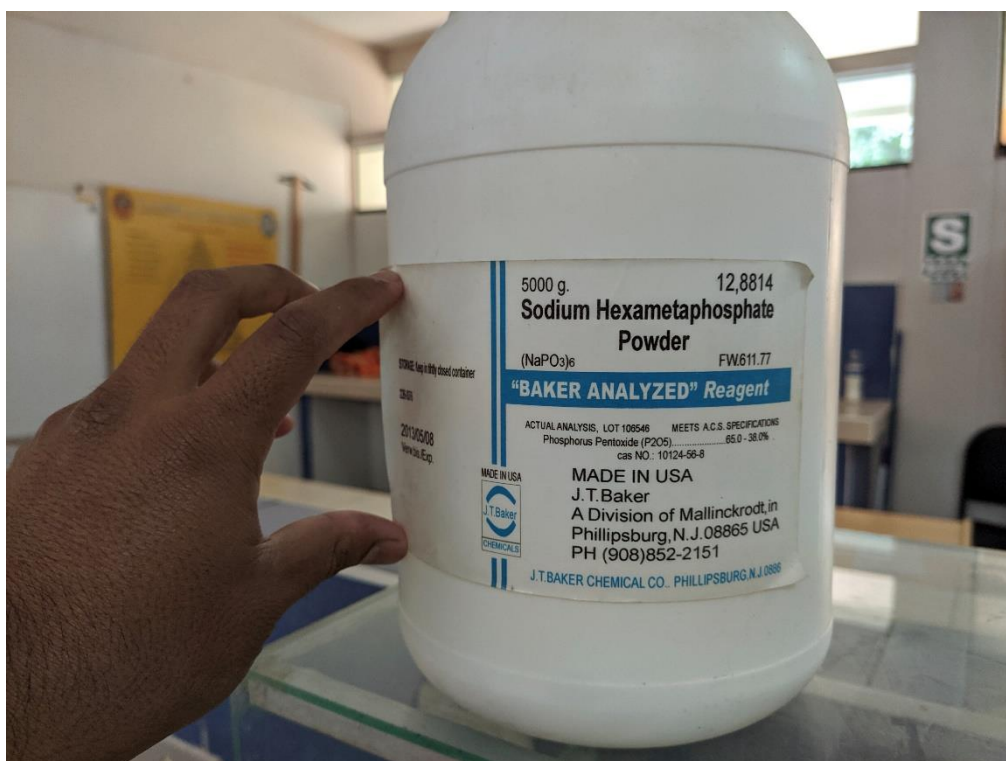


Fotografía 6. Muestras Secas y Tamizadas.

