

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” DE ICA

FACULTAD DE AGRONOMIA



“DISEÑO DE UN SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN EN EL CULTIVO DE PECANO  
(*Carya illinoensis koch*) VARIEDAD MAHAN EN LA ZONA BAJA DEL VALLE  
DE ICA”

**TESIS:**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO

**PRESENTADO POR:**

BALDERA CHIRI ARASSELY GISELLE  
GUILLÉN QUIJANDRÍA MIGUEL HERBERT

ICA – PERU

2019

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
SUMARY.....	2
INTRODUCCION.....	3
CAPITULO I.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes del problema de investigación.....	4
1.1.1. Antecedentes a Nivel Internacional.....	4
1.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional.....	4
1.1.3. Antecedentes a Nivel Local.....	4
1.2. Bases teóricas de la investigación.....	4
1.2.1. Diseño agronómico de un sistema de riego.....	4
1.2.2. Calculo de necesidades de agua.....	5
1.2.3. Determinación de la lámina de riego, frecuencia, volumen de riego, numero de emisores por planta, caudal del emisor y tiempo de riego.....	6
1.2.4. Calculo del uso consuntivo diario de un cultivo regado por goteo.....	7
1.2.5. Conceptos.....	10
1.2.5.1. Relación de transpiración (Rt).....	10
1.2.5.2. Coeficientes de uniformidad (CU).....	10
1.2.6. Hidráulica del sistema de riego por goteo.....	10
1.2.6.1. Hidráulica de tuberías.....	10
1.2.7. Goteros.....	14
1.2.7.1. Hidráulica de goteros.....	15
1.2.7.2. Coeficiente de variación de fabricación.....	16
1.2.7.3. Sensibilidad a las Obturaciones.....	18
1.2.7.4. Tipos de goteros.....	18
a) Emisores de largo recorrido.....	18
b) Emisores de laberinto.....	18
c) Emisores tipo orificio.....	18
d) Emisores tipo vórtice.....	19
e) Emisores autocompensantes.....	19

1.2.8. Diseño de laterales.....	20
1.2.9. El cultivo de pecano.....	20
a) Clasificación botánica.....	20
b) Origen.....	21
c) Descripción de la especie.....	21
1.2.9.1. Características agronómicas.....	21
a) Suelo.....	21
b) Clima.....	21
c) Riego.....	22
d) Nutrición.....	23
1.3. Marco conceptual.....	24
1.3.1. Concepto de sistema de fertirrigación.....	24
1.3.2. Concepto de diseño agronómico.....	25
1.3.3. Concepto de diseño hidráulico.....	25
CAPITULO II.....	26
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	26
2.1. Situación problemática.....	26
2.2. Formulación del problema.....	26
2.2.1. Problema general.....	26
2.2.2. Problema específico.....	26
2.3. Delimitación del problema.....	26
2.3.1. Delimitación espacial o geográfica.....	26
2.3.2. Delimitación temporal.....	26
2.3.3. Delimitación social.....	27
2.3.4. Delimitación conceptual.....	27
2.4. Justificación e importancia de la investigación.....	27
2.4.1. Justificación.....	27
2.4.2. Importancia.....	27
2.5. Objetivos de la investigación.....	28
2.5.1. Objetivos generales.....	28
2.5.2. Objetivos específicos.....	28
2.6. Hipótesis de investigación.....	28
2.6.1. Hipótesis general.....	28
2.6.2. Hipótesis específica.....	28

2.7. Variables de la investigación.....	28
2.7.1. Identificación de variables.....	28
a) Variables Independientes.....	28
b) Variables Dependientes.....	29
2.7.2. Operacionalización de las variables.....	29
CAPITULO III.....	30
ESTRATEGIA METODOLOGÍA.....	30
3.1. Tipo, nivel y diseño de la investigación.....	30
3.1.1. Tipo de investigación.....	30
3.1.2. Nivel de investigación.....	30
3.1.3. Diseño de investigación.....	30
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	30
3.2.1. Población de estudio.....	30
3.2.2. Población de la muestra del estudio.....	30
CAPITULO IV.....	31
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	31
4.1. Técnicas de recolección de datos.....	31
4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	31
CAPITULO V.....	32
PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	32
5.1. Presentación e interpretación de los resultados.....	32
5.1.1. Análisis de suelo.....	32
5.1.2. Análisis de Agua.....	33
5.1.3. Observaciones meteorológicas.....	34
5.1.4. Diseño Agronómico e hidráulico del sistema de Fertirrigación en el cultivo de Pecano.....	34
5.1.5. Diseño agronómico del cultivo de Pecano.....	35
5.1.6. Diseño hidráulica de la unidad de riego del cultivo de Pecano.....	36
5.1.7. Diseño hidráulico de la unidad de Riego.....	37
5.1.8. Determinación de la pérdida de carga por fricción en la línea múltiple.....	40

5.1.8.1. Cálculo de la presión de entrada en la línea múltiple.....	40
5.1.8.2. Cálculo de la presión mínima que la línea múltiple.....	41
5.1.8.3. Condición para aceptar el diseño de la línea múltiple.....	41
5.1.9. Determinación de la carga dinámica total.....	42
5.1.9.1. Determinación de la potencia del sistema de bombeo.....	42
5.2. Discusión de resultados.....	43
CAPITULO VI.....	45
COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.....	45
6.1. Contrastación de la hipótesis general.....	45
6.2. Contrastación de la hipótesis específica.....	45
CAPITULO VII.....	46
CONCLUSIONES.....	46
CAPITULO VIII.....	47
RECOMENDACIONES.....	47
CAPITULO IX.....	48
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	49
ANEXO.....	50

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis diseño de un sistema de fertirrigación en el cultivo del Pecano (*Carya illinoensis koch*) variedad Mahan en la zona baja del Valle de Ica, trata los diversos aspectos relacionados tanto al diseño agronómico como hidráulico para el cultivo de Pecano, teniendo en cuenta las relaciones del suelo, agua, planta y condiciones climáticas imperantes en la zona baja del Valle de Ica, específicamente en una parcela ubicada en el distrito de Pueblo Nuevo – Ica.

Mediante el procedimiento para realizar el diseño agronómico, se ha podido determinar que el consumo de agua del cultivo de Pecano para un máximo desarrollo del cultivos de 665.63 litros/día/Planta y se riega en un tiempo máximo de 1.90horas.

Con respecto al diseño hidráulico, que consiste en el diseño de la línea lateral, diseño de la línea múltiple, diseño de la línea principal, hasta la determinación de la potencia del sistema de bombeo para el funcionamiento del sistema de fertirrigación que es de 8.00 Hp.

Palabras claves: Sistema de fertirrigación, Diseño agronómico, Diseño hidráulico.

## SUMMARY

The present work of thesis "Design of a fertigation system in the cultivation of Pecano (*Carya illinoensis koch*) Mahan variety in the lower area of the Ica Valley" deals with the related aspects and related to the agronomic design as hydraulic for the cultivation of Pecano, taking into account the relationships of soil, water, plant and climatic conditions prevailing in the lower area of the Ica Valley.

By means of the procedure to carry out the agronomic design, it has also been possible to determine the water consumption of the Pecano crop for a maximum development of crops of 665.63 liters / day / Plant and it is watered in a maximum time of 1.90 hours.

With respect to the hydraulics, which consists of the design of the lateral line, design of the multiple line, design of the main line, up to the objective of the power of the pumping system for the functioning of the fertigation system that is of 8.00 Hp.

Keywords: Fertigation system, An agronomic design, Hydraulic design.

## INTRODUCCIÓN

En la zona del valle de Ica, se cultiva diversidad de productos agrícolas ya sea para el mercado interno como para la exportación, como son diversas hortalizas y muchos frutales de muy buena calidad que son aceptadas por estos mercados.

Uno de estos cultivos, cuya siembra está creciendo mucho es el cultivo de pecana, que ha encontrado en la zona del valle de Ica, las mejores condiciones para un buen desarrollo y buena producción y calidad de sus productos.

Pero en esta zona del valle de Ica, como todos sabemos el recurso hídrico es muy escaso y se hace cada vez más difícil obtener el agua necesaria para un buen desarrollo del cultivo, por lo que se hace necesario utilizar, todas las técnicas disponibles para realizar un manejo eficiente del recurso hídrico y fertilizantes, como es la instalación de sistemas de fertirrigación, especialmente en el cultivo de pecana.

Además a nivel de pequeños agricultores se ha hecho poca investigación con respecto al consumo de agua de los cultivos, cálculo de la eficiencia de riego, requerimiento de fertilizantes, etc. Por lo que mediante el presente trabajo se piensa poner a disposición de los agricultores una metodología que les permita instalar sistemas de fertirrigación en el cultivo de Pecano y mejorar la eficiencia de riego para las condiciones de la zona baja de valle de Ica.



# **CAPITULO I**

## **MARCO TEORICO**

### **1.1. Antecedentes del problema de investigación**

#### **1.1.1. Antecedentes a Nivel Internacional**

No se han encontrado diseños de sistemas de fertirrigación a nivel Internacional, pero si trabajos relacionados al manejo de riego y uso consuntivo en el cultivo de pecano en el país de México, por ser una zona donde el cultivo de pecano es muy importante.

#### **1.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional**

Tampoco se han encontrado trabajos de diseños de sistemas de fertirrigación a nivel nacional, porque el cultivo de pecano se desarrolla mayormente en la zona del Valle de Ica, donde se ha encontrado las mejores condiciones para un buen desarrollo.

