

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño de una estación de riego tecnificado utilizando  
energía solar, para el cultivo de paltas en el Valle  
de Chilina, Arequipa**

Jean Patrick Ranilla Carbaja  
Eduardo Mamani Luquel

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : Dr. Felipe Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Ma. Ever Luis Poma Tintaya  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 26 de octubre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "**DISEÑO DE UNA ESTACION DE RIEGO TECNIFICADO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR, PARA EL CULTIVO DE PALTAS EN EL VALLE DE CHILINA, AREQUIPA**", perteneciente a los estudiantes **Jean Patrick Ranilla Carbajal y Eduardo Mamani Luque**, de la E.A.P. de **Ingeniería Mecánica**; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado **13 %** de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

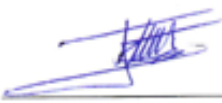
- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 30) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, **JEAN PATRICK RANILLA CARBAJAL**, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. **47524379**, de la E.A.P. de **Ingeniería Mecánica** de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

La tesis titulada: "**DISEÑO DE UNA ESTACION DE RIEGO TECNIFICADO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR, PARA EL CULTIVO DE PALTAS EN EL VALLE DE CHILINA, AREQUIPA**", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico**.

1. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
2. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

26 de 10 de 2023.



---

Jean Patrick Ranilla Carbajal  
DNI. No. 47524379

---

Ma. Ever Luis Poma Tintaya  
Asesor de tesis

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, **EDUARDO MAMANI LUQUE**, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. **73144676**, de la E.A.P. de **Ingeniería Mecánica** de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

La tesis titulada: **“DISEÑO DE UNA ESTACION DE RIEGO TECNIFICADO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR, PARA EL CULTIVO DE PALTAS EN EL VALLE DE CHILINA, AREQUIPA”**, es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico**.

4. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
5. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
6. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

26 de 10 de 2023.



---

Eduardo Mamani Luque

DNI. No. 73144676

---

Ma. Ever Luis Poma Tintaya

Asesor de tesis

# DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE RIEGO TECNIFICADO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR, PARA EL CULTIVO DE PALTAS EN EL VALLE DE CHILINA, AREQUIPA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>13%</b>	<b>13%</b>	<b>1%</b>	<b>5%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>www.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>ribuni.uni.edu.ni</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>datospdf.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Internacional de la Rioja</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

9 core.ac.uk <1 %  
Fuente de Internet

---

10 Submitted to Systems Link <1 %  
Trabajo del estudiante

---

11 www.mef.gob.pe <1 %  
Fuente de Internet

---

12 www.proexant.org.ec <1 %  
Fuente de Internet

---

13 Submitted to Universidad Cesar Vallejo <1 %  
Trabajo del estudiante

---

14 repositorio.unan.edu.ni <1 %  
Fuente de Internet

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

## **ASESOR**

Ing. Ever Luis Poma Tintaya



## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a todas aquellas personas que mostraron su apoyo en nuestro avance profesional, y que han el desarrollo, proceso y culminación de esta tesis.

En primer lugar, transmita nuestro eterno agradecimiento a nuestros padres por jugar un papel importante en nuestra formación profesional y hágales saber que siempre estarán en nuestros corazones.

También agradecemos a la institución de investigación, Universidad Continental Perú, por los requisitos académicos y la calidad de la preparación. Un grupo de maestros calificados que imparten conocimientos y enseñanzas.

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Mecánica, una universidad especializada en investigación, por su apoyo en la preparación de este documento.

Finalmente agradecemos a nuestros hermanos, amigos por todo su apoyo y confianza para la realización del proyecto de tesis.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada con profundo cariño a mis padres quienes me han apoyado y me han transmitido las enseñanzas y valores en mi vida profesional. Inspiración para superarme,

*Eduardo Mamani Luque*

Esta tesis está dirigida a Dios por darme dirección a mi camino con disciplina, humildad y sensates, de igual manera se la dedico a mi padre y madre, por su apoyo único quienes me orientan en la vida con sus fortalezas y responsabilidades, también a la Universidad: Continental, por permitirme lograr este proyecto de tesis.

*Jean Patrick Ranilla Carbajal*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xv
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1. Problema general.....	1
1.1.2. Problemas específicos .....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general .....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Justificación .....	2
1.3.1. Impacto Tecnológico.....	2
1.3.2. Impacto Económico.....	3
1.3.3. Impacto Social.....	3
1.3.4. Impacto Ambiental.....	3
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Antecedentes del problema .....	4
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	4
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	6
2.2. Bases Teóricas .....	6
2.2.1. Antecedentes Teóricos .....	6
2.2.2. Componentes necesarios para la instalación del riego por goteo .....	12
2.2.3. Diseño Agronómico .....	16
2.2.4. Necesidades del agua para el cultivo.....	19
2.2.5. Eficiencia de Riego .....	19
2.2.6. Evaporación.....	20
2.2.7. Transpiración.....	20
2.2.8. Evapotranspiración.....	21

2.2.9. Diseño Hidráulico .....	22
2.2.10. Fundamentos para el uso de un Sistema Mixto de fuente de energía ( Red Eléctrica y Solar Fotovoltaico).....	33
2.3. Definición de términos básicos .....	35
CAPÍTULO III RESULTADOS ESPERADOS Y METODOLOGÍA .....	37
3.1. Resultados esperados .....	37
3.2. Metodología .....	39
3.2.1. Tipo de investigación .....	39
3.2.2. Desarrollo de la metodología .....	39
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN .....	50
4.1. Identificación de requerimientos.....	50
4.1.1. Inicio del diseño .....	50
4.1.2. Asumir el problema en forma crítica y constructiva .....	50
4.1.3. 4.1.3 Estado de la tecnología.....	50
4.1.4. Lista de exigencias .....	51
4.1.5. Planificación del desarrollo del proyecto .....	55
4.2. Análisis de la solución .....	57
4.2.1. Caja negra (Black Box).....	57
4.2.2. Estructura de funciones (caja blanca).....	58
4.2.3. Matriz morfológica.....	61
4.2.4. Propuestas de solución .....	63
4.2.5. Determinación de la solución óptima.....	65
4.3. Diseño .....	71
4.3.1. Calculo de necesidades Hídricas del palto .....	71
4.3.2. Diseño agronómico .....	73
4.3.3. Diseño físico de la parcela.....	81
4.3.4. Tolerancia de presiones .....	84
4.3.5. Diseño de la lateral (Darcy Weisbach).....	88
4.3.6. Diseño de terciaria.....	90
4.3.7. Diseño de Tubería principal .....	94
4.3.8. Cálculo de Potencia de Bombeo.....	96
CAPÍTULO V SIMULACIONES Y RESULTADOS .....	98
5.1. Simulación en el software AQUA .....	98
5.1.1. Desarrollo de la simulación del Sistema de Riego por goteo .....	98
5.2. Simulación en software EPANET.....	103
5.2.1. Configuración del Proyecto.....	103

5.2.2.	Construcción del Modelo de Red .....	103
5.2.3.	Configuración de las Propiedades de los Objetos de la Red. ....	106
5.2.4.	Datos obtenidos de la simulación EPANET.....	107
5.3.	Cálculo de Voltaje Máximo y Amperaje .....	113
5.3.1.	Motor Eléctrico: HFm 5ARM (3HP) .....	113
5.3.2.	Hora Solar pico: .....	113
5.3.3.	5.3.3 Potencia Fotovoltaica .....	113
5.4.	Diseño del Sistema Solar Fotovoltaico .....	114
5.4.1.	Factores de Perdidas y corrección .....	114
5.4.2.	Latitud y Azimut de paneles.....	115
5.5.	Diseño del Circuito de Mando y Control de motor eléctrico, hacia la red.....	115
5.5.1.	5.5.1 Potencia eléctrica.....	115
5.5.2.	Comprobación de caída de tensión.....	116
5.5.3.	Comprobación por caída de tensión Monofásico .....	116
5.6.	Simulación en el software PVSYST .....	118
5.7.	Aporte de la investigación, diferencias de control de programación del sistema riego por goteo (sistema eléctrico) .....	122
5.7.1.	Aplicativo EWELINK - SMART.....	126
5.7.2.	Interruptor inteligente SONOFF (SMART-SWITCH) .....	127
5.8.	Presupuesto del sistema de riego .....	133
5.8.1.	Costos Estimados .....	133
5.8.2.	Costo de materiales y componentes del Sistema.....	134
5.8.3.	Proyecto de inversión, utilización de VAN y TIR .....	136
	CONCLUSIONES .....	138
	APORTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	139
	RECOMENDACIONES .....	140
	REFERENCIAS .....	141
	ANEXOS.....	144
	Anexo 1 Selección de goteros según especificaciones y características .....	145
	Anexo 2 Ubicación y tamaño del área de cultivo.....	146
	Anexo 3 Selección de tipos de suelos – Características.....	152
	Anexo 4 Datos de temperaturas climatológicas en el punto de localización del cultivo (NASA) .	153
	Anexo 5 Ficha técnica del panel solar de 390 W – 405 W.....	154
	Anexo 6 Ficha técnica del inversor de corriente de 5 KW .....	155
	Anexo 7 Tanque de 5000 Lts-Ficha tecnica.....	157

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de Cultivo.....	1
Figura 2. fruto del Palto.....	7
Figura 3. Riego por exudación.....	9
Figura 4. Riego intermitente-por impulsos.....	10
Figura 5. Riego por aspersion .....	11
Figura 6. Riego por mangas .....	11
Figura 7. Riego por goteo.....	12
Figura 8. Cabezal de Riego .....	13
Figura 9. Malla de filtrado.....	14
Figura 10. Goteros.....	15
Figura 11. Tubería de Riego.....	16
Figura 12. Métodos de cultivo (Diseño Agrónomo) .....	17
Figura 13. Proceso de Evapotranspiración.....	21
Figura 14. Flujo laminar-turbulento .....	23
Figura 15. Bomba centrífuga- físico .....	26
Figura 16. Bomba de turbina-corte a despiece.....	27
Figura 17. Bomba electro sumergible .....	27
Figura 18. Bomba de propulsor.....	28
Figura 19. Curvas características de la bomba (gpm-caudal real, bhp-caballos de fuerza de freno).....	29
Figura 20. Simbología celda fotovoltaica.....	30
Figura 21. Panel solar.....	31
Figura 22. Panel solar Poli cristalino .....	31
Figura 23. Panel solar Amorfo .....	31
Figura 24. Panel de película delgada.....	32
Figura 25. Componentes de Modulo .....	33
Figura 26. Parámetros climatológicos promedio de Arequipa .....	35
Figura 27. Proceso de desarrollo de la VDI 2221 .....	39
Figura 28. Fases del diseño de la VDI 2221 .....	40
Figura 29. Modelo de Black-Box .....	43
Figura 30. Circuito eléctrico de activación y funcionamiento de Riego.....	51
Figura 31. Caja negra-Black box.....	57
Figura 32. Estructura de funciones (caja blanca) .....	60
Figura 33. Propuesta de la primera solución .....	63
Figura 34. Propuesta de la segunda solución .....	64

Figura 35. Propuesta de la tercera solución.....	65
Figura 36. Esquema de dispersión lineal para la elección del resultado .....	70
Figura 37. Riego por goteo/ solución 1 .....	71
Figura 38. Datos Riego por Goteo .....	98
Figura 39. Diseño Agronómico - Goteo.....	99
Figura 40. Calculo Diseño Físico de Modulo de Riego .....	100
Figura 41. Tolerancia de presiones .....	100
Figura 42. Diseño Lateral (Darcy Weisbach).....	101
Figura 43. Diseño Terciaria.....	101
Figura 44. Diseño de tubería Principal.....	102
Figura 45. Plano de la Red .....	103
Figura 46. Diseño en Software Epanet Etapa A.....	104
Figura 47. Diseño en Software Epanet Etapa B .....	104
Figura 48. Diseño en Software Epanet Etapa C .....	105
Figura 49. Diseño en Software Epanet Etapa D.....	105
Figura 50. Diseño en Software Epanet / Curva de la Bomba.....	106
Figura 51. Diseño de distribución de Riego por Goteo .....	108
Figura 52. Curvas y datos prestacionales (bombas Pedrollo).....	110
Figura 53. Partes de la bomba centrifuga.....	112
Figura 54. Parámetros-datos obtenidos .....	118
Figura 55. Inclinación y Azimut (Orientación – Variante) .....	119
Figura 56. Definición del Sistema De Red.....	120
Figura 57. Resultados de la Simulación .....	121
Figura 58. Circuito Eléctrico, conectado a la red (físico-programación manual) .....	122
Figura 59. Circuito Eléctrico, conectado a la red (simbología).....	123
Figura 60. Circuito Eléctrico, conectado a la red (físico-interruptor inteligente) .....	124
Figura 61. Circuito Eléctrico, conectado a la red, con SONOFF (simbología).....	125
Figura 62. Presentación del modelo interruptor inteligente .....	127
Figura 63. Información básica del interruptor inteligente .....	127
Figura 64. Instrucciones de funcionamiento generales del interruptor .....	128
Figura 65. Emparejamiento rápido del interruptor Smart y el celular.....	129
Figura 66. Modo de emparejamiento compatible – descripción física.....	130
Figura 67. Instrucciones del indicador de estado Wifi led y características.....	131
Figura 68. Modo cambio de red y problemas frecuentes .....	132