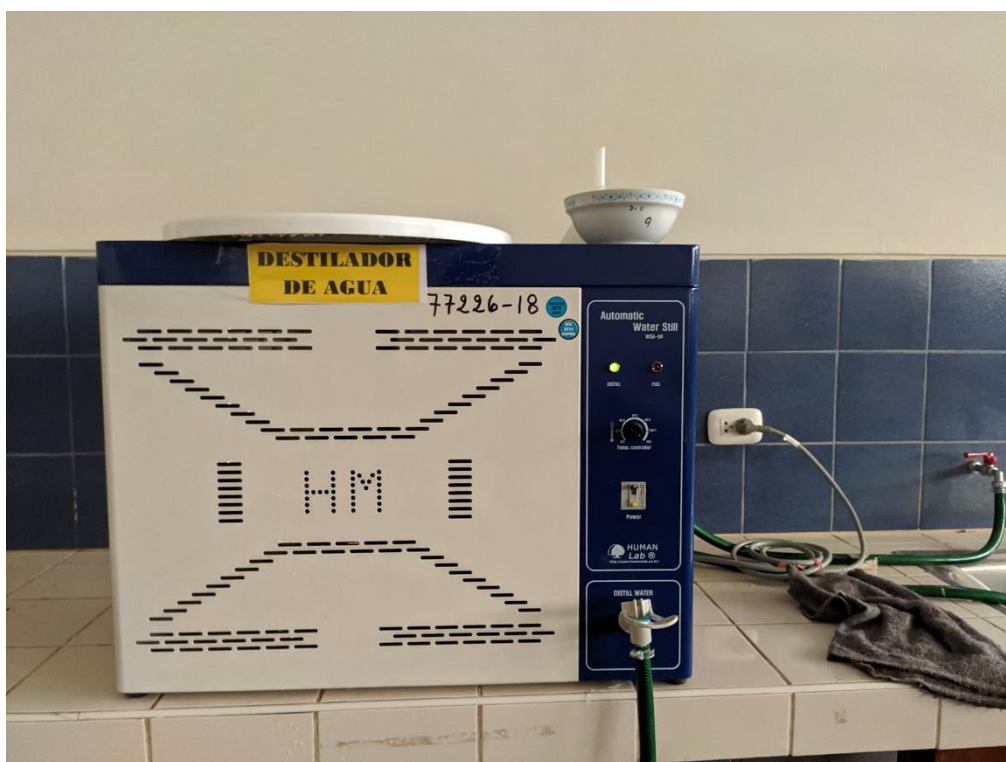




Fotografía 7. Hexametáfosfato de Sodio.



Fotografía 8. Destilador de Agua.





Fotografía 9. Termómetro



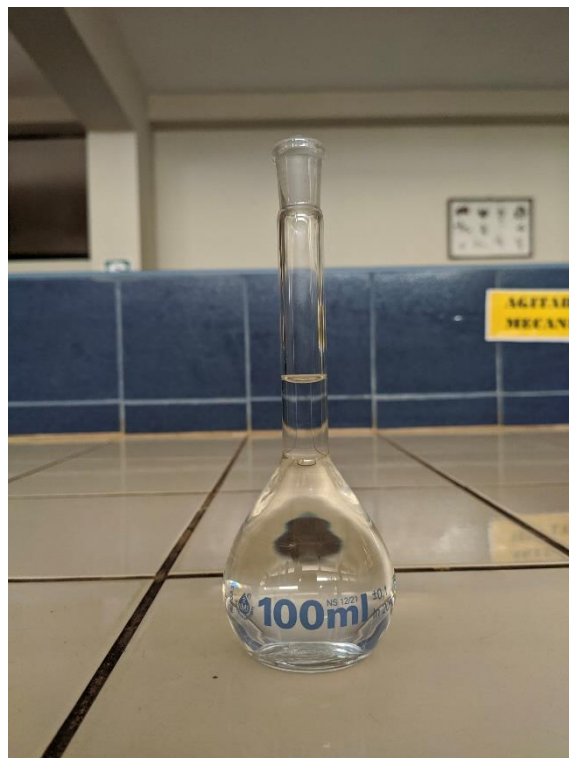
Fotografía 10. Agitador Mecánico



Fotografía 11. Método de Bouyoucos.



Fotografía 12. Método de la Fiola.



Fotografía 13. Método de Bouyoucos.



Fotografía 14. Método de la Probeta.





Fotografía 15. Capacidad de Campo



Fotografía 16. Bomba de Vacíos.