#### **1.1.3. Antecedentes a Nivel Local**

Tasayco I. y Huarcaya A. (2017) en su trabajo de Tesis “Diseño de un sistema de fertirrigación en el cultivo de pecano, teniendo en cuenta las condiciones de suelo – agua – planta de la zona Baja del Valle de Ica, en la cual se concluyeron que mediante el diseño agronómico el volumen de riego para un máximo desarrollo del cultivo fue de 842.8 litros/día/planta y mediante el diseño hidráulico la potencia del sistema de bombeo para el funcionamiento fue de 6.00 H.P.

### **1.2. Bases teóricas de la investigación**

#### **1.2.1. Diseño agronómico de un sistema de riego**

Keller (1983) menciona que el diseño agronómico es el componente fundamental en todo proyecto de riego, y en un sistema de riego por goteo no es la excepción. Es la parte en que los errores tienen consecuencias graves; de nada sirven unos afinados cálculos hidráulicos o una perfecta elección de los automatismos si se parte de un diseño agronómico equivocado, cuya consecuencia es, por ejemplo, la

salinización del suelo por falta de lavados o la insuficiencia en el volumen del suelo humedecido por instalar un número y/o tipo equivocado de emisores.

Por otra parte como también ocurre en los demás métodos de riego, el diseño agronómico es la parte del proyecto que más dificultades presenta, tanto de tipo conceptual como de dificultad de cuantificar mediante fórmulas, coeficientes, tablas, etc.; seguido una serie de cadenas en las que interviene la biología. Por todo ello, es una fase del trabajo en donde hay que extremar el sentido común y la observación de la realidad.

El diseño agronómico es parte del proyecto en cuanto decide una serie de elementos de la instalación tales como número de emisores, disposición de los mismos, etc., además proporciona unos datos básicos para el posterior diseño hidráulico, como caudal por emisor y planta, duración del riego, etc.

El diseño agronómico se desarrolla en dos partes:

1. Cálculos de las necesidades de agua.
2. Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego, número de emisores por planta y caudal del emisor.

### **1.2.2. Cálculo de necesidades de agua**

Roller J. (1983) menciona que los efectos del diseño lo que interesa conocer acerca de las necesidades de agua es su valor en máxima demanda (punta), en función del cual se dimensionan posteriormente las instalaciones de riego.

Según la F.A.O. (2006), se tienen los siguientes conceptos:

**Evapotranspiración Actual (ETA)**.- Es el uso potencial del agua por los cultivos agrícolas incluyendo la evaporación directa de la humedad del suelo y la transpiración de las plantas húmedas, este concepto es equivalente a la evapotranspiración del cultivo referencia (ETc), que viene a ser el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) por el coeficiente del cultivo (Kc).

**Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>).**- Es la cantidad de agua evaporada y transpirada por una cobertura de pequeñas plantas verdes (generalmente pastos), es estado activo de crecimiento y con un suministro continuo y adecuado de humedad; también se le denomina evapotranspiración potencial, esta se puede obtener mediante lisímetros o en forma directa mediante método empíricos basados en datos meteorológicos y utilizando las ecuaciones del Penman, Blaney – Criddle, Radiación, etc. O a través de tanques evaporímetros tipo A.

**Coefficiente de cultivo (K<sub>c</sub>).**- Indica el grado de desarrollo de un cultivo durante todo su periodo vegetativo.

### **1.2.3. Determinación de la lámina de riego, frecuencia, volumen de riego, numero de emisores por planta, caudal del emisor y tiempo de riego**

A efectos del diseño, lo que interesa conocer acerca de las necesidades de agua es su valor en máxima demanda (punta), en función del cual se dimensionan posteriormente las instalaciones de riego.

**Calculo de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>).**- El cálculo de la E<sub>to</sub> no presenta diferencias respecto al riego convencional por gravedad, pudiendo ultimar diferentes métodos.

**Elección del coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>).**- Indica el grado de desarrollo del cultivo, este se elige en función del cultivo a instalar.

**Calculo de evapotranspiración actual (ETA).**- Se calcula igual que en sistemas de riego por gravedad, en el cual:

$$ETA = ET_o \cdot K_c$$

De acuerdo con Keller (1983), en un sistema de fertirrigación se debe tener en cuenta:

**Efecto de localización.**- Se han propuesto numerosos procedimientos que corrigen la ETA por el “efecto de localización”. Entre los seleccionados por ser prácticos son los que se basan en la fracción de área sombreada por el cultivo.- y se puede obtener mediante la siguiente ecuación debida a Keller:

$$\text{Efecto de localización} = \frac{P_s}{100} + 0.15 \left[ 1 - \frac{P_s}{100} \right]$$

Dónde:

**PS** = Porcentaje de sombreadamiento de la planta en relación a su área de influencia para un máximo desarrollo del cultivo a instalar.

#### **1.2.4. Cálculo del uso consuntivo diario de un cultivo regado por goteo**

Según Keller (1983), el uso de consuntivo diario se puede determinar utilizando la siguiente ecuación:

$$U_c = ud \left[ \frac{P_s}{100} + 0.15 \left[ 1 - \frac{P_s}{100} \right] \right]$$

Dónde:

**Uc** = Uso consuntivo diario para un cultivo regado por goteo (mm/día)

**ud** = Es igual a ETA, es el uso consuntivo diario durante un mes de máxima demanda calculado de manera convencional (mm/día)

**Ps** = Porcentaje de sombreadamiento de la planta con relación a su área de influencia media al mediodía para un máximo desarrollo.

El valor de PS puede estimarse mediante mediciones de campo, como la relación entre el área ocupada por la proyección de la copa de la planta y el área del espaciamiento.

**Determinación de la lámina de riego.**- Para riego por goteo se puede estimar de la siguiente manera:

$$dn = U_c \cdot f$$

Dónde:

**dn** = Lamina de riego (mm/día)

**Uc** = Uso consuntivo diario (mm/día)

**F** = Frecuencia de riego

Como en el riego por goteo, generalmente los riegos son diarios entonces diríamos que: **dn=Uc**.

**Calculo del requerimiento de lixiviación.-** El requerimiento de lixiviación para mantener el balance de sales se puede obtener mediante la ecuación por la FAO (1976) para altas frecuencias de riego:

$$RL = \frac{CEar}{2(MaxCEe)} \times 100$$

**RL** = Requerimiento de lixiviación

**(%) ce ar** = Conductividad eléctrica del agua de riego (ds/m)

**Max C E e** = Máxima conductividad eléctrica de extracto de saturación del suelo para una producción = 0

**Cálculo de la lámina bruta de riego.-** viene ser la lámina que considera la demanda del cultivo y las distintas perdidas y desperdicios del sistema, se distingue dos casos:

1). Cuando  $RL \leq 0.1$

$$db = \frac{dn \cdot Rt}{CU/100}$$

**Dónde:**

**Rt** = Relación de transpiración, que presenta el agua adicional que se tiene que aplicar aun durante el periodo de uso pico para compensar a perdidas inevitables por percolación profunda.

**dn** = Lamina neta (mm/día)

**CU**= coeficiente de uniformidad; que viene hacer la fracción de la dosis media que debe recibir como mínimo la parte del terreno que recibe menos agua.

Si hacemos  $R_t = 1$  entonces tenemos:

$$db = \frac{dn}{CU/100}$$

2) cuando  $RL > 0.1$

$$db = \frac{dn}{CU/100(1 - RL)}$$

De acuerdo a Keller (1983), en el diseño agronómico se debe conocer:

**Caculo de volumen bruto de riego.-** Es el volumen de agua que se aplica a cada plana en cada riego, y es necesario para seleccionar el emisor y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$V_r = db \cdot Sp \cdot Sr$$

**Dónde:**

**VR** = Volumen de agua de riego (l/día)

**Sp** = Espaciamiento entre líneas (m)

**Sr** = Espaciamiento entre plantas (m)

**Cálculo del tiempo de riego.-** Es el tiempo de riego necesario para aplicar al suelo la lámina bruta, dependerá del volumen de riego, del número de emisoras y de caudal del emisor, y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$tr = \frac{vr}{e \cdot qa}$$

**Dónde:**

**Tr** = tiempo de riego (h/día)

**vr** = volumen bruto de riego (l/día)

**e** = número de goteros por planta (unid.)

**qa** = caudal del goteo (l/h)

## 1.2.5. Conceptos

### 1.2.5.1. Relación de transpiración (Rt)

Es la lámina de riego que se tiene que aplicar al área a fin de satisfacer exactamente la transpiración diaria dividida por la lámina de agua realmente transpirada (Td).

Esto representa el agua adicional que se tiene que aplicar a un durante el periodo de uso pico para compensar las pérdidas inevitables por percolación profunda.

### 1.2.5.2. Coefficientes de uniformidad (CU)

A efectos e diseño se establece la condición de que la parte el cultivo que menos agua recibe, reciba como mínimo una cierta fracción de la dosis media, ya que los emisores de una instalación arrojan caudales que no son exactamente iguales entre sí, a esta función se le llama coeficiente de uniformidad

## 1.2.6. Hidráulica del sistema de riego por goteo

EL cálculo hidráulico del sistema de riego por goteo comprende el desarrollo de las ecuaciones y procedimientos matemático que se utilizan para el diseño de cada una de las diferentes tuberías dentro del sistema.