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelo de lista de exigencia.....	41
Tabla 2. Modelo del plan de trabajo.....	42
Tabla 3. Modelo de matriz morfológica.....	44
Tabla 4. Modelo de evaluación de lista de exigencias .....	45
Tabla 5. Modelo de evaluación del valor técnico.....	46
Tabla 6. Modelo de evaluación de valor económico.....	47
Tabla 7. Lista de exigencias .....	52
Tabla 8. Planificación del desarrollo del proyecto .....	56
Tabla 9. Matriz morfológica.....	61
Tabla 10. Valorización de lista de exigencias .....	66
Tabla 11. Evaluación de Valor técnico .....	67
Tabla 12. Evaluación de valor económico .....	68
Tabla 13. Comparación de resultados evaluados .....	69
Tabla 14. Necesidades hídricas del Palto .....	72
Tabla 15. ETR de cada mes de Palta.....	72
Tabla 16. Porcentaje de agua aprovechable .....	75
Tabla 17. Clasificación de Coeficiente de Variación ( <b>CV</b> ).....	85
Tabla 18. Dimensiones – pesos, selección de la bomba.....	108
Tabla 19. Datos de selección de la bomba .....	111
Tabla 20. Características físicas de la bomba.....	112
Tabla 21. Costos de Sistema de bombeo FV.....	133
Tabla 22. Costo de materiales y componentes del Sistema.....	134
Tabla 23. Proyección de costos (VAN-TIR) .....	137



## RESUMEN

Este trabajo se prepara en la sección “Diseño de un sistema de riego por goteo” para un área de paltas de 1.07 ha, el cual posee 4 horas máximas de riego que se han calculado según los datos de las características del tipo de suelo que posee, en la ubicación señalada en el Valle Chilina – Arequipa.

Posee una eficiencia de 90% que son logrados por el tipo de selección de los emisores que se encuentran localizados a 2 metros de distancia uno del otro, por el tipo de suelo que posee se tiene un 30% de agua aprovechable.

Verificando todos los valores necesarios en el Diseño Agronómico del palto que posee solamente 1 ciclo por día, el cual se realiza en el tiempo de 4 horas con un caudal emisor de 26 lt / h que son lo suficiente para el cultivo de paltas que se tiene.

Después de la realización del Diseño Agronómico se realiza el diseño físico de la parcela, obteniendo el número de módulos necesarios que serían para el diseño de 1.07 has (*hectáreas*), el cual es 1 modulo y una válvula de 3” ( $40 - 60 m^3/h$ ).

Continuando con el diseño, se verifica la tolerancia de presiones del Sistema de riego tecnificado por goteo, dentro de ello debe mantener una variación de un 10% al 20% en los caudales que posee, con los resultados obtenidos en el Software Aqua, con una clasificación media (4% - 7%) en el coeficiente de variación.

El lugar de cultivo posee una mínima elevación a desnivel que por diseño tiene una longitud lateral de 50 metros, espacio entre emisores de 2 metros. Por el método de Darcy Weisbach (Diseño Lateral) se obtiene la cantidad de 25 emisores necesarios para el cultivo de paltas, puestos en una tubería de 49 metros, con una pérdida de carga de 3.27 m.c.a (*metros de columna de agua*).

En el siguiente diseño de la tubería terciaria de 36 metros, lo cual tiene un caudal de  $7.7 m^3/h$  en una parcela con un diámetro interior de tubería 55.4 milímetros, es de 11 bares según sus características.

Con la tubería principal se llega seleccionar por diseño el mismo diámetro y material de PVC que la tubería terciaria.

Ya obtenidos las dimensiones y características de los elementos del Sistema de riego, como son los emisores válvula de paso tuberías y diferentes perdidas de caudal se realiza el Cálculo Potencial necesario para bomba, se obtiene el requerimiento de una bomba – motor eléctrico de un 80% de eficiencia de 2.34 hp de fuerza en su carga mínima para el Sistema, por diseño y para funcionamiento se aumenta un 20%, bomba- motor eléctrico de 3Hp.

Con los datos obtenidos en los diseños ya mencionados se obtiene la relación de consumo de energías

eléctrica necesaria para su funcionamiento y el circuito eléctrico de paneles fotovoltaicos.

Para realizar el diseño se utiliza “*la norma alemana VDI 2221 y 2222*”.

Como resultado se obtiene el diseño del “*Sistema de Riego Tecnificado por Goteo para el cultivo de paltas*”, de fácil mantenimiento y a un costo accesible en el mercado.

En las simulaciones se logra obtener mejoras en la producción del cultivo con un rendimiento de un 77% a más del Sistema de Riego.

Palabras Claves: Diseño Agronómico, Riego tecnificado, paltas, emisores.

## ABSTRACT

This work is prepared in the section Design of a drip irrigation system for an area of avocados of 1.07 ha, which has 4 maximum hours of irrigation that have been calculated according to the data of the characteristics of the type of soil that it has, in the indicated location in the Chilina Valley - Arequipa.

It has an efficiency of 90% that are achieved by the type of selection of the emitters that are located 2 meters away from each other, due to the type of soil that it has, 30% of usable water is available.

Verifying all the necessary values in the Agronomic Design of the avocado that has only 1 cycle per day, which is carried out in the time of 4 hours with an emitting flow of 26 lt / h that is enough for the cultivation of avocados that we have..

After carrying out the Agronomic Design, the physical design of the plot is carried out, obtaining the number of necessary modules that would be for the design of 1.07 has (hectares), which is 1 module and a 3" valve (40 - 60 m<sup>3</sup>/h).

Continuing with the design, the pressure tolerance of the drip irrigation system is verified, within this it must maintain a variation of 10% to 20% in the flows it has, with the results obtained in the Aqua Software, with a average rank (4% - 7%) in the coefficient of variation.

The place of cultivation has a minimum uneven elevation that by design has a lateral length of 50 meters, space between emitters of 2 meters. Using the Darcy Weisbach method (Lateral Design), the quantity of 25 emitters necessary for the cultivation of avocados is obtained, placed in a 49-meter pipe, with a head loss of 3.27 m.c.a (meters of water column).

In the following design of the 36-meter tertiary pipe, which has a flow of 7.7 m<sup>3</sup>/h in a plot with an internal pipe diameter of 55.4 millimeters, it is 11 bars according to its characteristics.

With the main pipe it is possible to select by design the same diameter and PVC material as the tertiary pipe.

Once the dimensions and characteristics of the elements of the irrigation system have been obtained, such as the emitters, stop valve, pipes and different flow losses, the Potential Calculation necessary for the pump is carried out, the requirement of a pump is obtained - an 80% electric motor. of efficiency of 2.34 hp of force in its minimum load for the System, by design and for operation it is increased by 20%, pump-electric motor of 3Hp.

With the data obtained in the aforementioned designs, the relationship of electrical energy consumption necessary for its operation and the electrical circuit of photovoltaic panels is obtained.

To carry out the design, the German standard VDI 2221 and 2222 is used.

As a result, the design of the Technified Drip Irrigation System for the cultivation of avocados is obtained, easy to maintain and at an affordable cost in the market.

In the simulations it is possible to obtain improvements in crop production with a yield of 77% more than the Irrigation System.

Keywords: Agronomic Design, Technified Irrigation, avocados, emitters.

## INTRODUCCIÓN

El aumento de la cantidad de energización a nivel mundial es proporcional a la cantidad de las emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que lleva a niveles muy altos de emisiones. Por lo tanto, necesitamos encontrar soluciones para reducir el problema de la contaminación mundial a mediano plazo necesario.

El presente trabajo está basado en los sistemas para riego tecnificado, en el cual se busca obtener la optimización de los recursos naturales, como es de energía solar y su asistencia de funcionamiento.

Por este motivo es el diseño agronómico para la mejora del cultivo de paltas que muestra todas las variables y datos necesarios para la obtención de una producción sustentable.

En referencia al diseño hidráulico se obtiene la selección correcta de componentes necesarios para el funcionamiento del tipo de riego a usar, con el cual se logra dar un uso correcto y responsable del agua.

Con un diseño y la correcta selección de un sistema fotovoltaico para poder energizar un sistema de riego con la finalidad de lograr un buen funcionamiento, así garantizar la sustentabilidad del proyecto de cultivo de paltas.

En el Capítulo I se toma un enfoque de investigación a partir del diseño del riego por goteo en el Valle de Chilina-Arequipa, con el fin de obtener la producción de paltas a bajo costo con la ayuda de un método tecnológico de Riego y a su vez dar el uso correcto del agua como principal recurso en su distribución por el cultivo y para apoyo hídrico a zonas aledañas.

Ya realizando la búsqueda de información, en el Capítulo II del marco teórico se verifica los antecedentes nacionales e internacionales con los diferentes métodos y formas de riego, buscando la mejor opción para cumplir con la expectativa deseada, con la ayuda de Diseños Tecnológicos, Automatizados y Fotovoltaicos como principal fuente de energía para su funcionamiento.

En los antecedentes teóricos se obtendrá la información y significado del fruto, sus características, que es el Riego y sus clasificaciones. Parte de ello se muestra a detalle los componentes principales para una instalación de Riego por goteo.

Mas adelante el significado a detalle de los Diseños Agronómico, Hidráulico y Fotovoltaico que son lo fundamental para el funcionamiento del Riego tecnificado de cultivo de Paltas en el Valle Chilina-Arequipa.

En el Capítulo III de resultados y la metodología se conoce la equivalente de los objetivos y sus futuros resultados, con el tipo de investigación que llegaría a ser tecnológico y aplicativo, con el diseño según metodología de Proceso de desarrollo VDI 2222 y VDI 2221 de Barriga Gamarra-2016.

En el capítulo IV del análisis y diseño de la solución, su principal objetivo es tener los

requerimientos, con los factores principales para el riego tecnificado por goteo con el fin de obtener óptimos resultados para la realización del cultivo de paltas en el Valle Chilina, basados en la metodología del capítulo III.

Con el contenido del Diseño Agronómico se obtiene la recolección de sus principales componentes del Sistema de riego por goteo.

En este Capítulo V se verifica el desarrollo de funcionamiento del tipo de riego, cumpliendo y analizando cada proceso del Diseño con los datos obtenidos de los diferentes softwares utilizados. Mostrando el valor y similitud de cálculos para obtener una verificación de resultados óptimos y factibles.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

El presente trabajo de investigación surge como una solución al planteamiento del problema de distribuir de agua para poder regar los cultivos y dar mantenimiento al terreno de una persona; dicho terreno se encuentra ubicado en el valle de Chilina S/N / distrito de Alto Selvaegre / provincia de Arequipa / región de Arequipa, a la distancia de 10 minutos del centro de la ciudad. Dicho terreno agrícola se usa para el sembrío de paltas, con el fin de obtener el fruto en cierta cantidad y posteriormente comercializarse.

Por la ubicación geográfica del terreno (accidentada) no se puede acceder de forma permanente al servicio de agua proveniente de canales, por este motivo se ve pertinente el diseño de una estación de riego tecnificado de agua proveniente del río para abastecer todo el terreno agrícola y pastizales.

Esta estación de bombeo se diseñará con el fin de alcanzar una altura aproximada de 20 a 30 metros de altura, para poder regar el terreno.