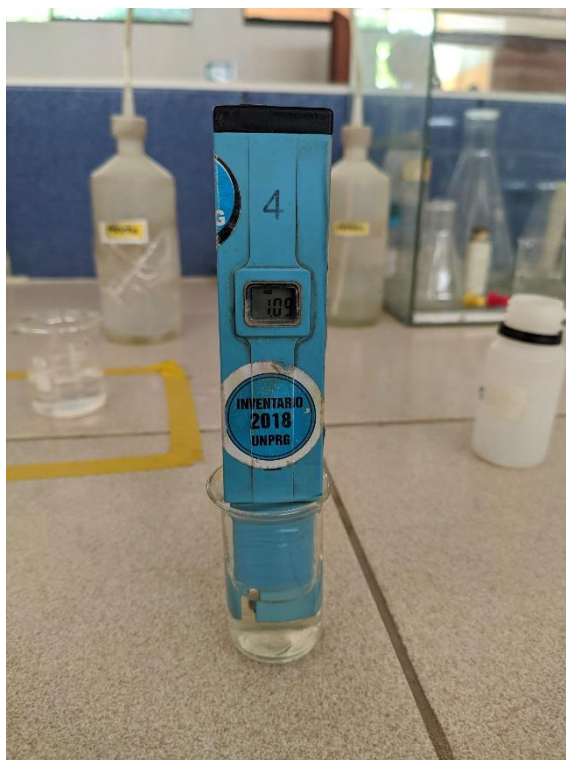
Fotografía 17. Pasta de Saturación



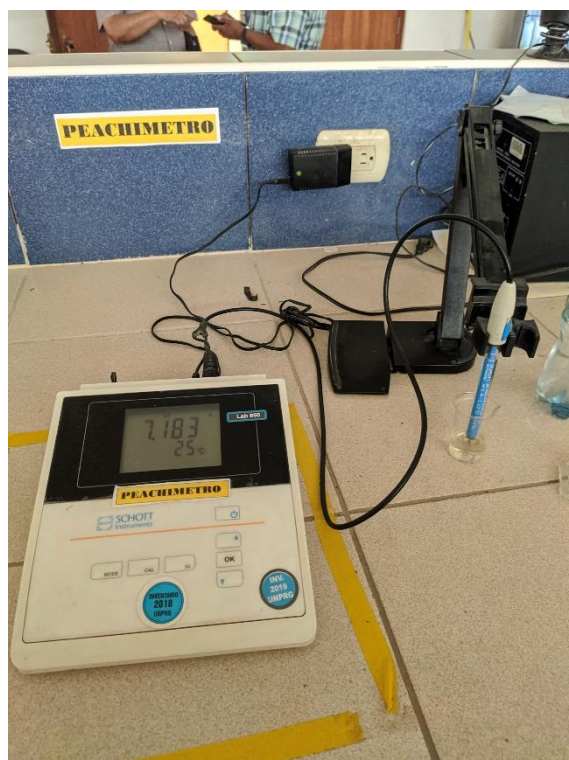
Fotografía 18. Extracto de Saturación



Fotografía 19. Conductivimetro.



Fotografía 20. Peachimetro





Fotografía 21. Trabajo de Laboratorio.

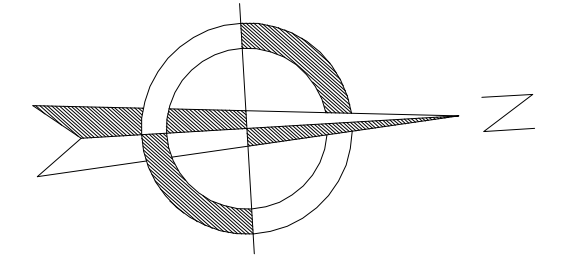


Fotografía 22. Prueba de Infiltración.