### 1.2.6.1. Hidráulica de tuberías

**Cálculo de la pérdida de carga por fricción:** la ecuación de Hazen y William se usa normalmente para estimar las pérdidas por fricción en laterales de aspersión y goteo, y de líneas principales de diversos tipos de materiales:

$$hf = 1.21 \times 10^{12} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} D^{-1.87} L / 100 \quad (1)$$

Dónde:

**Hf** = pérdida de carga debida a fricción (m.c.a)

**Q** = caudal en la tubería (l/seg)

**C** = coeficiente de fricción que es la función del materia de la tubería

**D** = diámetro interno de la tubería (mm)

**L** = longitud de la tubería (m)

Valores típicos d C para uno en la ecuación de Hazen – Williams:

TUBERIA	C
Plástico .....	150
Asbesto cemento .....	140
Aluminio (con acoples cada 9 m) .....	130
Acero galvanizado .....	130
Acero (Nuevo) .....	130
Acero (15 años de uso) .....	100

La fórmula de Hazen y Williams fue desarrollada a partir de estudios de sistemas de distribución de agua usando tubos de diámetro mayor de 75mm y descargas mayores a 3.2 Lt/seg.

Bajo estas condiciones de flujo el número y Reynolds es mayor que  $5 \times 10^4$  y la fórmula predice las pérdidas de carga satisfactoriamente, sin embargo para tubos de diámetro pequeño y paredes lisas que se utilizan en sistemas de riego por goteo, la fórmula Hazen & Williams con  $C=150$  subestima las pérdidas de carga.

Unas de las fórmulas más exactas en el cálculo de la pérdida de carga continua que se produce cuando el agua fluye dentro de un conducto es la de Darcy-Weisbach que es la más recomendada para las dimensiones de las diferentes tuberías ( $C \geq 150$ ) que componen el sistema de riego por goteo.



$$h_f = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{D \cdot 2g} \quad (2)$$

Dónde:

**H<sub>f</sub>** = Pérdida de carga por fricción (8m)

**F** = factor de fricción

**V** = Velocidad de la tubería

**L** = longitud de la tubería

**D** = diámetro de la tubería (8m)

**g** = aceleración de la gravedad (9.81 m/seg<sup>2</sup>)

El factor de fricción **f**, debe determinarse de tal manera que la ecuación anterior cuantifique la pérdida de energía; por consiguiente **f** no puede ser una constante, sino que depende de una serie de parámetros, como la velocidad **V**, el diámetro **D**, densidad **p**, viscosidad  $\mu$ , y de ciertas características de la rugosidad de la pared de la tubería.

El factor de fricción **f**, para flujo laminar en tubos lisos está dado por la ecuación:

$$F = \frac{64}{Ry} \quad (3)$$

$$Ry < 2,000$$

$$Ry = 1.3 \times 10^6 \frac{Q}{D} \quad (4)$$

Dónde:

Ry = Número de Reynolds

Y para flujo turbulento, donde  $Ry \geq 2,000$

$$\frac{1}{(f)^{1/2}} = -0.8 + 2.0 \log\{Ry(f)^{1/2}\} \quad (5)$$

Que por ser esta ecuación tediosa para usarla se recomienda la siguiente para Ry entre 2,000 y 1000,000.

$$F = 0.32 Ry^{-0.25} \quad (6)$$

Esta ecuación se llama: Ecuación de Blassius, y resulta útil para un rango de número de Reynolds como se encuentra en sistemas de riego por goteo.

Para simplificar los costos aún más, las ecuaciones 2,4 y 6 se pueden combinar y ajustar las constantes para condiciones promedio. Esto da una ecuación simple para usar con tubos lisos de menos de 125 mm (5 pulgadas) de diámetro.

$$hf = 7.89 \times 10^7 \frac{(Q)^{1.75}}{D^{4.75}} L/10 \quad (7)$$

Dónde:

**hf** = Pérdida de carga por fricción (m.c.a)

**Q** = Caudal (l/seg)

**D** = Diámetro de la tubería (mm)

Para tubos plásticos más grandes donde el diámetro es mayor de 125mm (5 pulgadas) la ecuación se convierte en:

$$hf = 9.58 \times 10^7 \frac{(Q)^{1.83}}{D^{4.83}} L/100 \quad (8)$$

Estas ecuaciones son tan fáciles de usar como la fórmula de Hazen & Williams y predicen las pérdidas por fricción más exactamente para agua a 21° C fluyendo en tuberías de plástico liso.

### **Pérdida de carga por fricción con salidas múltiples:**

El flujo de agua a través de una tubería de un diámetro determinado causa más fricción que el flujo a través de una tubería con número de salidas igualmente espaciadas.

La razón para esta reducción en pérdida por fricción es que el volumen de flujo decrece cada vez pasa frente a una salida.

El método desarrollado por Christiansen para cómputo de las pérdidas de presión en tuberías con salidas múltiples es el más utilizado. Primero se calculan las perdidas por fricción las líneas sin salidas múltiples y luego se multiplica por un

factor **F** basado en el número de salidas en l línea **N**. Para obtener las pérdidas de carga, hf, en una línea con salidas múltiples:

$$hf = 7.89 \times 10^7 \frac{(Q)^{1.75}}{D^{4.75}} L / 100F$$

Diámetro <125mm

$$hf = 9.58 \times 10^7 \frac{(Q)^{1.83}}{D^{4.83}} L / 100F$$

Diámetro >125mm

$$hf = 9.58 \times 10^7 \frac{(Q)^{1.83}}{D^{4.83}} L / 100$$

(9)

Estas ecuaciones son tan fáciles de usar como la fórmula de Hazen & Williams y predicen las pérdidas por fricción más exactamente para agua a 21° C fluyendo en tuberías de plástico listo.

Dónde:

$$F = \frac{1}{m + 1} + \frac{1}{2N} + \frac{(m - 1)^{1/2}}{6N^2}$$

Y:

m=Exponente de la velocidad en la ecuación de perdida de carga usada

N=Número de salidas de la línea

Keller J. (1983)

### 1.2.7. Goteros

Los emisores o goteros son los Únicos puntos del sistema por donde se aplica agua al suelo de una forma controlada, de su buena elección dependerá lo adecuado del diseño.

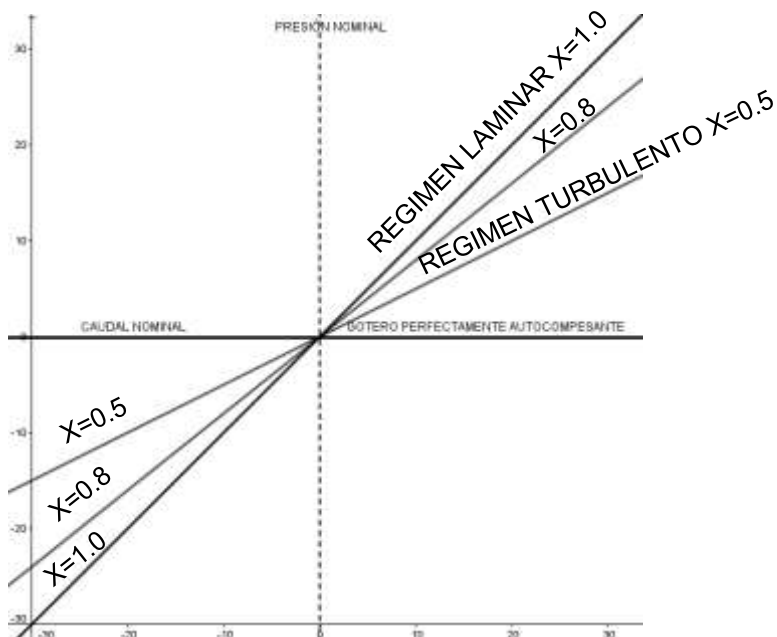
Un gotero eficiente es aquel que cumple las siguientes características:

- Descarga baja, uniforme y constante (0.2-3.8l/h) para una buena presión de 10 a 20 m.c.a.
- Debe tener una sección hidráulica adecuada para evitar obstrucciones por lo que su fabricación debe ser precisa.
- Debe ser económico y compacto (liviano).
- Resistente a la contaminación química y ambiental.
- Reducida pérdida de carga en el sistema de conexión.

### 1.2.7.1. Hidráulica de goteros

En el método de riego por goteo el agua es aplicada a presión por las líneas regantes y llega a los emisores o goteros poniéndose en contacto con el suelo a la presión atmosférica.

La presión se disipa mediante diversos mecanismos dependiendo del tipo de gotero, la longitud, forma y secciones de los conductos determinaran el comportamiento hidráulico del emisor.



## VARIACIONES DE LA PRESIÓN “Y” EN %

**Figura N° 02.-** variaciones del caudal en función de las variaciones de presión para emisores con varios exponentes de descarga “x”.

Pizarro F. (1990)

### 1.2.7.2. Coeficiente de variación de fabricación

A pesar de los cuidados que se tienen en la fabricación de los goteros es imposible fabricar dos exactamente iguales con el mismo valor de coeficiente de descarga Kd. Estas pequeñas diferencias causan grandes variaciones en la descarga.

Con un número grande de emisores se ha comprobado que sus caudales se distribuyen estadísticamente siguiendo una distribución normal, siendo definida por su desviación estándar y su media.

El coeficiente de variación de fabricación del gotero Cv, se usa como una medida de las variaciones de descarga en un grupo de goteros y debe ser proporcionando por el fabricante.