El trabajo de investigación se llevará a cabo dentro del bien rustico denominado “La antigua” ubicado en el valle de Chilina, distrito de Alto Selvaegre, provincia de Arequipa, región de Arequipa.



**Figura 1. Área de Cultivo**

Fuente: Google Earth

#### 1.1.1. Problema general

Para ello plantee la siguiente pregunta ¿Cómo diseñar una estación de riego tecnificado utilizando energía solar, para el cultivo de paltas en el valle de Chilina, Arequipa?

### **1.1.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo realizar la selección de la bomba, tuberías y accesorios para la estación de riego tecnificado?
- ¿Cómo seleccionar el panel solar y la asistencia?
- ¿Cómo realizar la simulación de la estación de riego tecnificado utilizando energía solar y la asistencia?
- ¿Cómo determinar la viabilidad del diseño de una estación de riego tecnificado, para distribuir y optimizar el uso del agua en el valle de Chilina?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Diseñar una estación de riego tecnificado utilizando energía solar, para el cultivo de paltas en el valle de Chilina, Arequipa.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Calcular los parámetros de selección para la succión, descarga y bombeo de la estación riego tecnificado, para distribuir y abastecer de agua las zonas agrícolas del valle de Chilina.
- Seleccionar el panel solar y la asistencia de forma adecuada
- Realizar la simulación con los programas AQUA,, EPANET y PVSYST para determinar el diseño y selección del sistema agronómico y bombeo solar correcto para el cultivo de paltas
- Determinar la viabilidad del costo y presupuesto para la rentabilidad del diseño de la estación de riego tecnificado, para abastecer con agua a las zonas agrícolas.

## **1.3. Justificación**

Se consideran varios aspectos para justificar el trabajo de investigación, incluyendo impactos técnicos, económicos, sociales y ambientales. Esto se explica a continuación:

### **1.3.1. Impacto Tecnológico**

El proyecto da a conocer la técnica eficaz de realizar el riego, donde se optimiza el uso correcto del



agua de manera eficiente y localizada en el lugar donde se necesita. Además, aprovechando recursos naturales como es en este caso la energía solar para transformarse en energía eléctrica como fuente de alimentación, quien a su vez este diseño de riego es asistido para mejorar su eficiencia de funcionamiento.

### **1.3.2. Impacto Económico**

El diseño e implementación de un riego tecnificado por goteo permitirá al propietario del terreno mejorar la producción del fruto (paltas) que son favorables en el lugar; mejorando así la economía de dicha persona, así como de toda aquella persona que decida llevar a cabo un proyecto parecido a este, para reducir costos y tener mayores ingresos al comercializar el fruto (paltas).

### **1.3.3. Impacto Social**

El proyecto mencionado ayuda a la población cercana a tener alimentos naturales y principales a su alcance, beneficiando en la oferta de mercado de frutos (paltas). También a mantener áreas verdes atractivas para la sociedad a beneficio de todas las personas cercanas al lugar, apoyando a mantener las áreas agrícolas en conservación.

### **1.3.4. Impacto Ambiental**

El abastecimiento regular de agua es un problema muy serio, el cual resulta de interés social, político y económico. Debido a que este problema no recibe la correspondiente atención por parte de las municipalidades, es común ver terrenos agrícolas y de permanencia humana los cuales no cuentan con agua.

En el presente trabajo de investigación se diseñará una estación de riego tecnificado aprovechando los recursos naturales que es capaz de abastecer de agua un terreno colindante a la rívera del río Chili, con la finalidad de usar dicho terreno para llevar a cabo la producción de frutos (paltas) pertenecientes al lugar. Con este trabajo de investigación también se piensa abastecer de agua a los terrenos cerca a los cerros, dichos terrenos por su ubicación geográfica no cuentan con agua, pero si se instala este sistema de riego tecnificado se podrán instalar huertas en dichos terrenos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En la tesis “Diseño de un Sistema de riego por goteo automatizado, alimentado con energía fotovoltaica para la Finca San Antonio ubicada en la Isla de Ometepe del Departamento de Rivas, realizada en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua”. El problema principal es el riego por combustible que ya es obsoleto, genera más gastos económicos de lo esperado y es ineficiente. El objetivo principal es diseñar un prototipo de un modelo Sistema de riego por goteo de manera automatizada que es alimentada por energía fotovoltaica para la Finca (2).

La metodología aplicada son los conceptos básicos sobre el control automático (Ogata K. 1998). Donde se utiliza para el “Diseño de un Sistema de riego por goteo automatizado”, elementos que se comunican entre sí para generar una señal de salida; también en esta investigación se utilizó un controlador PLC para su funcionamiento y como principal fuente de alimentación de corriente un Sistema Fotovoltaico con 932 watts, potencia donde se usaron 3 paneles de 325 watts (2).

Las conclusiones son, para el régimen de bombeo se necesita 15 m<sup>3</sup> de agua requeridos en promedio 5.8 horas de un día típico con una bomba sumergible de 700 watts, 13 Amperios y una inmersión de 150 metros máximo. En la parte económica se realiza la cotización general de \$ 10 183.9 en las etapas del Sistema de riego, la automatización y alimentación de energía fotovoltaica, con un reintegro de la inversión que será en el tercer año con una ganancia de \$ 5 842.1. En este diseño favorece al medio ambiente al usar energía renovable y no por combustible, donde la rentabilidad, eficiencia y productividad en el cultivo (2).

En la Tesis, “Proyecto de riego por goteo utilizando energía solar para el cultivo de Aguacate en la Finca Ojo de Agua en la localidad de San Francisco Libre” realizada en la “Universidad Nacional de Ingeniería Facultad Tecnológica de la Construcción Ingeniería Agrícola-Managua, Nicaragua”. El problema principal es “diseñar un Sistema de riego por goteo utilizando la energía solar para el cultivo de aguacate”. La metodología que se usa es Riego gota por gota es muy bien beneficiario en las zonas áridas, permite el buen uso del agua y su abono; en un análisis de información del procedimiento a los aspectos de cada aspecto de agua, suelo y clima en el cultivo para un diseño agronómico e hidráulico (3).

En esta investigación se muestra la eficiencia del tipo de sistema de riego por goteo a un 90% y 95%, donde el suelo este permanente húmedo, según el diseño agronómico la superficie a regar es de

36  $m^2$  con una superficie mojada por goteo será 9  $m^2$ , tendrá 2 goteros para cada árbol de Aguacate, entonces en el diseño hidráulico será de 8 lts/h, con un diámetro de tubería comercial 13 mm que utiliza un caudal de 176 lts/h. Para el diseño Fotovoltaico se utiliza de 5 a 6 horas de sol con un ángulo 13° según la latitud del lugar para que funcione una bomba de 1847 Wh/días de energía del arreglo fotovoltaico, con una corriente a 2.69 Amperios con su controlador modelo CE2000 (3).

En conclusiones se necesita 7392 litros que se almacena en un tanque que ayuda la fuente de agua en el cultivo, observación no muestra un análisis económico y su viabilidad del proyecto (3).

## **2.1.2. Antecedentes nacionales**

En esta tesis, “Diseño de un sistema de bombeo de agua con paneles solares para mejorar el riego por goteo del cultivo de cacao en el fundo La Esperanza, Lamas, San Martín, 2019”. Realizada en la “Universidad César Vallejo-Perú”. El fin que tiene este diseño es mejorar el riego por goteo para los cultivos de cacao con la ayuda de los paneles fotovoltaicos, en la investigación se busca el buen uso del agua y que el riego sea optimizado y garantice una mejora en la producción en las áreas agrícolas. El sistema de riego tecnificado posee electrobombas de 5 hp, con la energía solar ya se deja el uso de motores Diesel, de esta manera reduciendo la contaminación y los costos mensuales, apoyando a los pobladores que buscan el desarrollo (4).

Esta investigación se basa en un “método inductivo analítico, partiendo de variables para tener hechos generales”. Dentro de ellos están los cálculos de consumo de agua, la cantidad numérica de plantas de cacao en cada hectárea ( $10000m^2$ ), de irradiación con la temperatura mínima del día para el cálculo y entre otros cálculos necesarios para completar el Sistema de energía fotovoltaica donde se elige 1.93 Kwh/día en relación con la electrobomba. En la elección de bombas sumergibles se basa en la marca Pedrollo modelo 45R que cumple con las características necesarias. El presupuesto del sistema de bombeo llega a S/19 285.00, en total los paneles solares a S/10 939.00, sumando S/30 224.00 (4).

En las conclusiones se generaliza el sistema del panel solar en 22 voltios de corriente alterna, con el motor de la bomba sumergible de 1.1 Kw, eligiendo el panel solar de 270 watts Poli cristalino haciendo el riego por goteo más óptimo. En el proyecto de tesis, “Diseño de Automatización para riego tecnificado y su interfaz de un Scada para el Fundo de F&F Servicios Asociados SAC, realizada en la Universidad Nacional de Piura”. La problemática general es el uso del agua en el riego y tipo de sistema ya desfazado. Se propone la automatización del riego tecnificado para que de esta manera se racionalice el agua, tiempos y demás funcionamientos en el sistema. En la metodología se busca dar solución a los problemas de una manera práctica, donde se modifica el proceso real por otro que cumple con mejoras. con este diseño se logra usar la tecnología a favor de un sistema automatizado para tener un riego uniforme, con el sistema SCADA de bajo costo y práctico uso (4).

En conclusión, trató de reducir la pérdida de agua cambiando el régimen de riego. Según teoría siempre un terreno agrícola debe permanecer húmedo para generar mejoras en la cosecha. Así en el precio promedio de la instalación del proyecto va a S/15 000 donde garantiza una mayor cantidad de producción de cosecha, con una recuperación de la inversión en 3 años (4).

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Antecedentes Teóricos**

### 2.2.1.1. La palta

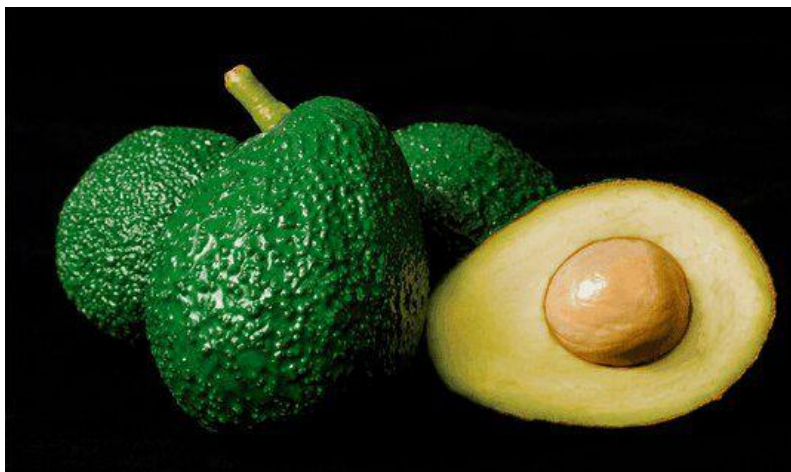
Es uno de los alimentos que contiene una variedad de nutrientes. En el Perú existen varios ejemplares, pero las que más tiene consumo son Hass y Fuerte. Estas tienen la procedencia de otros grupos como son la palta mexicana o la guatemalteca (7).

Tiende a ser preferida por su fruto de gran sabor y diferente uso alimenticio. Además, contiene vitaminas D y E, que la enriquece como alimento. El país peruano es uno de los mayores en exportación a nivel Latinoamérica y el mundo (7).

#### **Variedades de palta:**

Se puede encontrar más de 500 variedades de paltas en el mundo. De las cuales, hay dos tipos que más se cultivan en el Perú: La palta Fuerte y Hass. La segunda es la que tiene mayor demanda en consumo y es la de mayor producción en el país (7).

Según el Ministerio de Agricultura, Fomento y Riego (Midagri), las zonas con mayor cosecha de palta en Perú son La Libertad, Lambayeque, Lima e Ica. Tenga en cuenta que esta fruta es una de las más utilizadas, ya que su utilización se encuentra en diversas cosas fabricadas, incluidos varios platos, ingrediente de diferentes productos de higiene, en la elaboración de jabones de tocador, cremas humectantes para la piel y cabello (7).