## 9.2 PLANOS.



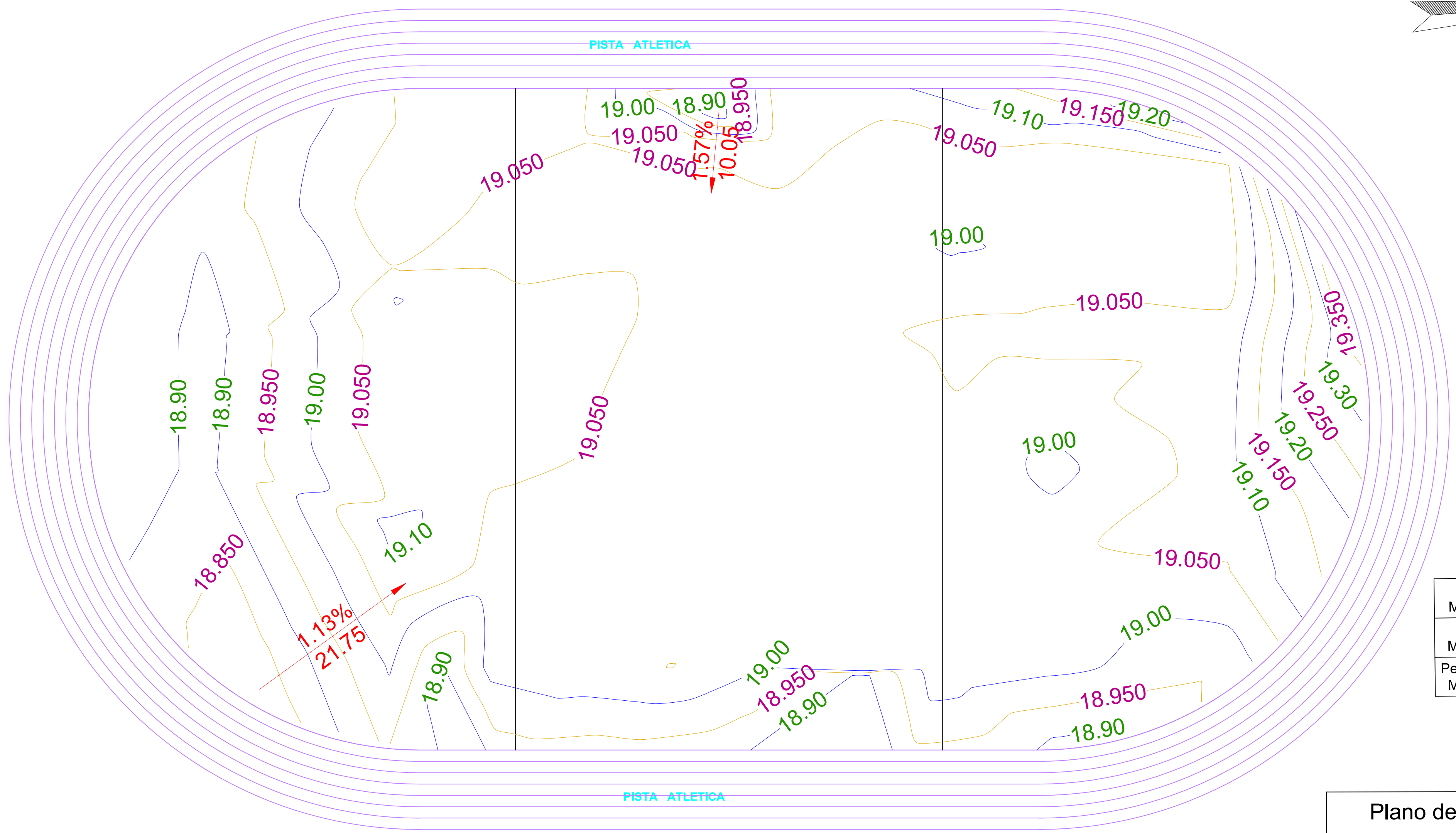
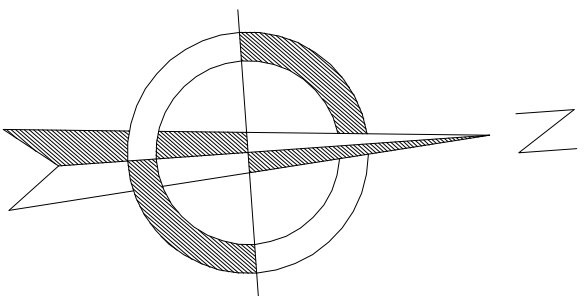


Coordenadas		
A1	619877.282	9258539.148
B2	619916.978	9258538.668
A3	619876.660	9258487.899
B4	619916.356	9258487.420
A5	619876.038	9258436.651
B6	619915.733	9258436.171
Prueba de Infiltración	619879.600	9258468.600

Tesis: "MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE RIEGO MEDIANTE UN SISTEMA PRESURIZADO POR ASPERSIÓN PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO SAN JUAN MASIAS DE LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE"