El valor de CV puede calcularse por la siguiente ecuación:

$$CV = \frac{o}{q} = \frac{\sqrt{q_1^2 + q_2^2 \dots + q_n^2 - n(q)^2 / \sqrt{n-1}}}{q}$$

Dónde:

**CV** = coeficiente de variación de fabricación del gotero.

**q1, q2, qn** = caudal individual de los goteros

**n** = Números de goteros

**q** = descarga promedio de los emisores muestreados.

**O** = Desviación estándar de las descargas de la muestra.

El significado físico de CV, derivado de la curva de distribución normal será:

1. Prácticamente todos los caudales observados están comprendidos en  $(1 \pm 3CV)q$
2. Aproximadamente el 95% de los caudales observados están comprendidos en  $(1 \pm 2 CV)q$
3. El promedio del 25% de los valores más bajos de caudales es aproximadamente igual a  $(1-1.27 CV)q$
4. Alrededor del 68% de las descargas están comprendidas en  $(1 \pm CV)q$

De esta manera para un emisor con  $CV = 0.06$  y  $q = 3.78$  Lt/hr, 95% de las descargas pueden esperarse entre 3.33 a 4.23 Lt/hr, y el promedio de las descargas del 25% de los valores más bajos estarán alrededor de 3.48 Lt/hr.

Los goteros pueden clasificarse de acuerdo a la siguiente guía:

Excelente .....	$CV \leq 0.05$
Medio .....	$0.05 < CV \leq 0.07$
Marginal .....	$0.07 < CV \leq 0.11$
Pobre .....	$0.11 < CV \leq 0.15$
Inaceptable .....	$CV > 0.15$

Cuando una planta recibe agua de más de un gotero, el coeficiente de variación de fabricación queda definido así:

$$CVS = \frac{CV}{\sqrt{e}}$$

Dónde:

CVS = coeficiente de variación de fabricación del sistema

e = números de emisores por planta

En estos casos, las variaciones del caudal para cada emisor alrededor de la planta son prácticamente compensada por otro distinto.

En cultivos en línea, debido a lo poco espaciados que normalmente se encuentran los goteros, cada planta puede recibir agua de 2 a 3 goteros, siendo el número que deberá considerarse como emisores.

Pizarro F. (1990)

### 1.2.7.3. Sensibilidad a las Obturaciones

Debido a los bajos caudales que requiere el riego por goteo, los canales de flujo del emisor deben tener unas dimensiones determinadas, dado que la sensibilidad a las obturaciones depende fundamentalmente del diámetro de su sección mínima de paso, de la velocidad del agua y de la configuración de la sección.

La sensibilidad a las obturaciones puede ser clasificada según el diámetro de la sección mínima de paso, de la siguiente manera:

Muy sensibles a las obturaciones .....  $d \leq 0.7 \text{ mm}$   
Sensible .....  $0.7 \text{ mm} \leq d \leq 1.5 \text{ mm}$   
Poco sensibles .....  $d > 1.5 \text{ mm}$

Se recomienda que el proceso de filtración no deje pasar partículas de diámetro mayor a 1/10 del diámetro de la sección mínima del emisor.

### 1.2.7.4. Tipos de goteros

Los goteros son emisores colocados sobre el lateral espaciados uniformemente y que arrojan caudales menores a 12 l/h.

Existen una cierta variedad de estos goteros, pudiendo clasificarse:

- a) **Emisores de largo recorrido.**- En estos emisores la mayor pérdida de carga ocurre en una suave y larga tubería de pequeño diámetro. El flujo en esta sección laminar, siendo sensibles a las diferencias de presión en el sistema. Las tuberías utilizadas tienen diámetro de 0.6 a 2 mm, siendo su CV entre 0.02 y 0.05.
- b) **Emisores de laberinto.**- estos emisores de laberinto están formados por lagos conductos tortuosos en los cuales la pérdida de carga es debido a la combinación de fricción en la pared, secciones agudas, contracciones y expansiones, consiguiéndose menores valores de X, normalmente 0.5.
- c) **Emisores tipo orificio.**- en estos emisores el flujo es totalmente turbulento, cuya salida de agua es a través de uno o varios orificios de pequeño diámetro,

con una mayor pérdida de carga. Estos emisores son muy sensible a las obturaciones.

La descarga del emisor responde a la ecuación:

$$q = c. a \sqrt{2gh}$$

Dónde:

c = coeficiente que depende de las característica de la boquilla, varía entre 0.6 a 1.0

a = Sección transversal del flujo.

**d) Emisores tipo vórtice.-** Estos emisores tienen una cámara circular que produce el flujo vorticial. La entrada del agua tangente a la pared circular interna de la cámara causa una rápida rotación de agua, formándose un vórtice en el centro de la cámara. La ecuación de descarga es la siguiente:

$$q = c. a \sqrt{2gh}^{0.4}$$

El coeficiente c, toma un valor de aproximadamente 0.4.

**e) Emisores autocompensantes.-** Son emisores que funcionan con flujo turbulento, construido para producir una descarga prácticamente constante en un amplio rango de presiones. La autorregulación se logra a través de una pieza móvil y flexible de goma que se deforma bajo los efectos de la presión, disminuyendo la sección de paso del agua y limitando así el caudal, lo cual también puede dar lugar a ser muy sensible a las obstrucciones.

La ecuación de descarga tiene la formula siguiente:

$$q = c. a \sqrt{2gh^x}$$

El exponente de descarga x, varía desde 0.5 a 0.0 dependiendo de las características de la sección de flujo y de la elasticidad del material utilizado.

Pizarro F. (1990)



### 1.2.8. DISEÑO DE LATERALES

Según Pizarro F. (1990), la tubería lateral es aquella que recibe el agua de la tubería terciaria y múltiple y que contiene los emisores o goteros.

Estas tuberías generalmente son de plástico flexible, PVC o polietileno, de pequeños diámetro (12,16 Ò 20mm).

El diseño de las tuberías laterales comprende la determinación del caudal la presión de entrada, longitud y las diferencias de presión que ocurren en el lateral.

Cuando la pendiente del terreno es nula en el sentido de los laterales, se recomienda ubicar estos a ambos lados de la tubería terciaria o múltiple siendo estos de igual longitud. En este caso el espaciamiento entre múltiples ( $S_m$ ) será igual dos veces la longitud del lateral.

Cuando el terreno tiene una cierta pendiente, caso más común, los pares de laterales que salen del múltiple tendrán longitudes diferentes, para así poder.

### 1.2.9. EL CULTIVO DE PECANO

De acuerdo al Ministerio de Agricultura (2012)

#### a) Clasificación botánica

El pecano, *Carya illinoensis koch*, pertenece a la familia Juglandaceae, con seis géneros, entre ellos *Juglans*, *Carya* y *Pterocarya*, con cerca de 40 especies distribuidas en las regiones templadas del hemisferio norte. El pecano está emparentado con árboles frutales, ornamentales y forestales como los nogales.

El género *Carya* tiene alrededor de 20 especies, de las cuales solo unas pocas producen nueces comestibles. Generalmente tienen bajos rendimientos, cascara gruesa o dura y nueces pequeñas.

Algunas especies que tienen nueces comestibles son: *C. cordimorfis* (Wang) Koch, *C. glabra* (Mill) Sweet y *C. laciniosa* (Wang) sarg., llamadas vulgarmente nuez amarga, nuez del cerdo y nuez corteza concha, respectivamente. La más importante de las especies cultivadas es el pecano.

#### b) Origen

La especie es originaria del sur de estados unidos y del norte de México. Los frutos eran usados por los indígenas hace 8 mil años en Texas. Es el fruto seco nativo más importante de los estados unidos. El término “pecan” viene de la palabra aborígen americana “Pacane” y quiere decir “nuez” que es tan dura que requiere una roca para partirla (University of Georgia, 2005).

### **c) Descripción de la especie**

Es el árbol caducifolio, muy longevo, que alcanza hasta 30 m de altura, de copa frondosa y madera quebradiza. Las hojas son alternas, imparipinadas, con 7 a 17 folíolos opuestos, aserrados y asimétricos, verde brillante en el haz y más claro en el envés.

La raíz puede penetrar una profundidad de 10 m, pero la mayoría de las raíces se encuentran alrededor de 1,2m de profundidad y puede abarcar el doble del espacio que cubre el follaje en la superficie. Ocasionalmente puede no tener pelos radicales.

#### **1.2.9.1. Característica agronómica**

Según el Ministerio de Agricultura (2012), las características agronómicas que requiere el cultivo del pecano son:

##### **a) Suelo**

El Pecano prefiere suelos livianos e textura media, Ph 5,5 – 6,0.

Pero puede crecer en los algo más arcillosos y Ph levemente más alto. Requiere suelos profundos, sin napas freáticas altas.

No tolera suelos alcalinos o con contenido salino. Son sensibles a la presencia de carbonato de calcio (University of Georgia, 2005).

##### **b) Clima**

Con disponibilidad de agua en el suelo, puede desarrollarse igualmente bien en áreas con climas áridos o húmedos; sin embargo, debido a la alta presión de enfermedades en zonas muy húmedas, es preferible cultivarlo en climas subtropicales.

Es bastante resistente a las bajas temperaturas, aunque los árboles jóvenes pueden morir completamente cuando el termómetro disminuye a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Debido a la tardía salida del reposo invernal, las heladas raramente son un problema, a pesar de que los brotes nuevos pueden morir con temperaturas de  $-2,2^{\circ}\text{C}$ , el requerimiento de unidades de calor puede ser una mayor limitación que la resistencia a bajas temperaturas, por los problemas que se producen en llenado de la nuez, al no existir temperaturas adecuadas para la fotosíntesis durante el periodo crítico del crecimiento del fruto, a fines del verano. Por ellos, requiere de veranos largos y calurosos, con noches tibias para tener un adecuado desarrollo y maduración del fruto.

Algunas variedades requieren entre 180 y 220 días para el desarrollo y maduración del fruto.