**Figura 2. fruto del Palto.**

Fuente: Google / imágenes

### 2.2.1.2. El riego tecnificado

Un gran consecuente de los bajos números de eficacia y el bajo valor de los productos agrícolas que están dentro la siembra agrícola del lugar (país), es por la razón a que, en la realización del cultivo

de la agricultura, se utilizan métodos y tecnologías tradicionales y que carecen de mejoras entre ellas, sistemas de riego tradicionales, como son por gravedad e inundación. También al uso y al manejo del agua de riego, podemos ver que hay pérdidas mayores que desfavorecen la útil deficiente de los recursos naturales. En otras palabras, existe un grave desperdicio de agua, gran parte de ella subterránea, debido a las malas características de conservación y prácticas de aplicación inadecuadas para el estado de las redes fluviales y puntos de distribución. (1).

La tecnificación del riego nos permite:

- Optimiza, mejora y produce con la tecnología de la agricultura-irrigación, a través de mejorados y buenos sistemas de riego obtenidos.
- Al llegar a la utilización de sistemas de riego más eficientes, tales como; mangas, tubos multicompuertas y riego intermitente, la aspersión y goteo.
- Con la aplicación al cultivo el agua que toma la necesaria, en cantidad de calidad y se obtendrá la oportunidad de mejorar la producción.
- Para mayor producción agrícola es mediante el uso racional y eficiente del agua de riego, reduciendo pérdidas y elementos innecesarios.
- La formación continua en riego y eficiencia del agua en la agricultura es una mejora duradera.

#### **2.2.1.2.1. Sistema de riego por exudación**

Es un Sistema de riego tipo localizado, que su aplicación es en forma frecuente, mediante un tubo poroso que exuda el líquido en toda la distancia de la tubería y donde este la porosidad (5).

Este sistema de riego permite:

- a. Ahorrar el agua de riego en un porcentaje promedio.
- b. Mantiene la uniformidad del uso del agua a diferentes presiones para satisfacer de manera óptima las demandas de agua de la planta.
- c. Regar de manera frecuente para que el suelo y las plantas de manera se cumplan con sus principales demandas hídricas, evitando pérdidas.
- d. Evitar la transpiración continua de los tubos porosos ayudara a las plantas, a mantener las condiciones de humedad que necesitan en todo momento.
- e. Al poder darle uso en campo abierto y también invernaderos, en terrenos planos o con desnivel, en todos los climas y con todos los cultivos que sean posibles.
- f. Incluso en parques y jardines, el riego de tierra es un factor clave para la sostenibilidad ambiental y no se daña.



**Figura 3. Riego por exudación**

Fuente: Bezzia, 2021

#### **2.2.1.2.2. Sistema de riego por impulsos o intermitente**

El sistema de riego por impulsos, es conocido también por pasos impulsivos o intermitente, su funcionamiento está basado en aplicar agua a los surcos por tiempos estimados, pero con una frecuencia, en un mismo ciclo de riego, donde se utiliza un dispositivo que deja pasar el paso cada cierto tiempo (5).

Propiedades:

- a. Permite altas eficiencias de aplicación, superiores al 75% en su funcionamiento.
- b. Practicidad instalación, operación y mantenimiento en costos mínimos.
- c. e) Mayor rentabilidad de agua,
- d. Menor costo que los otros sistemas presurizados diferentes en el sistema.
- e. Rápida recuperación de la inversión, por cada equipo de riego.



**Figura 4. Riego intermitente-por impulsos**

Fuente: Agrosintesis, 2021

#### **2.2.1.2.3. Sistema de riego por aspersión**

Consiste en un sistema que muestra el agua en forma de lluvia, pero con el manejo el tiempo y su cantidad de líquido necesario, mediante una variedad de aspersores diseñados para su funcionamiento en mínimas y máximas presiones, áreas y tamaños, de acuerdo a las necesidades que se adecue a los cultivos (5).

Características:

- a. La aplicación del agua a los cultivos en forma correcta, uniforme y control constante.
- b. Reducir las pérdidas por conducción y distribución del agua en la red del sistema.
- c. Disminuir los daños graves de las heladas.
- d. Mejorar las características y economización en la aplicación con los fertilizantes y los pesticidas.
- e. Eliminar requerimientos de planitud de suelos para sus mejoras.
- f. Disminuye en la peligrosidad de erosión de la tierra agrícola.
- g. Reducir la cantidad de mano de obra en la realización del riego.
- h. Uniformidad en el agua.





**Figura 5. Riego por aspersión**

Fuente: sistemasderiego.net

#### **2.2.1.2.4. Sistema de riego con mangas**

En este sistema se utilizan mangas plásticas para transportar el agua de riego en lugar de cultivo. Dichas mangas ayudan a introducir agua en las ranuras mediante orificios a una determinada distancia del sistema en el que se encuentran puestas las válvulas requeridas. Este sistema de riego es simple y fácil de instalar (5).



**Figura 6. Riego por mangas**

Fuente: sistemasderiego.net

### 2.2.1.2.5. Riego por goteo

El riego por goteo, también conocido como a gota a gota de riego, es un tipo de sistema de riego utilizado en regiones áridas porque permite un uso óptimo de la cantidad necesaria de agua y fertilizante (5).

El agua que es usada por este tipo de riego ingresa hacia las raíces de los cultivos llegando directamente cada parte de las raíces a través de un sistema que posee tuberías y los emisores (goteros) (5).

Este método de riego tecnificado es de gran importancia en la agricultura desde la aplicación de los aspersores de la fecha de 1930. Su eficiencia del sistema de riego por goteo es un porcentaje alto (90% – 95%) y su distribución de las aguas es muy constante en el proceso de riego. El método de uso (tiempos entre riegos y cantidad de agua necesaria), puede adecuarse precisamente a las características del suelo y a la clase de cultivo que uno requiere (5).



**Figura 7. Riego por goteo**

Fuente: intagri.com

#### Eficiencia

El sistema de riego por goteo logra obtener el riego muy efectivo con pocas cantidades de agua, así que el suelo este siempre este humedecido, con buena relación entre las cantidades de agua y aire. De manera automatizada se aprovecha las aguas todo el día, sin control continuo de riego (3).

### 2.2.2. Componentes necesarios para la instalación del riego por goteo

### 2.2.2.1. Cabezal de riego:

Es la suma de componentes que son parte del sistema del filtrado y el de abonado necesario o fertilización con sus válvulas y accesorios. Son parte de ellas las tuberías y los goteros que son los elementos principales del sistema o equipo (3).

Cada de estos elementos son parte del cabezal de riego:

- Medidores de presión.
- contadores volumétricos.
- Electroválvulas.
- Válvulas seccionadoras.
- Válvulas limitadoras de caudal.
- Válvulas reguladoras de presión.
- Programadores.



**Figura 8. Cabezal de Riego**

Fuente: portalfruticola.com

### 2.2.2.2. Equipo de filtración:

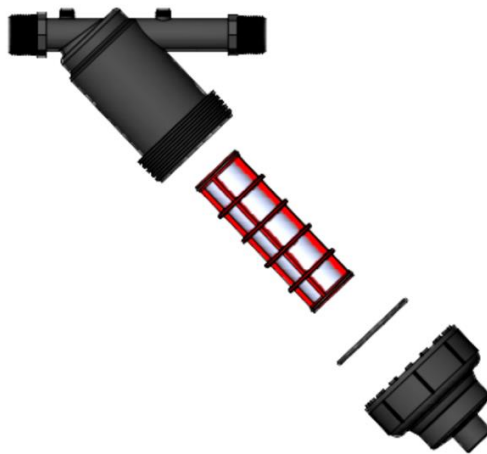
Es necesario un elemento para el filtrado de las aguas, que son de depósitos en el exterior o de pozos y principalmente de los ríos, para garantizar su limpieza. Para que, si el sistema se basa su función principalmente en la distribución de agua y distribución a través de dispositivos calibrados para

realizar perforaciones o goteos (gotas) en tuberías. Esto asegura la limpieza del agua en el sistema (3).

### 2.2.2.3. Sistemas de filtrado:

Existen varios tipos y modelos, pero todos buscan lograr la limpieza del agua de diferentes partículas que son del sistema entre ellos están:

**Malla:** Como su nombre lo menciona, es un filtrante de una malla de metal o plástica. Las partículas más grandes que los agujeros contenidos en la rejilla se depositarán sobre ella. En el mercado se encuentran disponibles tipos de filtros de malla con sistemas de limpieza manual, semiautomático o automático. En el caso del tipo de limpieza automática, es común que la boquilla se mueva a través de la malla y aspire la suciedad adherida a la superficie. Estos son eliminados del filtro por el diferencial de presión (3).



**Figura 9. Malla de filtrado**

Fuente: bricomed.es

Goteros:

Se trata de componentes que cumplen una tarea no es otra que la de proporción agua a las plantas cultivadas.

También vienen en diferentes tipos y modalidades, pero todos ellos cumplen con el funcionamiento de regular el caudal adecuadamente y seleccionar el modelo correcto tener una abertura del tamaño adecuado para evitar obstrucciones, que son los principales problemas de este tipo de riego tecnificado (3).



**Figura 10. Goteros**

Fuente: fuentejardin.com

**Tuberías:** Se sabe, que la red de las tuberías con diferentes diámetros, reductores y con sus accesorios forman parte del plan del sistema como una parte de la estructura de riego por goteo. La existencia hoy en día de PVC y los tipos de fabricación de petróleo, facilitan y apoyan el desarrollo de este modelo de sistema, gracias a sus ventajas en el transporte de líquidos, gracias a sus propiedades que son a la vez dureza y resistencia a los choques térmicos, solo el tipo de fibrocemento, solo queda para las principales redes de grandes cultivos agrícolas. Así nosotros utilizaremos para nuestro diseño, la tubería de PVC y de polietileno en el área comercial y presupuestada (3).

a) **Tubería de PVC**, existe hasta 235 *psi* y desde ½ hasta 48 pulgadas de diámetro ideal para suministro de agua potable y sistemas de riego para plantas en crecimiento, campos de golf, etc. (3).

b) **Tubería de polietileno**, existen diferentes tipos:

- Polietileno de baja densidad (PE-BD) sea igual o inferior a  $0.93\text{gr}/\text{cm}^3$ .
- Polietileno de media densidad (PE-MD) sea igual densidad que el de alta.
- Polietileno de alta densidad (PE-AD) de densidad superior a  $0,94\text{ gr}/\text{cm}^3$ .

**Red de distribución:** La red de distribución es por la cual se va a direccionar el agua desde el cabezal a las plantas, y está compuesta por:

a) **Primaria o principal:** La tarea es transferir agua del punto de inicio, el cabezal de riego (bomba, filtro he inyector de fertilizante) a las tuberías-líneas de distribución. Suele estar fabricado em PVC y de mayor diámetro que el secundario. En el cruce de la línea principal con la segunda línea, están puestas las válvulas eléctricas o manuales, que ayudan que el agua ingrese a la línea secundaria y luego a los lados (3).

**b) Secundaria:** Se encuentra ubicado bajo tierra, su función de direccionar el agua de la tubería principal hacia los laterales, continuando como inicio de la línea porta emisor o lateral, la mayoría son del material PVC (3).