Plano N°:
-----------

01



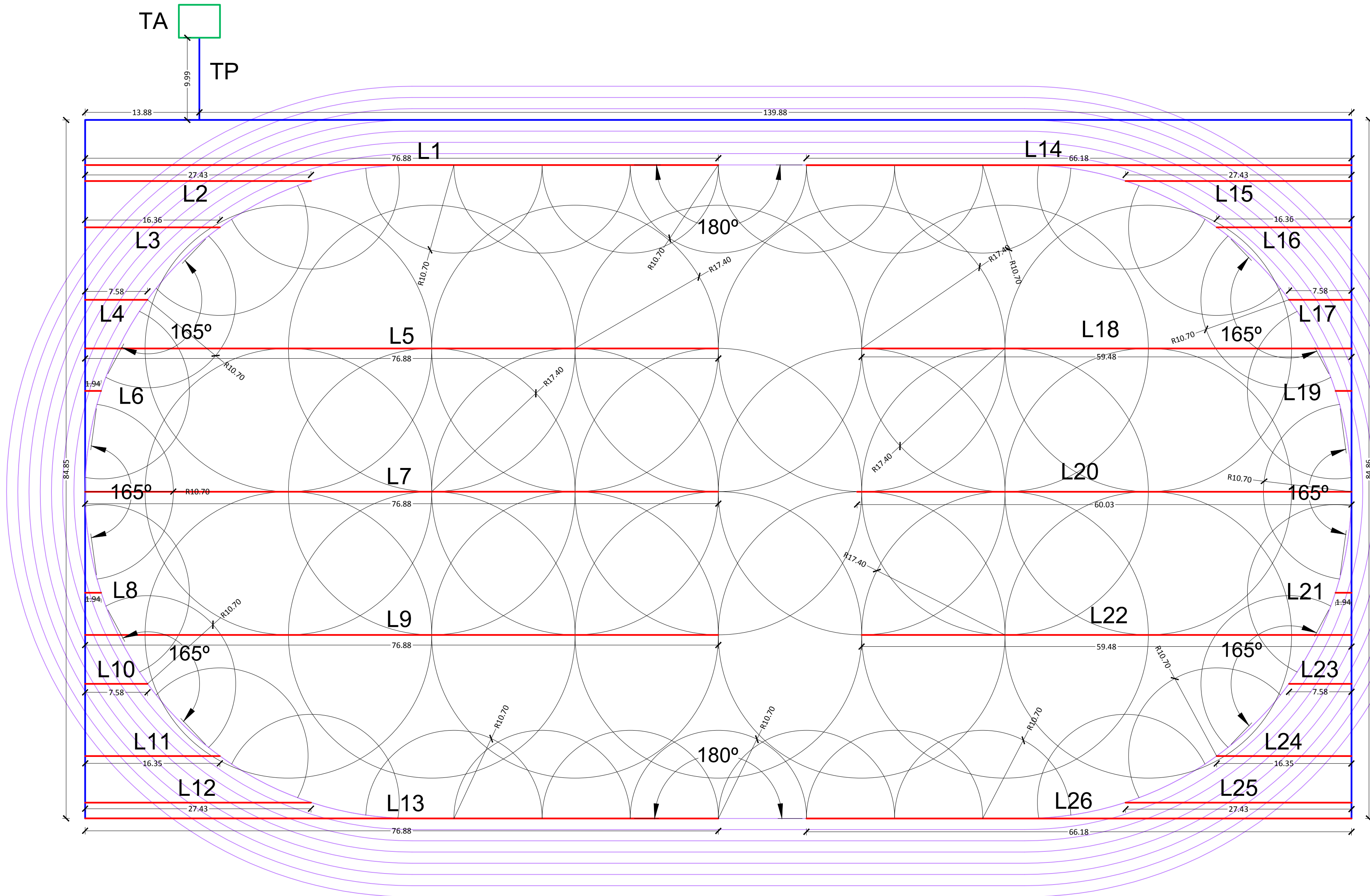
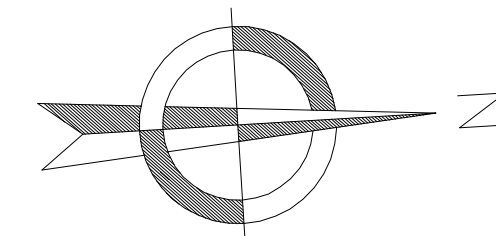
Cota Mínima	18.814
Cota Máxima	19.191
Pendiente Máxima	1.57 %

### Plano de Curvas de Nivel

Tesis: "MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE RIEGO MEDIANTE UN SISTEMA PRESURIZADO POR ASPERSIÓN PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO SAN JUAN MASIAS DE LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE"

Autor: Bach. Jiménez Estrada Cesar L.			Plano N°:  02
Escala: 1/350	Fecha: 11/03/2020	Ubicación: Lambayeque	





DATOS	
Área	1.09 ha
Radio 1er Aspensor	17.4 m
Radio 2do Aspensor	10.7 m
Radio 3er Aspensor	10.7 m
Q. 1er Aspensor	2.9 m3/hr
Q. 2do Aspensor	0.54 m3/hr
Q. 3er Aspensor	0.50 m3/hr
Marco de Riego Princ.	17.4 m X 17.4 m
Vol. Tanque	150 m3

### Plano de Distribución

Tesis: "MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE RIEGO MEDIANTE UN SISTEMA PRESURIZADO POR ASPERSIÓN PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO SAN JUAN MASIAS DE LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE"			
Autor: Bach. Jiménez Estrada Cesar L.			Plano N°:  03
Escala: 1/350	Fecha: 11/03/2020	Ubicación: Lambayeque	