Los requerimientos de frío son escasos, alrededor de 500 horas bajo  $7,2^{\circ}$  incluso sin frío, como los casos de México e Israel.

Algunos autores señalan que tienen un letargo corto y poco profundo, requerimiento entre 400 y 500 horas-frío (HF) en lugares de otoño e invierno; sin embargo, si el otoño es frío se desarrolla un letargo más profundo que eleva el requisito de frío para salir de él.

Son los árboles más tardíos en reactivarse en primavera, lo que aparentemente se debe a un alto requerimiento de calor post receso. Se determinó que existiera una interacción entre el frío y la acumulación de calor, donde el frío es requerido para reducir la variabilidad en la salida de receso y no para romper el receso en sí.

### **c) Riego**

Uno de los principales cuidados que se debe tener durante los primeros dos a tres años es el riego, debido a que hay una alta pérdida de raíces durante el trasplante.

En huertos adultos, el requerimiento de agua es de alrededor de 12.000  $m^3$ /ha/año, generándose la mayor demanda durante diciembre, enero y febrero. En arboles nuevos debería aplicarse entre 38 y 57 L/día/planta.

El pecano es muy sensible al agua de riego que contenga más de 1.000  $ppm^1$  de sales totales disueltas, a de 300 ppm de cloruros o más de 0,5 ppm de boro.

Altos niveles de estos elementos pueden causar quemaduras en las hojas y algún grado de defoliación, especialmente durante el verano.

#### **d) Nutrición**

En general se recomienda no utilizar no fertilizar al momento de plantación, excepto en condiciones de muy bajo nitrógeno, donde se recomienda fertilizar durante la parte final de la estación de crecimiento, algunos autores señalan que, debido a las altas necesidades que tiene la especie y a la frecuencia con que se presentan diferencias, debería adicionarse Zn al momento de plantar (0,5 Kg de fertilizante con un 22% de Zn/árbol), siempre con la preocupación de no dejar las raíces en contacto directo con el fertilizante. En árboles jóvenes, el crecimiento anual de los brotes debería ser entre 60 y 120 cm y esto, junto a un análisis de suelo previo a la plantación, debería dar una base para determinar los requerimientos de fertilización durante los primeros años de crecimiento.

En plantaciones adultas, una buena herramienta para determinar las necesidades de fertilizantes es el análisis foliar.

Este se debe realizar en enero, seleccionando arboles representativos del huerto y sin daños por insectos o enfermedades.

Se eligen y marcan los árboles para sacar siempre las muestras de ellos. Se debe sacar el par de foliolos centrales de la hoja compuesta, del sector medio de brotes de la temporada, sin frutos. Los datos aportados por el análisis foliar, deben relacionarse con el vigor de árboles, para determinar los niveles de fertilización a aplica. Los niveles de nutrientes considerados adecuados para el pecano se incluyen en el cuadro 2.3.

**Cuadro 2.3.** Rangos adecuados de concentración de elementos minerales en hojas de Pecano.

Elemento	Rango de concentración adecuada	
Nitrógeno	2.50 – 3,00	(%)
Fosforo	0,20 – 0,30	(%)
Potasio	0,75 – 1,50	(%)
Azufre	0.15 – 0,25	(%)
Calcio	0,70 – 2,50	(%)
Magnesio	0,30 – 0,70	(%)
Cobre	4 – 50	(ppm)
Zinc	50 – 100	(ppm)
Manganeso	150 – 500	(ppm)
Fierro	50 – 300	(ppm)
Bor	20 – 50	(ppm)
Fuente: Ibacache et al., 2001		

El zinc es uno de los elementos más importantes en la nutrición del Pecano. Su deficiencia causa “arrosetamiento” de los brotes, hojas con bronceado y moteado cloróticas. Además, se produce defoliación temprana, muerte de ramillas terminales, ramillas cortas y delgadas, creciendo desde las ramas madre con rosetas de hojas verde amarillo en las puntas y nueces anormalmente pequeñas. Otro elemento importante es el boro, dada su participación en la elongación del tubo polínico.

En suelos con pH alcalino se producen síntomas de deficiencia de Zn y/o Mn y en suelos con altos contenidos de carbonatos se provocan síntomas de deficiencia de Fe.

### 1.3. Marco Conceptual

#### 1.3.1. Concepto de sistema de fertirrigación

Conjunto de equipos y accesorios que permiten aplicar agua en forma de gotas a los cultivos conjuntamente con los fertilizantes, lo que permite el incremento de la calidad y cantidad en la producción.

### **1.3.2. Concepto de diseño agronómico**

Cálculo del consumo de agua por el cultivo en función de las condiciones de suelo, agua y clima de una zona determinada.

### **1.3.3. Concepto de diseño hidráulico**

Conjunto de equipos y accesorios que permiten aplicar el volumen de agua requerido por el cultivo, obtenido por el diseño agronómico.

## **CAPITULO II**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

En la Zona del Valle de Ica, el recurso hídrico se hace cada vez más escaso, convirtiéndose en el factor limitante para la siembra de cultivos instalados en la zona, por lo que se hace necesario realizar investigaciones para realizar un manejo adecuado del recurso hídrico y obtener buenos rendimientos, especialmente en el cultivo de pecano, por ser un cultivo que últimamente está adquiriendo mucha importancia entre los agricultores de la Zona del Valle de Ica.

#### **2.2. Formulación del problema**

##### **2.2.1. Problema general**

¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en la conducción del cultivo de pecano, mediante sistemas de fertirrigación en la Zona Baja del Valle de Ica?

##### **2.2.2. Problema específico**

¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en el cultivo de pecano mediante la instalación del sistema de fertirrigación en el cultivo de pecano en la Zona Baja del Valle de Ica?

#### **2.3. Delimitación del problema**

##### **2.3.1. Delimitación espacial o geográfica**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el predio ubicado en la Zona Baja del Valle de Ica, en la Zona del distrito de Pueblo Nuevo.

##### **2.3.2. Delimitación temporal**

El presente trabajo de investigación se desarrolló a lo largo del ciclo fenológico de la planta, correspondiente a una campaña agrícola anual para las condiciones de la Zona Baja del Valle de Ica.

##### **2.3.3. Delimitación social**

Comprende a los pequeños agricultores, asociación de agricultores y empresas agrícolas pertenecientes a la Zona baja del Valle de Ica; cuyas actividades estén orientadas a la conducción del cultivo de pecano, así como la mejor eficiencia de uso y aprovechamiento del recurso hídrico en el desarrollo de este cultivo.

#### **2.3.4. Delimitación conceptual**

Para el presente trabajo de tesis se hizo uso de los valores obtenidos de las variables meteorológicas de mayor importancia, para la Zona Baja del Valle de Ica; así también se tomó en consideración los valores el coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) de los pecanos instalados en el predio, y que tienen una influencia directa en la evapotranspiración del cultivo, así como las características del sistema de fertirrigación ha instalarse en el cultivo de pecano.

### **2.4. Justificación e importancia de la investigación**

#### **2.4.1. Justificación**

A nivel de la Zona Baja del Valle de Ica, el recurso limitante de la producción, es el recurso hídrico, que cada día se hace más escaso, por lo que es necesario realizar investigaciones que ayuden a mejorar la eficiencia de uso del recurso hídrico, en todos los cultivos instalados en la Zona Baja del Valle de Ica, especialmente en el cultivo de pecano, en las cuales se ha instalado sistemas de fertirrigación.

#### **2.4.2. Importancia**

La importancia del presente trabajo de tesis radica en que se va a poner a disposición de los agricultores de la zona, una metodología que les permita realizar un diseño de sistema de fertirrigación en la Zona Baja del Valle de Ica, especialmente para el cultivo de pecano, como una manera de incrementar la eficiencia en el uso del recurso hídrico.



## **2.5. Objetivos de la investigación**

### **2.5.1. Objetivos generales**

Realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, considerando las condiciones de Evapotranspiración para el cultivo de pecano, en la Zona Baja del Valle de Ica; así como de las características hidráulicas del sistema de riego por goteo.

### **2.5.2. Objetivos específicos**

Realizar el diseño tanto agronómico como hidráulico del sistema de fertirrigación en el cultivo de pecano, para las condiciones de la Zona Baja del Valle de Ica.

## **2.6. Hipótesis de investigación**

### **2.6.1. Hipótesis general**

Mediante el diseño del sistema de fertirrigación en el cultivo de pecano, se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la Zona Baja del Valle de Ica.

### **2.6.2. Hipótesis específica**

Mediante el diseño tanto agronómico como hidráulico del sistema de fertirrigación se podrá realizar un manejo eficiente del riego en el cultivo del pecano para las condiciones de la Zona Baja del Valle de Ica.

## **2.7. Variables de la investigación**

### **2.7.1. Identificación de variables**

#### **a) Variables Independientes**

- Humedad relativa
- Horas de sol
- Velocidad del viento
- Temperatura media
- Coeficiente del cultivo (Kc)

### **b) Variables Dependientes**

- Evapotranspiración del cultivo de pecano
- Diseño del sistema de fertirrigación

### **2.7.2. Operacionalización de las variables**

#### **VARIABLES E INDICADORES EMPLEADOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO**

<b>VARIABLE</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>VALOR FINAL</b>
<b>1. VARIABLE DE INTERÉS</b> Diseño del sistema de fertirrigación en el cultivo de pecano en la Zona Baja del Valle de Ica.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Heliógrafo</li><li>- Anemógrafo</li><li>- Termómetro</li><li>- Higrómetro</li><li>- Coeficiente de cultivo (Kc)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Horas de sol</li><li>- m/seg.</li><li>- °C</li><li>- %</li></ul>

## **CAPITULO III**

### **ESTRATEGIA METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo, nivel y diseño de la investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se empleó para el presente trabajo de investigación es aplicada.