**c) Lateral:** Aquí se encuentran los emisores(goteros) (3).

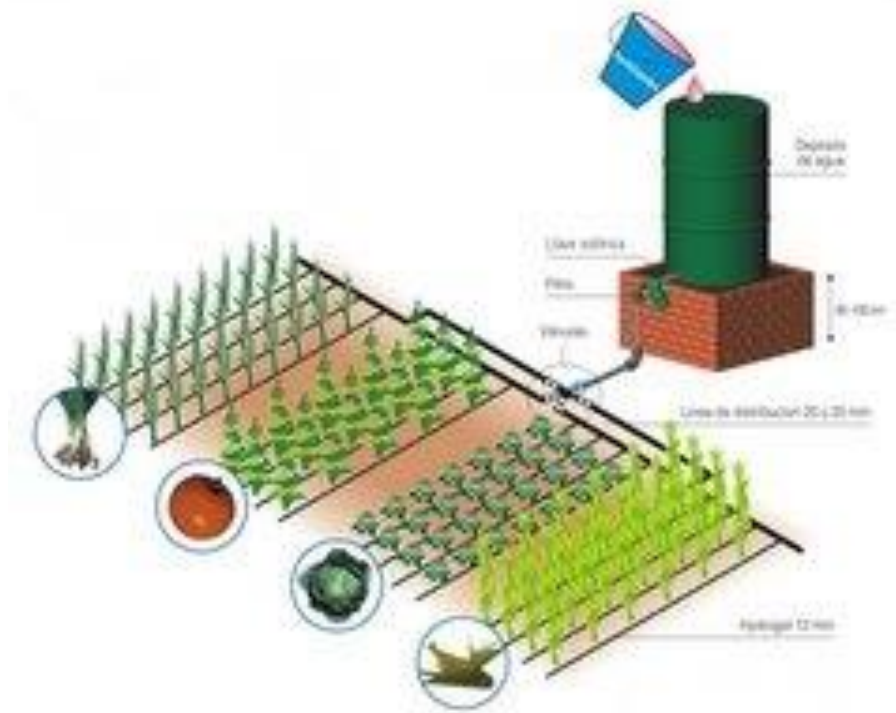


**Figura 11. Tubería de Riego**

Fuente: gardeneas.com

### **2.2.3. Diseño Agronómico**

La siembra de palta se puede realizar por las semillas o injertos. La producción de semillas ya no es adecuada para las plantaciones comerciales, ya que existe una gran variación en la producción y la calidad de la fruta. El injerto es el método de reproducción más adecuado de las especies vegetales seleccionadas para el cultivo, así entonces los árboles injertados son iguales en cuanto a calidad, forma y tamaño del fruto (3).



**Figura 12. Métodos de cultivo (Diseño Agrónomo)**

Fuente: Irrigacioneshop.com

- a) **Injerto:** La realización de este método es llevada a cabo en los viveros o en el cultivo que se realiza la plantación; pero, lo que se recomienda es hacerla en el vivero. El injerto su forma de realiza en el tallo de la planta patrón esta tiene 1 *cm.* de diámetro y a 10 *cm* de la base (3).

Se realiza en un lugar fresco y ventilado para así tener una buena conexión vascular entre la raíz y el injerto. El método más eficaz para trasplantar es el injerto lateral, aunque el injerto terminal de oreja también da buenos resultados; sin embargo, también se están probando otros métodos, como el injerto de escudo y el injerto de brecha, pero con menos éxito.

Una vez que se completa el injerto, la parte del molde se retira de veintidós a treinta días después de la finalización. Esto se hace durante mucho tiempo hasta que se alcance el enlace. El corte debe cortarse y cubrirse con pasta fungicida a base de cobre. Las plántulas de palta se pueden plantar en el cultivo de cuatro a seis meses después del injerto (3).

- b) **Época de Siembra:** La época más buena para siembra en el sitio de cultivo, es en la temporada de las lluvias para tener un buen crecimiento de las plantas, pero también, se puede realizar la siembra en otra temporada si se cuenta con riego continuo y adecuado al cultivo (3).

c) **Distanciamientos de Siembra:** Los límites de plantación serán dados por la clase de suelo y la topografía, los tipos o practica de cultivo (debido al vigor, hábito de crecimiento) y por las diferentes condiciones ambientales que presenta el lugar. A menor altura o más fertilidad las distancias deben ser mayores. De esta manera, los parámetros pueden variar entre  $7\text{ m.} \times 9\text{ m.}$  a  $10\text{ m.} \times 12\text{ m.}$ ; el principal es de  $10\text{ m.}$  entre plantas y  $10\text{ m.}$  entre hileras, es el más utilizado en los cultivos (3).

d) **La poda del árbol de palto:** No necesita poda para su crecimiento, solo una para su desarrollo. Al inicio de sus tres años de su desarrollo, los árboles de palto ya es mínima atención en cuando a la realización de poda, pero luego se debe tratar de darle de forma adecuadamente, de manera que los trabajos al cultivo y para su cosecha se realicen sencillamente en el periodo de vida del palto (3).

Se deben cortar las ramas de tenga forma vertical con altura mayor, las ramas hacia abajo o cercanas al suelo y los tallos delgados y enfermos deben ser extraídos (3)

e) **Fertilización:** Para tener la cantidad de fertilizante que se puede agregar a una huerta de aguacate, se deben realizar estudios y pruebas de suelo antes de la siembra y aproximadamente cada tres años, además del análisis de hojas, que se debe realizar anualmente (3).

Estos análisis no llegan a mostrar las cantidades de nutrientes en el suelo y en la planta son satisfactorios. Se pueden tomar como base para la fertilización del palto las siguientes sugerencias:

Al trasplantar: 250 gramos de un fertilizante rico en fósforo, como una fórmula 10-30-10. Por cada año de vida del árbol, se asperja tres veces un kilogramo de fertilizantes nitrogenados y ricos en potasio de la fórmula 18-5-15-6-2, una al inicio de la época de lluvias y otras dos cada dos meses, se recomienda hacerlo. La cantidad al tope de fertilizante para árboles mayores de 13 años es de 12 kilogramos. Con una producción constante, la cantidad sigue siendo la misma. La fertilización con nitrógeno debe incrementarse una vez que el árbol esté establecido, ya que el árbol necesita más nitrógeno durante el período entre la floración y la maduración de la fruta. 40 días después de la floración, En las recomendaciones sería un kilogramo de urea en la dosis de la fórmula ya preparada. (3)

f) **Recolección:** Suele encontrarse en árboles injertados en la primera cosecha comercial después de cinco años, y el número de frutos producidos es parte de la variedad y de la atención que se le entrego a la planta en su desarrollo. Después de cinco años, se cosechan un total de cincuenta frutos; ciento cincuenta frutos en seis años; trescientos a la edad de siete años y ochocientos a la edad de ocho. Es difícil obtener el punto óptimo de madurez de la fruta para la cosecha debido a la variedad de cultivos y entornos en los que se cultivan las plantas (3).



La recolección se hace de manera manual utilizando escalera o mecanismo de elevación, se corte el pedúnculo por la parte superior de la inserción con la palta.

**g) Coeficiente biológico del cultivo de palta (Kc):**

El coeficiente biológico del cultivo (Kc) es similar a la relación entre la evaporación real del cultivo (ET) y la evaporación de referencia (Eto), cuando el agua cubre totalmente las necesidades del cultivo. El valor de Kc cambia por el cultivo y la etapa en la que se forma y así con la velocidad del viento y la humedad. Para diferentes tipos de cultivos, el valor de Kc es mayor desde un valor bajo al alcanzar que un máximo durante el período de maduración del cultivo y disminuye a medida que el cultivo madura (3).

#### **2.2.4. Necesidades del agua para el cultivo**

Esto da la cantidad de agua que requiere la planta durante su época de crecimiento para producir un determinado peso de materia seca, ya este consumo se suma el agua que se evapora del suelo. Sería suponer que forman materia seca cuando se plantan a través del proceso de transpiración; el volumen de transmisión y el volumen de evaporación se denomina volumen de evaporación y su diagnóstico es integrado (13).

Como se sabe que las raíces de las plantas toman agua del suelo para su crecimiento y supervivencia. Sin embargo, la mayor parte de esta agua se pierde en forma de vapor de las hojas de las plantas a través de la transpiración (13).

El agua se pierde de forma directa a través de la evaporación de los niveles de agua abiertos, tanto en el suelo como en las hojas de las plantas. En Aqua 2013, señala que la demanda de agua de los cultivos se denomina evapotranspiración, que combina la transpiración y la evaporación. Por tanto, esta demanda de agua suele expresarse en mm/día, mm/mes o mm/temporada. Para los cultivos, el uso del agua y las pérdidas por evapotranspiración son importantes para lograr una buena calidad del cultivo (13).

Este caudal de agua logra que el cultivo:

- Utilice la luz del sol para producir la materia estructural, a través de la fotosíntesis.
- Obtenga nutrientes necesarios de la tierra.
- El control la temperatura de su superficie.

#### **2.2.5. Eficiencia de Riego**

Indica que la eficiencia de un tipo de riego es al volumen de agua que queda almacenada en la zona radicular, en igualdad con el volumen total de agua que se utiliza. El riego definido en cultivos al

año presenta una desventaja de que la amplia red de tuberías que posee en el terreno desfavorece varias tareas agrícolas, más que todo las que se utilizan en maquinaria: labores, tratamientos, cosecha y demás procesos (13).

Tenemos estos modos de riego:

- Riego en la superficie, aquel que cubre la mayoría de la superficie del terreno como por ejemplo el riego de tipo aspersor.
- Riego a goteo, aquel que se aplica a una específica zona en la que se desea un riego focalizado y sin mucho desperdicio de agua.
- Riego de modo subterráneo, vendría a ser el cual se aplica por medio de tubería debajo de la zona radicular de la planta.
- Modo de tipo subirrigación, aquel se aplica por debajo de la planta y con tan pequeña cantidad que solo llega a humedecer la zona radicular.

#### **2.2.6. Evaporación**

Este viene a ser el proceso mediante el cual el líquido de la planta se evapora y se eleva hacia la atmósfera. Este fluido se convierte en ríos, lagos y océanos; obviamente se necesita una cantidad de energía para lograr este cambio de estado. Esta fuente de energía viene de parte del sol y proporciona el calor necesario para lograr este ciclo de agua. La fuerza que impulsa el nuevo vapor hacia lo alto de la atmósfera vendría a ser el cambio de presión entre el vapor de la superficie de la tierra y el vapor en lo alto de la atmósfera. (13)

El viento juega un papel importante en la saturación de este vapor hacia líquido, de este modo el vapor se convierte en vapor seco junto a la hoja. De este modo la temperatura, la humedad y la velocidad del viento son ítem a tener en cuenta en la evaporación. (13).

Cuando el área a evaporar es el suelo, tanto la vegetación y la cantidad de humedad en el suelo son ítem de importancia a la hora de evaporar se trata. Tanto la cantidad de lluvias como el tipo de suelo influyen en la evaporación sobre este. En lugares donde las lluvias son frecuentes se suele ver que el suelo pierde su capacidad de mantener el agua en la superficie y el modo en que este suelo se mantiene húmedo depende de la humedad de la atmósfera y de las lluvias (13).

Ahora en lugares donde la frecuencia de lluvias es pobre, el mismo suelo mantiene por más tiempo su superficie húmeda. (13).

#### **2.2.7. Transpiración**

La transpiración en las plantas se genera debido a unos poros en el tejido vegetal que son estimulados

por la temperatura y la misma humedad del entorno. (13).

El líquido y los nutrientes son absorbidos por las aberturas entre las células y la evaporación viene a estar controlada por las estomas. La mayor parte del líquido se pierde en el suelo y el otro porcentaje es absorbido por la planta. De este modo la temperatura, la radiación, y la velocidad del viento es muy importante en la evapotranspiración en la planta. (13).

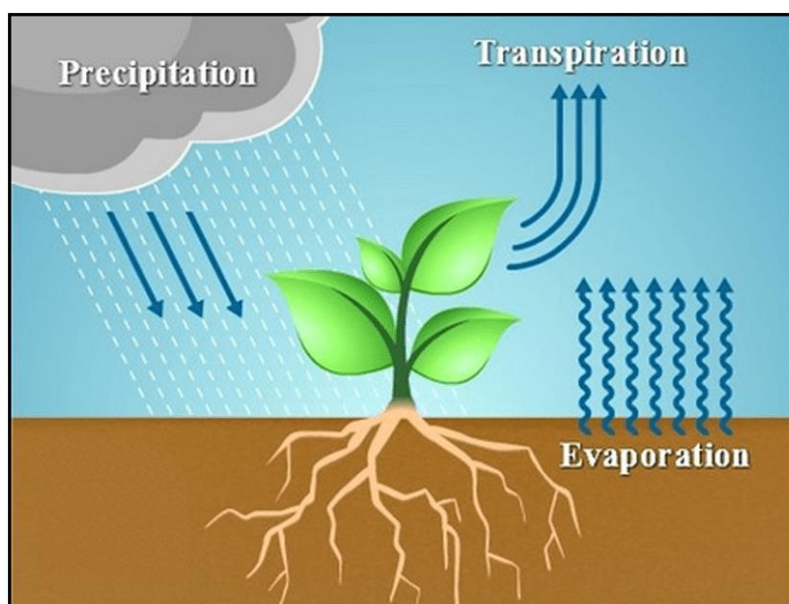
De este modo la transpiración depende del tipo de cultivo, así como del tipo de terreno. (13).

### 2.2.8. Evapotranspiración

La evaporación y la evapotranspiración ocurren al mismo tiempo, así que es difícil de diferenciar entre un proceso y otro (13).

El proceso de transpiración varía depende del ciclo de vida de la planta, por ejemplo, en el nivel de cultivo de planta esta requiere poca cantidad de agua; sin embargo, en el proceso de maduración hasta la cosecha se necesita una gran cantidad de agua (13).

El proceso consta de evaporación y de evapotranspiración, en otras palabras, en la época de siembra la mayoría del agua se va como evaporación, mientras que en la cosecha la mayoría de agua se va como evapotranspiración. (13).



**Figura 13. Proceso de Evapotranspiración**

Fuente: tipsytemasagronicos.com

- **Evapotranspiración de referencia**

En términos de ingeniería agrícola nos referimos a la evapotranspiración como evapotranspiración de referencia *ET<sub>o</sub>*.

La fórmula Penman-Monteith FAO necesita los valores de radiación, la temperatura del aire y la velocidad del viento.  $ET_o$  se puede hallar de un depósito, de este modo el método de los depósitos resulto ser muy eficiente para hallar la cantidad de agua que se evapora; de este modo se logran hallar los valores empíricos que permiten hallar la  $ET_o$ .

De este modo el método del depósito de agua debe aplicarse con mesura y tomar sus precauciones para aplicar esta fórmula.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (2.2.1)$$

Donde:

$ET_o$ : Evapotranspiración de referencia ( $mm \text{ día}^{-1}$ ).

$Rn$ : Radiación neta en la superficie del cultivo ( $MJ \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ).

$Ra$ : Radiación extraterrestre ( $mm \text{ día}^{-1}$ ).

$G$ : Flujo del calor de suelo ( $MJ \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ).

$T$ : Temperatura media del aire a 2 m de altura ( $^{\circ}C$ ).

$u_2$ : Velocidad del viento a 2 m de altura ( $m \text{ s}^{-1}$ ).

$e_s$ : Presión de vapor de saturación ( $kPa$ ).

$e_a$ : Presión real de vapor ( $kPa$ ).

$e_s - e_a$ : Déficit de presión de vapor ( $kPa$ ).

$\Delta$ : Pendiente de la curva de presión de vapor ( $kPa \text{ }^{\circ}C^{-1}$ ).

$\gamma$ : Constante psicométrica ( $kPa \text{ }^{\circ}C^{-1}$ ).

### 2.2.9. Diseño Hidráulico

Este cálculo es primordial en los sistemas de riego tecnificados ya sea por los temas de cantidad de agua, presiones, metrajes, etc. (13).

Hoy en día hay una gran cantidad de goteros, que permiten realizar un riego tecnificado en diferentes factores, ya sea tipo de planta, tipo de terreno, cantidad de agua (13).

Los goteros son vendidos por diferentes empresas, de este modo lo que se debe tener en cuenta a la hora de elegir un gotero es coeficiente de variación (13).

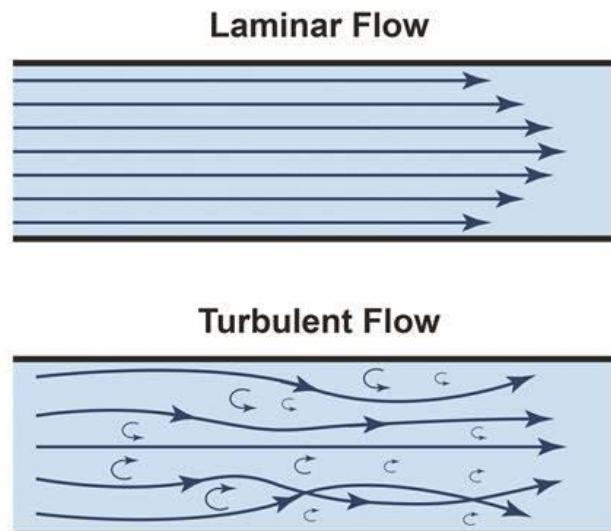
### Régimen laminar y régimen turbulento.

La diferencia entre estos tipos de régimen radica en la inercia del fluido y la viscosidad del mismo. Luego como diseñador hay que tener en cuenta el número de Reynolds que se relaciona tanto con la viscosidad como con la inercia que se genera en el interior de la tubería (13)

**Régimen laminar:** este tipo de régimen mayormente se da en laboratorios y se caracteriza por que el movimiento de las moléculas se mueve en capas uniformes donde la mayor velocidad del fluido se alcanza al medio de la tubería (13).

**Régimen turbulento:** este se caracteriza porque las moléculas se mueven de modo desordenado y a medida que este régimen aumenta también lo hace el mismo número de Reynolds (13).

Se debe tener en cuenta que las partículas junto a la pared de la tubería tienen una baja velocidad que tiende a cero (13).



**Figura 14. Flujo laminar-turbulento**

Fuente: aerodinamicaf1.com

### Número de Reynolds

Osborne Reynolds dio a conocer su investigación en 1883 donde explicaba la transición de régimen laminar a régimen turbulento, aquí se dio a conocer al número de Reynolds como el número adimensional que define cada régimen de movimiento del agua ( $Re$ ) (13).

El número de Reynolds dicta que el límite de régimen laminar a régimen turbulento está por encima de 2300 (13).

Entonces:

$Re < 2000$ : Régimen laminar.

$2000 < Re < 4000$ : Zona crítica o de transición.

$Re > 4000$ : Régimen turbulento.

Recapitulando, el número de Reynolds es un valor adimensional relacionado con el tipo de régimen de movimiento de los fluidos dentro de una tubería.

Cálculo de pérdidas de carga en tuberías

En hidráulica el cálculo de la pérdida de flujo y el rozamiento que sucede entre las moléculas y la pared de la tubería son los principales ítems para calcular la pérdida de carga en la tubería. (13):

- Darcy-Weisbach (1875)
- Manning (1890)
- Hazen-Williams (1905)
- Scimemi (1925)
- Scobey (1931)
- Veronesse-Datei
- Pérdidas de carga en singularidades
- Darcy-Weisbach (1875)

Este método tiene su principal dificultad en hallar el coeficiente de fricción ( $f$ ), por lo cual este método cayó en desuso

Actualmente se usa en cálculos para tuberías de metal (13).

Hazen-Williams (1905)

Este método es elegible para líquido entre 5 y 23 grados centígrados y además solo utiliza el coeficiente de rugosidad sin importa el diámetro de tubería y la velocidad del líquido (13).

Se puede utilizar en tuberías de metal

$$h = 10.665 \frac{L X Q^{1.852}}{C^{1.852} X D^{4.869}} \quad (2.2.2)$$

Significado:

$h$ : pérdida de carga o de energía ( $m$ )

$Q$ : caudal ( $m^3/s$ )

$C$ : coeficiente de rugosidad (adimensional)

$D$ : diámetro interno de la tubería ( $m$ )

$L$ : longitud de la tubería ( $m$ )

- Teoría de Bombas

Bombas:

En la antigüedad los temas de caudal y altura eran un problema, hoy en día las bombas son la solución para temas de falta de líquido vital (17).

Clasificación:

- Centrífugas horizontales
- Centrífugas axiales
- Turbinas axiales
- Sumergibles
- Otras: (Embolo, Diafragma), Rotativas (Engranaje, Paletas, Tornillos leva), Ariete y Aire Comprimido.

Potencia de bomba:

Esta se calcula sabiendo los temas de altura ( $h$ ) y caudal requerido ( $Q$ )(17).

$$T = F * H \quad (2.2.3)$$

$$P = (F * H) / t$$

Se define potencia útil de la bomba a:

$$Pu = (\rho * V * H) / t$$

-Para obtenerla en caballos vapor se divide por 75.

$$Pu = (\rho * Q * H) / 75$$

Donde:

$Pu$ : Potencia útil en  $Kgm/seg$  o  $CV$

$\rho$ : Densidad del fluido en  $kg/m^3$

$Q$ : Caudal en  $m^3/seg$

$H$ : Altura en  $m$

-Cálculo de potencia de bombeo en  $Hp$

Donde:

$H$ : Perdidas

$efi$ : Eficiencia 80 % en motor eléctrico

$$Pot = \frac{(Q \times 1.2) \times H}{270 \times efi/100} \quad (2.2.4)$$

**Bombas centrífugas:** Estas vienen tanto de eje horizontal como eje vertical, las primeras tienen que tener el depósito de agua cerca; no más de 5 a 6 metros; mientras que las de tipo vertical tienen mayor rango de lejanía del depósito (17).



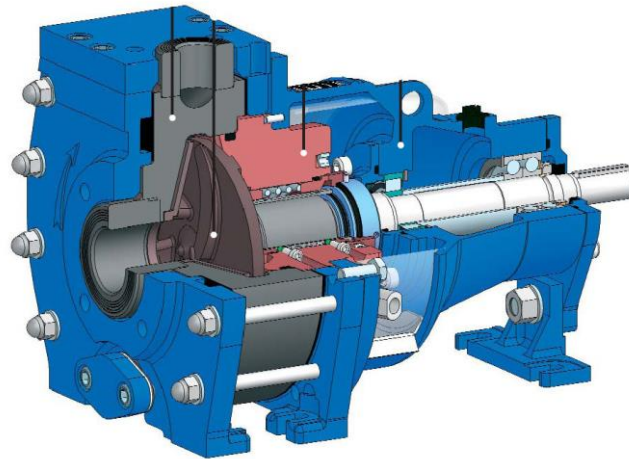
**Figura 15. Bomba centrífuga- físico**

Fuente: bombasumergible.com.mx

Bombas centrífugas:



Este tipo de bombas tiene la ventaja de entregar mayor caudal, además de puede trabajar con profundidades de hasta 100 metros bajo el nivel de impulsor, si se desea mayor altura se puede modificar con características de otras bombas (17).



**Figura 16. Bomba de turbina-corte a despiece**

Fuente: meimotobombas.com

**Bombas electro sumergibles:** Estas bombas son de tipo centrifugas con varias etapas y son mayormente usadas para pozos do poco diámetro, ofrecen buenas prestaciones de caudal y altura, sin embargo, son costosas (17).



**Figura 17. Bomba electro sumergible**

Fuente: blanchetstore.com

**Bombas de propulsores:** Estas bombas nos entregan buenos caudales pero pobres alturas, de esta manera se usan mayormente para temas de drenajes (17).

Otro punto a tener en cuenta es que este tipo de bombas no son efectivas a gran profundidad por lo que se necesitan configuraciones de eje axial o radial para compensar estas falencias (17).



**Figura 18. Bomba de propulsor**

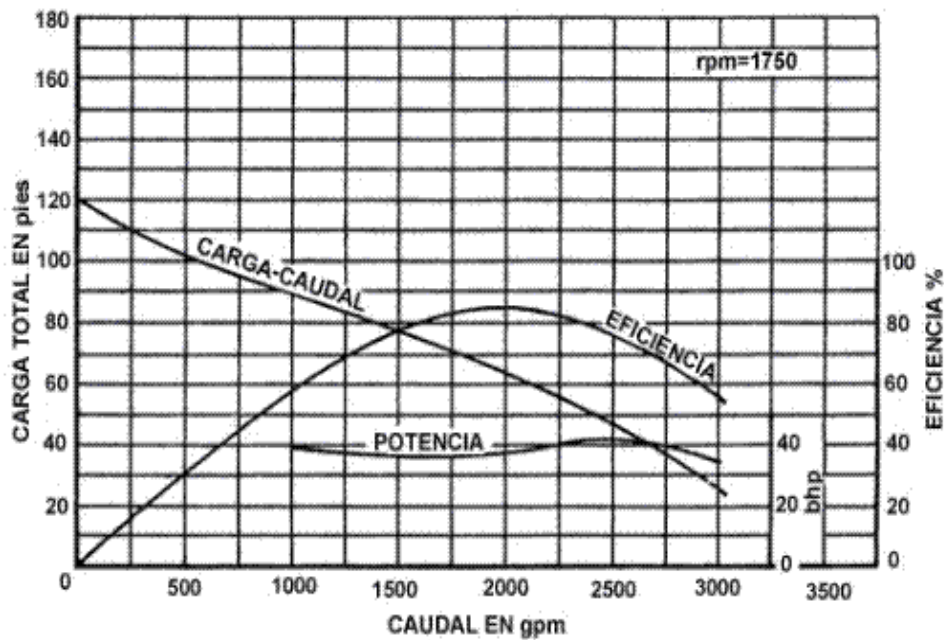
Fuente: eu-flo.com

#### **Curvas Características:**

Estos valores se obtienen en laboratorios con valores ideales de temperatura, fricción, Hp reales, etc. (17).