##### **3.1.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es no experimental, descriptiva.

##### **3.1.3. Diseño de investigación**

El presente trabajo de investigación es de un diseño experimental longitudinal de tendencia, por lo que evalúa más las variables meteorológicas y el coeficiente de desarrollo del cultivo de pecano, así como de las características hidráulicas del sistema de fertirrigación para las condiciones de la Zona Baja del Valle de Ica.

#### **3.2. Población y muestra**

##### **3.2.1. Población de estudio**

La población de estudio, viene a estar constituida por el cultivo de pecano de aproximadamente 01 año, instalados en una parcela de 4 Ha. ubicado en la Zona Baja del Valle de Ica.

##### **3.2.2. Población de la muestra del estudio**

Para el presente trabajo de tesis se tomó como muestra representativa de la zona, el cultivo instalado en el predio localizado en el distrito de Pueblo Nuevo. El huerto presenta plantas de pecana Var. Mahan, los frutales se encuentran separados a una distancia de 12.50m por 12.50m uno de otro, en un área de 4 Ha. aproximadamente. El sistema de riego empleado es por gravedad así mismo el cultivo se encuentra libre de plagas y enfermedades, así como también libre de malezas.

## CAPITULO IV

### TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

#### 4.1. Técnicas de recolección de datos

Los valores de las variables meteorológicas fueron proporcionados por la estación MAP “San Camilo”, pertenecientes al Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología – SENAMHI – Ica.

Las variables que se tomaron en consideración fueron:

- Humedad relativa media
- Horas de sol
- Velocidad del viento
- Temperatura media

Los valores del Coeficiente de cultivo (Kc) de pecano fueron obtenidos de la información proporcionada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (F.A.O).

También se realizaron tomas de muestras de suelo y agua para sus análisis químicos.

#### 4.2. Instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron los siguientes instrumentos

- **Heliofonógrafo.-** Instrumento que mide y registra las horas de sol diarias.
- **Anemógrafo.-** Instrumento que registra la velocidad y dirección del viento.
- **Termómetro.-** Instrumento que mide la temperatura.
- **Higrómetro.-** Instrumento que mide la humedad relativa del aire.
- **Bolsas plásticas.-** Para recolección de muestras de suelo
- **Botellas.-** Para recolección de muestras de agua.

## CAPITULO V

### PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Presentación e interpretación de los resultados

##### 5.1.1. Análisis de suelo

Con la finalidad de conocer las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo se procedió a tomar 05 submuestras del suelo una profundidad de 0.30 cm.

Las cuales se mostraron y homogenizaron, formando una muestra uniforme, la cual se extrajo una muestra de 1.0 kg.

Aproximadamente, la cual fue enviada al laboratorio de química agrícola del Instituto Valle Grande Cañete para su análisis respectivo.

Los resultados obtenidos y los métodos usados en la determinación de los componentes se muestran a continuación:

#### Cuadrado N° 01

Análisis físico mecánico del suelo 2017

Determinaciones	Profundidad del suelo (0.00-0.30 cm)	Método Empleado
Arena (%)	17.28	Hidrómetro
Lineo (%)	53.86	Hidrómetro
Arcilla (%)	28.86	Hidrómetro
Textura	Frano arcilla Limosa	Triangulo textura

#### Cuadro N° 02

Análisis químicos del suelo – 2017

Determinaciones	Nivel (0.00-0.30cm)	Método usados	Interpretación
Nitrógeno total (%)	0.06	Kjeldahl	BAJO
Fosforo disponible (ppm)	20.99	Olsen	ALTO
Potasio disponible (ppm)	433-60	Acetato de Amonio	ALTO
Materia orgánica (%)	1.00	Walkley y Black	BAJO
Calcáreo total (%)	1.00	Gravimétrico	BAJO

C.E (ds/m)	0.62	Electrométrico	NORMAL
P.H	7.87	Electrométrico	LIG. ALCALINO
C.I.C (meq/100gr)	16.93	Cálculo matemático	MEDIO
<b>Cationes cambiables</b>			
Ca (meq/100gr)	13.56	Espectrometría de absorción atómica	MEDIO
Mg (meq/100gr)	2.23	Espectrometría de absorción atómica	BAJO
Na (meq/100gr)	0.05	Espectrometría de absorción atómica	BAJO
K (meq/100gr)	1.0g	Espectrometría de absorción atómica	BAJO

### 5.1.2. Análisis de Agua

Con la finalidad de conocer, el contenido de sales solubles y el ph del agua de riego, se tomó una muestra de 1.0 litro aproximadamente del agua de riego, la cual se envió al laboratorio de química agrícola del Instituto Valle Grande, para su análisis respectivo.

Los resultados obtenidos y los métodos usados en la determinación de sus componentes se muestra a continuación:

#### Cuadro N° 03

Análisis químico del agua de riego – 2017

Determinaciones	Resultados	Métodos empleados	Interpretación
C.E. (ds/m).	1.2	Electrométrico	Salinidad media
PH	7.6	Electrométrico	Lig. Alcalina

### 5.1.3. Observaciones meteorológicas

A continuación se presentan las variables meteorológicas que influyeron en el desarrollo del cultivo del Pecano.

#### Cuadro N° 04

Valores de las observaciones meteorológicas año 2017

MESES	TEMPERATURA MEDIA °C	HORAS DE SOL DIARIAS	HUMEDAD DELATIVA MEDIA %
ENERO	13.74	4.75	71
FEBRERO	12.65	6.06	75
MARZO	15.16	6.08	78
ABRIL	14.61	7.07	84
MAYO	14.61	6.99	89
JUNIO	18.60	5.99	89
JULIO	18.10	6.43	89
AGOSTO	17.90	6.98	88
SEPTIEMBRE	18.70	8.00	83
OCTUBRE	21.50	8.12	85
NOVIEMBRE	21.20	7.51	83
DICIEMBRE	21.50	7.55	85

Fuente: estación "Santiago" – ICA. SENAMHI.

### 5.1.4. Diseño Agronómico e hidráulico del sistema de Fertirrigación en el cultivo de Pecano

#### DATOS

Cultivo : Pecano

Espaciamientos : Entre plantas 12.50cm

: Entre líneas 12.50cm

Coefficiente del cultivo:  $K_c = 1.00$

Diámetro de cultivo en máximo desarrollo: 12.0m.

Conductividad Eléctrica del agua de riego: 1.2ds/m.

Conductividad Eléctrica del extracto de saturación del suelo para una producción = 0:8.00 ds/m.

Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $E_{To}$ ): 5.00mm/día 0.54

Coefficiente de uniformidad de diseño: 90%

Ecuación del gotero :  $q_a = 0.58ha$

$q_a = L/H.$

$ha = m.c.a.$

Presión de funcionamiento del gotero: 10.00m.c.a.

Caudal del gotero : 2.0 L/H.

Líneas laterales por líneas de cultivo : 7.00

Espaciamiento entre goteros : 0.50m.

Coefficiente de variación de fabricación emisores : 0013

Diámetro interno línea lateral : 17 mm

### 5.1.5. Diseño agronómico del cultivo de Pecano

#### 1- Determinación del uso consuntivo

$$U_c = U_d \left[ \frac{PS}{100} + 0.15 \left( 1 - \frac{PS}{100} \right) \right]$$

$$U_c = 5.00 \text{mm/día} \left[ \frac{72.38}{100} + 15 \left( 1 - \frac{72.38}{100} \right) \right]$$

$$U_c = 3.83 \text{mm/día}$$

#### 2- Calculo de la lámina neta de riego

$$d_n = U_c \times f$$

$$f = \text{frecuencia de riego} = 1 \text{ día}$$

$$d_n = U_c = 3.83 \text{mm/día}$$



### 3- Cálculo del requerimiento de lixiviación

$$RI = \frac{CEar}{2Max CE ex} = \frac{1.2 ds/m}{2 \times 8.0 ds/m} = 0.075$$

### 4- Determinación de la lámina Bruta de riego

$$db = \frac{dn}{CU/100} = \frac{3.83mm/día}{0.90} = 4.26mm/día$$

### 5- Cálculo del volumen de riego

$$Vr = db \times sp \times Sr = 4.26mm/día \times 12.5m \times 12.5m$$

$$Vr = 665.63 \text{ Lit/día/planta.}$$

### 6- Cálculo del tiempo de riego

$$Tr = \frac{Vr}{eqa} = \frac{665.63Lit/día/planta}{175 \times 2.0 L/Hora} = 1.90 \text{ horas}$$

## 5.1.6. Diseño hidráulica de la unidad de riego del cultivo de Pecano

### 1- Determinación de la tolerancia de variación de presión.

$$AHS = Z - S(Ua - hn)$$

ha = presión media de funcionamiento de los emisores m.c.a

hn = presión mínima de funcionamiento de los emisores m.c.a, manteniendo el coeficiente de uniformidad propuesta en el diseño.