Generalmente se presentan tres curvas:

- a. Curva caudal vs altura.
- b. Curva de eficiencia: Este valor relaciona la potencia que entrega la bomba vs la potencia que esta recibe de su fuente de rotación (17).
- c. Curva de potencia requerida: evalúa temas de caudal vs potencia(17).



**Figura 19. Curvas características de la bomba (gpm-caudal real, bhp-caballos de fuerza de freno)**

Fuente: ingenierocivilinfo.com

### Elección de Bomba:

Para una buena elección se necesitarán los datos bajo los cuales la bomba vaya a trabajar (17) son:

- Profundidad del nivel
- Profundidad de succión
- Válvula de pie y filtro
- Altura
- Altura manométrica de la bomba
- Caudal
- Motor disponible
- Conexiones

Estos valores los cruzamos con los catálogos de los fabricantes de bombas y elegimos la bomba que necesitamos.

### 2.2.9.1. Software AQUA.

Mediante este software se busca elevar la velocidad para hallar los datos interesantes para hacer un cálculo agrícola en relación con la plantación y el riego del mismo.

Lo que buscamos es concientizar al lector a que se anime a utilizar herramientas virtuales que le ayudaran a calcular cosas que años atrás eran muy tediosas sin dejar de lado el tema académico (13).

### 2.2.9.2. Sistema fotovoltaico

Este tipo de energía se obtiene de la radiación solar que entra en contacto con una celda en cuyo interior hay materiales semiconductores que generan el movimiento de electrones (3).

Este tipo de energía se utiliza mayormente como respaldo, emergencia o en temas de falta de fluido eléctrico (2).

#### Componentes de un sistema fotovoltaico

##### Módulo Fotovoltaico:

Estos módulos constan de una serie de paneles que entregan una cantidad de voltaje o amperaje que colocados una cantidad de ellos en serie o paralelo nos brindan la energía que necesitamos.

Estos dispositivos constan de celdas que convierten la radiación solar en electricidad (2).

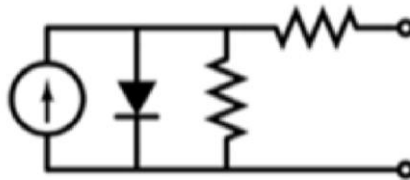


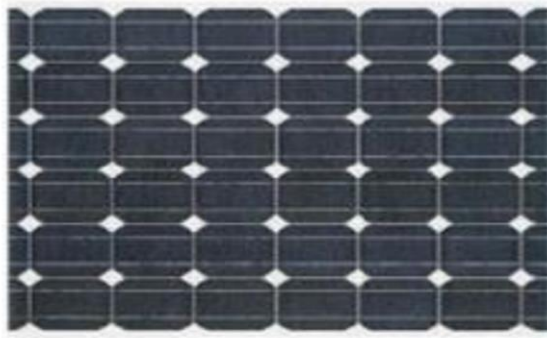
Figura 20. Simbología celda fotovoltaica

Fuente: Google/imágenes

#### Tipos de paneles fotovoltaicos

**Mono cristalino:** Conta de celdas cortadas de forma rectangular con películas de Si con 0,4 – 0,5 mm de espesor (2).

Tienen una eficiencia del 11 al 17 %.

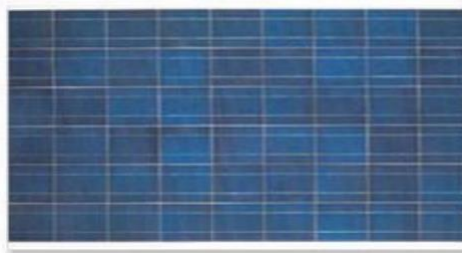


**Figura 21. Panel solar**

Fuente: [solarpowerworldonline.com](http://solarpowerworldonline.com)

**Poli cristalinas:** Se forma de pequeñas partículas cristalizadas y son el tipo más popular en el mercado con potencias de  $120 \text{ Wp/m}^2$ .

Este tipo de modulo es mayormente usado en lugares con radiación difusa y dan una eficiencia de un 12% (2).



**Figura 22. Panel solar Poli cristalino**

Fuente: [spanish.monocrystalsolarpanel.com](http://spanish.monocrystalsolarpanel.com)

**Amorfás:** Estos módulos se forman por la unión de placas de Si de poco espesor una sobre otra y dan una eficiencia de entre 5 y un 7% (2).



**Figura 23. Panel solar Amorfo**

Fuente: [amazon.es](http://amazon.es)

**Módulos de película delgada:** Estas se construyen de cobre, indio, galio y selenio; además tiene la particularidad de poder ponerse sobre superficies irregulares (2).



**Figura 24. Panel de película delgada**

Fuente: [made-in-china.com/manufacturers/solar-panel-module.com](http://made-in-china.com/manufacturers/solar-panel-module.com)

Hoy por hoy el costo de los paneles solares es muy competitivo en el mercado y la gente puede acceder a este tipo de energía renovable.

#### **Elementos que componen un módulo**

**Cubierta exterior de vidrio:** Se caracteriza por brindar buena resistencia mecánica y permitir el tránsito de la radiación (2)

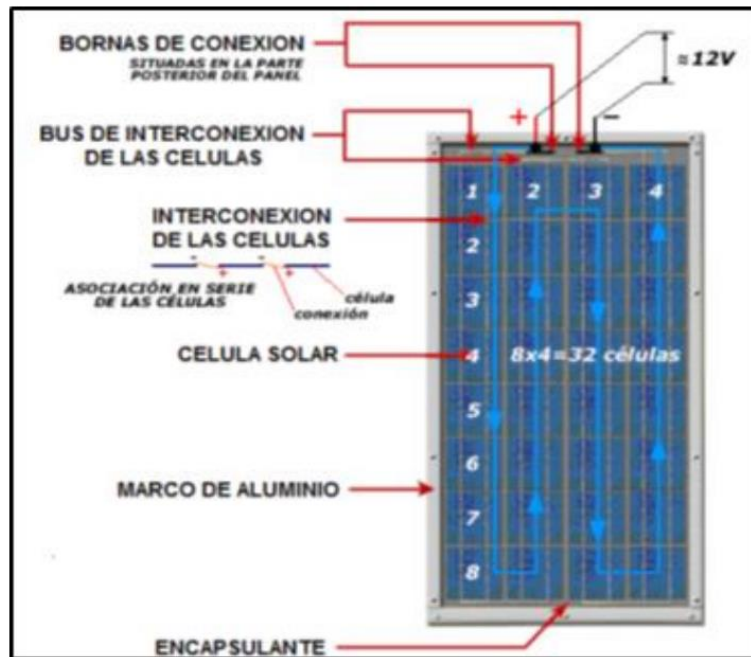
**Encapsulantes:** Fabricados de silicona y EVA (etil – vinil – acetato). Brinda un nivel de refracción elevada.

**Cubierta posterior:** Brinda protección necesaria para cubrirse de los agentes atmosféricos (2).

**Marco de aluminio:** Permite la sujeción de los demás componentes.

**Cables y bornes de conexión:** Se encuentran en la base del módulo y deben estar debidamente aisladas (2).

**Diodo de protección:** Evita la descarga de las baterías por temas de radiación difusa u otros problemas.



**Figura 25. Componentes de Módulo**

Fuente: semanticscholar.org

### 2.2.9.3. Software PVsyst

**PVsyst** es un programa de cálculo fotovoltaico desarrollado por la universidad de Ginebra, y permite importar dato de PVGIS. Ahora el hecho de importar los datos nos permite realizar cálculo de zonas fuera de Ginebra. Cuenta con un buen catálogo de modulo, inversores, controladores; así como de datos meteorológicos de todo el mundo (15).

Posibilita el cálculo de sistemas on grid, sistemas de bombeo, calcular a partir de horas del día, simulaciones; a continuación, el proceso para empezar un cálculo (15).

- Seleccionar la base de datos.
- Seleccionar módulo e inversor.
- Colocar temas de perdidas.
- En caso de necesitar cálculos con radiación difusa se necesitará la aplicación 3D.

### 2.2.10. Fundamentos para el uso de un Sistema Mixto de fuente de energía ( Red Eléctrica y Solar Fotovoltaico)

Existen dos tipos de Sistemas de Energía Solar Fotovoltaico en general.

### Sistemas Aislados

En este Sistema y también en el otro tipo poseen los paneles Solares para la conversión de la energía solar en electricidad.

Son sistemas tecnológicos, los cuales proporcionan la energía eléctrica sin necesidad de estar conectado a la red eléctrica (20).

#### -Características

La energía generada se almacena en un grupo de baterías

Gracias que se puede almacenar la energía se logra utilizar en las noches y días nublados.

#### -Antecedentes Climatológicos

Este tipo de sistemas son utilizados en zonas rurales y zonas fuera de la ciudad. Su uso mayormente es en ideal donde no haya interrupción de la radiación solar.

### Sistemas Mixtos

Posee el nombre de mixto al tener conexión a la red y a los paneles solares.

Es en caso se trabaja en paralelo la generación de corriente eléctrica de los paneles solares con la red eléctrica (20).

En este sistema la energía se prioriza para entregar el consumo, en el caso que sea insuficiente la energía extraída de las celdas fotovoltaicas, la red eléctrica proporciona la energía necesaria para el sistema (21).

#### -Características

Este sistema es más económico al no poseer baterías su mantenimiento es menor.

La generación de corriente siempre es constante al poseer dos fuentes de energía.

#### -Antecedentes Climatológicos



No presenta dificultad alguna sobre días nublados ni en días de baja radiación solar.

Parámetros climáticos promedio de Arequipa													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura diaria máxima (°C)	20	20	20	21	21	20	20	20	21	21	21	21	21
Temperatura diaria mínima (°C)	10	10	10	9	8	7	7	7	8	8	8	9	9
Precipitación total (mm)	20	40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Figura 26. Parámetros climatológicos promedio de Arequipa

Fuente: arequipaperu.org

Como se puede visualizar en la figura 26, desde los meses de diciembre hasta abril se presenta un clima nublado en Arequipa, el cual influye en la obtención de energía fotovoltaica, por ello se ve por conveniente elegir un Sistema Mixto, el cual también nos ofrece ventajas en el momento de mantenimientos programados de las celdas fotovoltaicas y en cortes de energía eléctrica de la red.

### 2.3. Definición de términos básicos

- a. **VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure):** Asociación Alemana de Ingenieros 1987, la cual brinda una serie de tips para la fabricación de productos relacionados a la ingeniería mecánica.
- b. **Bomba Centrifuga:** Tipo de bomba que transforma la energía mecánica en energía hidráulica.
- c. **Palta:** Fruto, su producción se obtiene en climas tropicales.
- d. **Agronómico:** Adjetivo con relación a la agronomía, la cual estudia a los cultivos.
- e. **Diseño:** Conjunto de actividades creativas que llevan a crear, desarrollar objetos útiles que puedan llegar a realizarse satisfactoriamente.
- f. **Gotero:** Elemento o componente final del Sistema de riego por goteo cuyas características pueden variar según especificaciones de fabricación y caudal.
- g. **Eto:** es la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día), la medición del agua que se evapora diariamente en una superficie.
- h. **HP:** Caballo de potencia es una medida, desde 1782 para comparar la potencia de las

máquinas de vapor con la potencia de los caballos de tiro, y hasta la fecha con diferentes sistemas y componentes (terminología).

- i. PVC:** (El cloruro de polivinilo), material derivado del plástico se puede reblandecer a 80°C y descomponer a 140°C, es resistente a la electricidad y a la llama de fuego.
- j. Riego:** Es el aporte de agua aparte de las lluvias para fines de crecimiento de la fruta o cosecha del mismo.