### - Coeficiente de uniformidad del sistema del fertirrigación

$$CU = (1 - 1.27 cv/\sqrt{N'p}) \frac{qn}{qa} \times 100$$

Dónde:

qa = caudal medio del emisor L/H

qn = caudal mínima del emisor L/H

Cv = coeficiente de variación de fabricación del emisor

N'p = Número de goteros que riegan una planta

- **Caculo del caudal mínimo**

$$qn = \frac{qa \text{ CU}/100}{(1-1.27 \text{ CV}/\sqrt{N'p})}$$

$$qn = \frac{2.0 \text{ L/Hx90}/100}{\frac{(1-1.27 \times 0.013)}{\sqrt{175}}} = 1.80 \text{ L/H}$$

- **Cálculo de la presión mínima de funcionamiento del gotero**

$$hn = ha \left( \frac{qu}{qa} \right)^{1/x}$$

$$hn = 10.00 \left( \frac{1.80}{2.00} \right)^{1/0.54} = 8.23 \text{ m.c.a.}$$

- **Determinación de la tolerancia de variación de presión en la unidad de riego.**

$$\text{AHS} = 2.5(10 - 8.23) = 4.43 \text{ m.c.a.}$$

Valores que serán repartidos en:

½ AHS para el diseño de la línea lateral = 2.22 m.c.a

½ AHS para el diseño de la línea múltiple = 2.22 m.c.a

### 5.1.7. Diseño hidráulico de la unidad de Riego

El diseño hidráulico de la unidad de riego comprende el diseño de la línea lateral y el diseño de la línea múltiple.

a- Diseño de la línea lateral

En el presente trabajo de tesis, tenemos 2 líneas laterales:

a1- línea lateral a favor de la pendiente

a2- línea lateral en contra pendiente

a1- diseño de la línea lateral a favor de la pendiente.

## DATOS

- Tolerancia de variación de presión en la línea lateral  $\frac{1}{2}AHS = 2.22$  m.c.a.
- Longitud de la línea lateral  $L = 50.00\text{m}$ .
- Espaciamiento entre goteros  $Se = 0.50\text{m}$ .
- Pérdida de carga equivalente  $fe = 0.15$ .
- Caudal del gotero  $qa = 2.0$  L/H.
- Diámetro interno línea lateral = 17mm.
- Presión de funcionamiento del emisor  $ha=10.00$  m.c.a.
- Pendiente del terreno  $S = 0.5\%$  a favor
- Número de líneas laterales por línea de plantas = 7.00

### 1. Determinación del gradiente de pérdida de carga por fricción.

$$J' = 7.89 \times 10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \left( \frac{Se + fe}{Se} \right)$$

$$J' = 7.89 \times 10^7 \frac{(0.056)^{1.75}}{174.75} \left( \frac{0.50+0.15}{0.50} \right) = 0.946 \text{ m.c.a/100m.de lateral}$$

Como  $5\% < J'$ , ya que  $S = 0.5\%$  y  $J' = 0.946$  procedemos con el diseño de la línea lateral de la siguiente manera:

### 2. Cálculo de la pérdida de carga por fricción en la línea lateral.

$$h_n = J' L / 100 F$$

$$h_f = 0.946 \times 50 / 100 \times 0.36 = 0.17 \text{ m.c.a.}$$

### 3. Cálculo de la presión de entrada en la línea lateral.

$$h_m = h_a + \frac{3}{4} h_t - \frac{1}{2} AEI$$

$$h_m = 10.00 + 0.75 (0.17) - \frac{1}{2} (0.25)$$

$$h_m = 10.253 \text{ m.c.a}$$

### 4. Cálculo de la presión mínima en la línea lateral.

$$h_n = h_m - t' h_f$$

$$t' = 1 - \frac{AEI}{h_f} + 0.357 \left( \frac{AEI}{h_f} \right)^{1.57}$$

$$t' = 1 - \frac{0.25}{0.17} + 0.357 \left( \frac{0.25}{0.17} \right)^{1.57}$$

$$t' = 0.184$$

$$h_n = 10.253 - 0.184 (0.17) = 10.22 \text{ m.c.a.}$$

## 5. Condición para aceptar el diseño de la línea lateral.

$$h_m - h_n \leq \frac{1}{2} \text{ AHS}$$

$$10.253 - 10.22 < 2.22$$

$$0.033 < 2.22$$

Se acepta diseño de la línea lateral

### a. Diseño de la línea lateral en contra de la pendiente.

Para el diseño de la línea lateral en contra pendiente se utiliza la misma información que para el diseño de la línea lateral a favor de la pendiente con la excepción que la pendiente es 0.5% en contra.

#### 1- Cálculo del gradiente de pérdida de carga por fricción.

$$J' = 7.89 \times 10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \frac{(S_e + f_e)}{S_e}$$

$$J' = 7.89 \times 10^7 \frac{(0.056)^{1.75}}{17^{4.75}} \left( \frac{0.50 + 0.15}{0.50} \right) = 0.946 \text{ m.c.a}$$

#### 2- Cálculo de la pérdida de carga por fricción en la línea lateral.

$$h_f = J' L / 100 F$$

$$h_f = 0.946 \text{ m.c.a} \times 50 / 100 \times 0.36 = 0.17 \text{ m.c.a}$$

#### 3- Determinación de la presión de entrada en la línea lateral.

$$h_m = h_a + \frac{3}{4} h_f + \frac{1}{2} \text{ AEI}$$

$$h_m = 10.00 + 0.75 (0.17) + \frac{1}{2} (0.25)$$

$$h_m = 10.295 \text{ m.c.a}$$

#### 4- Determinación de la presión mínima de la línea lateral.

$$h_m = h_m - h_f - \text{AEI}$$

$$h_m = 10.295 - 0.17 - 0.25$$

$$h_m = 9.875$$

### 5- Condición para aceptar el diseño de la línea lateral.

$$h_m \cdot h_m \leq \frac{1}{2} \text{ AHS}$$

$$10.295 - 9.875 < 2.22$$

$$0.42 < 2.22.$$

También se acepta el diseño de la línea lateral en contra pendiente.

### b- Diseño de la línea múltiple.

#### Datos

Longitud  $L = 50.00\text{m}$ .

Diámetro Interno = 56.4 mm

Caudal = 3.136 L/S.

Pendiente en la dirección de las líneas múltiples = 0.0%

1.0 Cálculo del gradiente de pérdida de carga por fricciones.

$$J' = 7.89 \times 10^7 \frac{(Q)^{1.75}}{(D)^{4.75}}$$

$$J' = 7.89 \times 10^7 \frac{(3.136)^{1.75}}{(56.4)^{4.75}} = 2.80 \text{ m.c./100 línea lateral}$$

### 5.1.8. Determinación de la pérdida de carga por fricción en la línea múltiple.

$$h_f = J L/100 F$$

- Cálculo de F para 28 salidas

$$F = \frac{1}{2.75} + \frac{1}{2(28)} + \frac{\sqrt{0.75}}{6(28)^2} = 0.382$$

$$h_f = 2.80 \text{ m.c.a.} \times 50/100 \times 0.382 = 0.535 \text{ m.c.a.}$$

#### 5.1.8.1. Cálculo de la presión de entrada en la línea múltiple

$$h_m = h_m + \frac{3}{4} h_f$$

$$h_m = 10.295 + 0.75 (0.535) = 10.696 \text{ m.c.a}$$

### 5.1.8.2. Cálculo de la presión mínima que la línea múltiple.

$$h_n = h_m - h_f$$

$$h_n = 10.696 - 0.535 = 10.161$$

### 5.1.8.3. Condición para aceptar el diseño de la línea múltiple

$$h_m - h_n \leq 1/2 \text{ AHS}$$

$$10.696 - 10.161 < 2.22$$

$$0.535 < 2.22$$

Se acepta el diseño de la línea múltiple

## C- Diseño hidráulico de la línea principal

Esta parte del diseño comprende al dar los diámetros adecuados la tubería principal pero manteniendo la velocidad del agua en un rango aproximado de 1.5 m/seg.

### 1- Cálculo de la pérdida de carga por fricción en la tubería de 3"

$$h_f = 7.89 \times 10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} L/100$$

$$h_f = 7.89 \times 10^7 \frac{(6.272)^{1.75}}{(84.1)^{4.75}} 100/100 = 1.41 \text{ m.c.a.}$$

### 1.1 . Chequeo de la velocidad del agua en la tubería.

$$Q = AV$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.006272 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.7854(0.0841)^2} = 1.13 \text{ m/seg}$$

Se acepta el diseño de la tubería de 3" de diámetro.

### 2- Cálculo de la pérdida de carga por fricción en la tubería de 4".

$$hf = 7.89 \times 10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \text{ L/100}$$

$$hf = 7.89 \times 10^7 \frac{(12.55)^{1.75}}{(108.4)^{4.75}} \quad 350/100=4.982\text{m.c.a}$$

## 2.1. chequeo de la velocidad del agua en la tubería.

$$Q = AV$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.01255\text{m}^3/\text{seg.}}{0.7854(0.1084)^2} = 1 - 36\text{m/1seg}$$

También se acepta el diseño de hidráulico de la tubería de 4" de diámetro

### 5.1.9. Determinación de la carga dinámica total

Componentes:

- 1.- Presión de entrada en la línea múltiple = 10.696 m.c.a.
- 2.- Pérdidas de carga en la tubería principal = 6.392 m.c.a.
- 3.- Pérdidas de carga en la cabeza de riego = 10.00 m.c.a
- 4.- Pérdidas de carga en la válvula de control = 2.00 m.c.a
- 5.- Pérdidas de carga local (20% de pérdida de carga en la tubería principal = 1.00 m.c.a
- 6.-carga diámetro total (AHT) = 30.088 m.c.a

#### 5.1.9.1. Determinación de la potencia del sistema de bombeo

Utilizamos la siguiente ecuación:

$$HP = \frac{\gamma \times Q \times AHT}{76 \times \eta \times m.}$$

Dónde:

HP = potencia en Caballos

Q = Caudal L/S

$\gamma$  = Peso específico del agua 1.000 kg/m<sup>3</sup>

h = eficiencia de la bomba (70%)

m = eficiencia del motor (motor eléctrico 90%)

$$HP = \frac{1,000 \text{ kg/m}^3 \times 0.01255 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 30.088}{76 \times 0.70 \times 0.90}$$

$$HP = 7.89$$

Se considera una potencia de 8.00 HP

## 5.2. DISCUSION DE RESULTADOS

Como puede esperarse del análisis físico mecánico del suelo, está es de textura franco arcillo limoso, muy buena para el desarrollo del cultivo de Pecano, con respecto a su pH está es de 7.87, ésta no presenta problemas para la asimilación de los nutrientes al suelo, pues con el sistema de fertirrigación se aplica ácido, lo que permitiría bajar el pH hasta 6.2, que es el óptimo para la asimilación de los macro y micronutrientes por el cultivo.

En relación a la salinidad, ésta conductividad eléctrica, lo que no presentaría ningún problema para un normal desarrollo del cultivo de Pecano.

Con respecto a su fertilidad química, la capacidad de intercambio catiónico es de 16.93, considerada media que se puede mejorar con la aplicación de materia orgánica y arcilla bentónica, mejorando además las propiedades físicas y biológicas del suelo.

En relación al análisis de agua que tiene un pH = 7.87, clasificada como ligeramente alcalina, no causaría ningún problema en el desarrollo del cultivo de Pecano, lo mismo sucede con la salinidad que tiene un contenido de C.E. de 1.62 ds/m. Considerada media, que tampoco causaría problema al desarrollo y producción al cultivo de Pecano.

Con respecto al diseño agronómico, está en la metodología más adecuada, para realizar el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos, pues se toma en cuenta las condiciones de suelo, agua y climáticos de la zona baja



del valle de ICA, obteniéndose un volumen de agua para el desarrollo del cultivo de Pecano. De 665.63 litros/día/Planta.

En relación al diseño hidráulico, se puede manifestar que la metodología utilizada ha sido la más adecuada, puesto que se ha tenido en cuenta, los requerimientos hídricos del cultivo de Pecano, obtenidos en el diseño agronómico, para realizar posteriormente el diseño hidráulico de la unidad del riego, que comprende el diseño de la línea lateral y el diseño de la línea múltiple, además se realizó el diseño de la línea principal obteniéndose una potencia para el funcionamiento del sistema de fertirrigación de 8.00Hp.

## **CAPITULO VI**

### **COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS**

#### **6.1. Contrastación de la hipótesis general**

Con el diseño del sistema de fertirrigación en el cultivo de Pecano, se mejorará la conducción del cultivo y se realizará un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la Zona Baja del Valle de Ica.

#### **6.2. Contrastación de la hipótesis específica**

Mediante el análisis de las variables meteorológicas y de suelo, agua y cultivo de Pecano se ha realizado el diseño del sistema de fertirrigación lo que permitirá un manejo adecuado del recurso hídrico.

## **CAPITULO VII**

### **CONCLUSIONES**

En función de los objetivos planteados en el presente trabajo de tesis se concluye en los siguientes.

1°- mediante el diseño del sistema de fertirrigación el cultivo de Pecano se realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en la zona de Instalación del cultivo.

2°- el diseño del sistema de fertirrigación ha sido el más adecuado pues se ha tenido en cuenta las características del cultivo de Pecano, así como las condiciones del suelo, agua y clima de la zona baja del Valle de Ica.

## CAPITULO VIII

### RECOMENDACIONES

Para el presente trabajo, de diseño de un sistema de fertirrigación para el cultivo de Pecano en la zona baja del Valle de Ica se sugiere el siguiente:

1°- Para el diseño de sistema de fertirrigación tanto para el cultivo de Pecano, como para otros cultivos instalados en la zona baja del Valle de Ica, como en las otras zonas que comprende el Valle, se sugiere seguir el mismo procedimiento, tanto para la realización del diseño agronómico que toma en cuenta la relación entre el agua, agua, cultivo y condiciones climáticos de la zona donde se desarrolla los cultivos, así como para la realización del diseño hidráulico, que toma en cuenta las características hidráulicas de los emisores de riego, así como el comportamiento hidráulico de las líneas laterales, líneas múltiples y tuberías principal, hasta la determinación de la potencia del sistema de bombeo.

2°- Utilizar el diseño agronómico, para el manejo del agua de riego, en todas la etapas de desarrollo del cultivo de Pecano, como una manea de optimizar el uso del recurso hídrico y fertilizantes.

3°- Promover el uso del sistema de fertirrigación en todos los cultivos instalados en la zona del Valle de Ica y en otras zonas como una manera de mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico y así mismo para mejorar la calidad y producción de los cultivos.

## CAPITULO IX

### FUENTES DE INFORMACIÓN

1. **ALMEYDA V. Y CABRERA C. (2001).** *“Incidencia de los Factores Climáticos sobre la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ETO) en las zonas de los Valles de Ica y pampa de Villacurí”*, Informe de Investigación, Facultad de Agronomía UNICA, 50 pág.
2. **BOSWELL M. (1995).** *Micro – irrigación Deslgn Manual Publicación de – hardielrrigation*, 220 pág.
3. **DE PACO J. (1992).** *Fundamento de Calculo hidráulico en los Sistemas de Riego y de Drenaje*, España Mundi Prensa.
4. **DORENBOS J. Y PRUIT W.Q. (1989).** *Necesidades de agua para los Cultivos*. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1989.
5. **F.A.O (2006).** *“Evapotranspiración del Cultivo, Guías para la Determinación de los Requerimientos de agua de las Plantas Cultivadas”*.
6. **KELLER J. (1983).** *Manual de Diseño de Sistemas de Riegos por Aspersión y Goteo*, International Irrigación Center, 410 pág.
7. **MEDINA SAN JUAN J. (1995).** *Riego por Goteo* 2da Edición, España Mundi Prensa.
8. **MINISTERIO DE ARICULTURA (2012).** *“El cultivo de Pecano en el Perú”* Boletín Técnico Lima – Perú.
9. **MOYA T. (1994).** *Riegos Localizados y Fertirrigación*, 1era Edición, España Mundi Prensa.
10. **PIZARRO F. (1980).** *Riegos Localizados de Alta Frecuencia*, 2da Edición, España Mundi Prensa.

**11. SOCIEDAD QUIMICA Y MINERALES DE CHILE, SOQUIMICH COMERCIAL (SQM). (2002).** Libro Azul, *Manual Básico de Fertirriego*, 2da Edición. Chile.

**12. VEIMEREN L. Y JOBLIN B.A. (1980).** *Riego Localizado*, Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

## **ANEXO**

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA DE INVESTIGACION	OBJETIVOS DE INVESTIGACION	HIPOTESIS	VARIABLES	POBLACION Y MUESTRA
<p>“DISEÑO DE UN SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN EN EL CULTIVO DE PECANO (<i>Carya illinoensis koch</i>) VARIEDAD MAHAN EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA”</p>	<p><b>1. Problema general:</b> ¿Se podrá realiza un manejo eficiente del recurso hídrico en la conducción del cultivo de pecano, mediante sistemas de fertirrigación en la Zona Baja del Valle de Ica?</p> <p><b>2. Problema específico:</b> ¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en el cultivo de pecano mediante la instalación del sistema de fertirrigación en el cultivo de pecano en la Zona Baja del Valle de Ica?</p>	<p><b>1. Objetivo general:</b> Realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, considerando las condiciones de Evapotranspiración para el cultivo de pecano, en la Zona Baja del Valle de Ica; así como de las características hidráulicas del sistema de riego por goteo.</p> <p><b>2. Objetivo específico:</b> Realizar el diseño tanto agronómico como hidráulico del sistema de fertirrigación en el cultivo de pecano, para las condiciones de la</p>	<p><b>1. Hipótesis general:</b> Mediante el diseño del sistema de fertirrigación en el cultivo de pecano, se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la Zona Baja del Valle de Ica.</p> <p><b>2. Hipótesis específica:</b> Mediante el diseño tanto agronómico como hidráulico del sistema de fertirrigación se podrá realizar un manejo eficiente del riego en el cultivo del pecano para las condiciones de la Zona Baja del Valle de Ica.</p>	<p><b>a) Variables Independientes:</b> - Humedad relativa - Horas de sol - Velocidad del viento - Temperatura media - Coeficiente del cultivo (Kc)</p> <p><b>b) Variables Dependientes:</b> - Evapotranspiración del cultivo de pecano - Diseño del sistema de fertirrigación</p>	<p><b>1. Población de estudio:</b> La población de estudio, viene a estar constituida por el cultivo de pecano de aproximadamente 01 año, instalados en una parcela de 4 Ha. ubicado en la Zona Baja del Valle de Ica.</p> <p><b>2. Población de la muestra del estudio:</b> Para el presente trabajo de tesis se tomó como muestra representativa de la zona, el cultivo instalado en el predio localizado en el distrito de Pueblo Nuevo. El huerto presenta plantas de</p>



		Zona Baja del Valle de Ica.			<p>pecana Var. Mahan, los frutales se encuentran separados a una distancia de 12.50m por 12.50m uno de otro, en un área de 4 Ha. aproximadamente. El sistema de riego empleado es por gravedad así mismo el cultivo se encuentra libre de plagas y enfermedades, así como también libre de malezas.</p>
--	--	-----------------------------	--	--	---