**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS ESPERADOS Y METODOLOGÍA**

**3.1. Resultados esperados**

Objetivos	Resultados
<p>Diseñar una estación de riego tecnificado utilizando energía solar y asistido, para el cultivo de paltas en el valle de Chilina, Arequipa.</p>	<p>Se diseño el sistema de riego tecnificado por goteo para cultivo de palta para mejorar la producción de un 10 a 25 %, generar mayores ingresos y optimizar el uso del agua.</p>
<p>Calcular los parámetros de selección para la succión, descarga y bombeo de la estación riego tecnificado, para distribuir y abastecer de agua las zonas agrícolas del valle de Chilina.</p> <p>Seleccionar el panel solar y la asistencia de forma adecuada.</p> <p>Realizar la simulación con los programas AQUA, GRUNDFOS PRODUCT CENTER y SISIFO.INFO para determinar el diseño y</p>	<p>Se diseña según los cálculos de la demanda hídrica necesaria en la ubicación para obtener la calidad de riego necesaria y concluyendo con el caudal de bombeo necesario que cumpla con las características.</p> <p>Se realiza los calculo necesarios para la selección del panel solar que pueda abastecer satisfactoriamente de energía a la estación de riego tecnificado y poder obtener la eficiencia en el funcionamiento con la asistencia.</p> <p>Se realiza el cálculo de los sistemas necesarios, obteniendo datos necesarios para poder realizar las simulaciones necesarias en los softwares y así obtener pruebas veraces que es factible el proyecto de riego tecnificado en el área agrícola.</p>



## 3.2. Metodología

### 3.2.1. Tipo de investigación

Este tipo de investigación es tecnológico y aplicativo por ser de uso de herramientas e información obtenida en investigaciones dadas para diseñar, con el fin de contribuir al desarrollo tecnológico y mejoramiento de una estación de riego tecnificado utilizando energía solar y asistido para el cultivo de paltas.

### 3.2.2. Desarrollo de la metodología

Como diseñador se busca todas la formas, maneras y técnicas de obtener mejores resultados según las necesidades enfocadas. La tecnología y los procesos realizados que se muestra es de las fases de diseño según la metodología VDI 2222 que también se tiene el desarrollo de ello con el método VDI 2221 para una mejor aplicación y llegar a los resultados óptimos que el diseño exige (Barriga Gamarra, 2016). El proceso para el desarrollo VDI 2221.

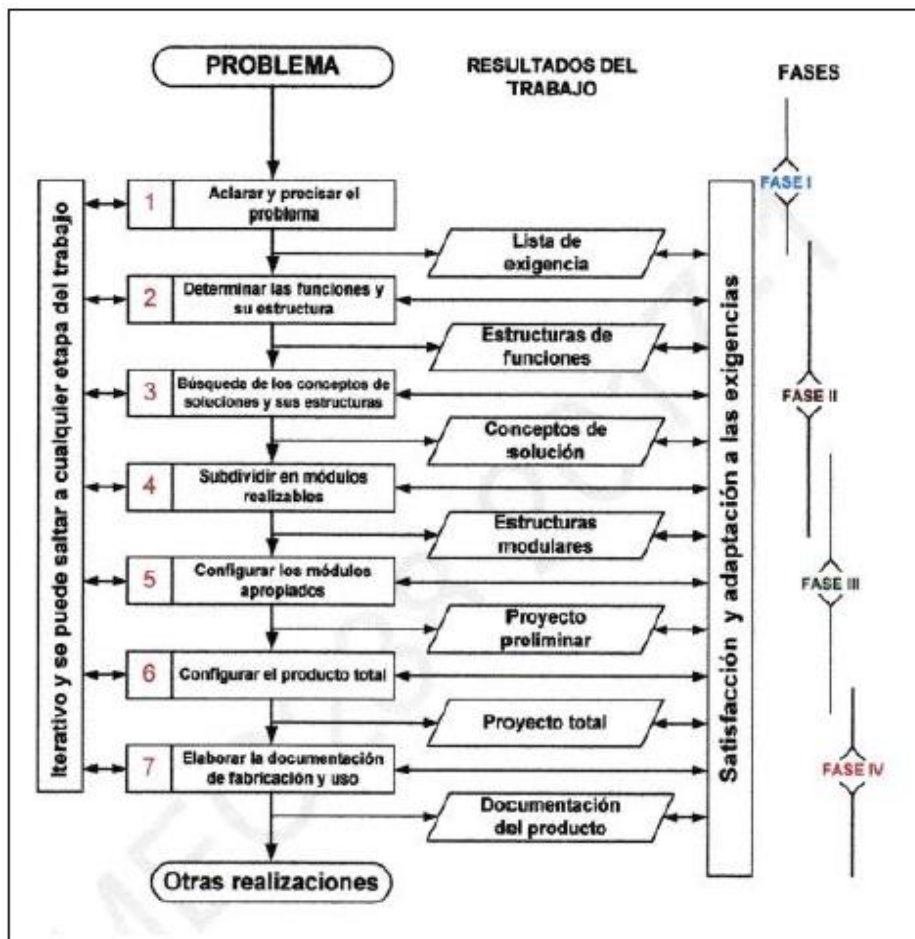
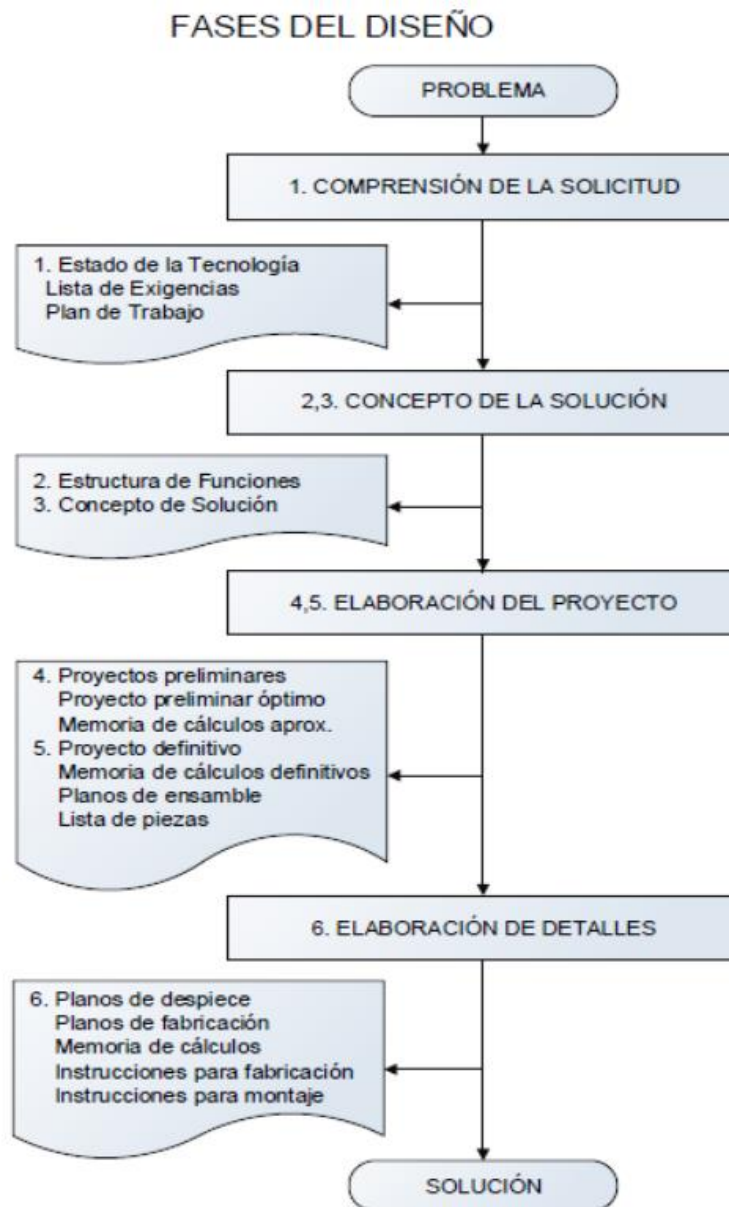


Figura 27. Proceso de desarrollo de la VDI 2221

Fuente: Barriga Gamarra, 2016

El método comprende 4 fases basadas en 7 etapas de desarrollo, que tiene relación entre sí, para ello se desarrolla varios esquemas y planteamientos para la definición de requerimientos, así obtener la mejor decisión y elección de diseño.



**Figura 28. Fases del diseño de la VDI 2221**

Fuente: Barriga, 2016

## Fase I: Información

En el inicio de esta etapa se describe y se señala el problema que se tiene, donde se menciona el conjunto general de los recursos necesarios para el desarrollo del mismo, donde se muestra desde el diseño hasta su planificación del proyecto en desarrollo.

Etapa 1: Aclara y precisa el problema

**Comienzo del diseño**, es el concepto general del problema y donde se muestra los requerimientos detallados y principales que los clientes.

**Aceptación del problema a detalle**, es la aclaración de toda idea que este o no relacionada al problema, mostrar tiempos y fechas correctas para la ejecución del proyecto para no tener problemas económicos.

**Verificación de la tecnología**, en esta parte se busca toda la información necesaria para el proyecto como las tesis, artículos científicos, libros, revistas, etc. Que tengan relación y contribuyan al proceso del diseño.

**Ordenar, enumerar y priorizar**, es la clasificación de toda información recolectada y organizada según afinidad al proceso del proyecto para poder tener la lista requerimientos.

La lista de requerimientos que es obtenida de los clientes, así tener preguntas concisas como: ¿Qué necesidad debe satisfacer la solución del problema?

¿qué propiedades debe tener la solución?, para que de esta manera tener claros los requerimientos necesitados.

**Tabla 1. Modelo de lista de exigencia**

LISTA DE EXIGENCIAS		EDICION	Pág. De_
PROYECTO		CLIENTES:	Fecha:
			Autor:
Características	Deseo o exigencia	Descripción	Responsable
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

**Planificación del proceso del proyecto**, es el proceso del plan del proyecto en los tiempos estimados por semanas según las etapas propuestas.

**Tabla 2. Modelo del plan de trabajo**

ACTIVIDAD	SEMANAS								TIEMPO
	1	2	3	4	5	.	..	...	
1.Lista de Exigencias									
2.Estructuras de funciones									
3. ....									
.....									
-----									
...									
TOTAL									

Fuente: (Gamarra, 1986)

**Fase II: Creación - concepto de solución**

En esta fase se muestra la elaboración de la solución con respecto al diseño del prototipo y los procesos que tiene el proyecto.

Etapas 2: Determinar las funciones y la estructura

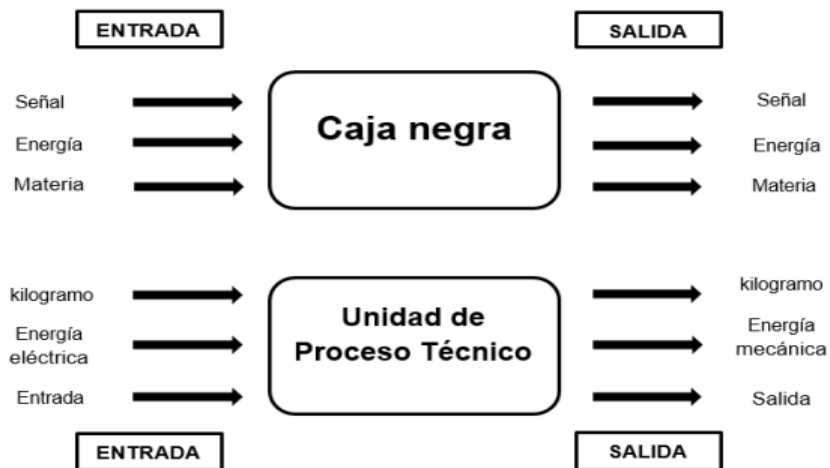
En el proceso de abstracción, donde se muestra las funciones de una máquina, con la forma de caja negra (Black Box) en tres partes básicas.

**Materia:** Insumos, materia prima, elementos principales de transformación, cosas u objetos de diferente tipo y forma, etc.

**Energía:** Energía eléctrica, fotovoltaica, mecánica, hidráulica, eólica, etc.



**Señales:** pulsaciones, variables, magnitudes, datos, fenómenos naturales, valores, etc.



**Figura 29. Modelo de Black-Box**

Fuente: Taípe 2015

Al ya tener las funciones principales, después se representa en funciones detalladas paso a paso conocidas como caja blanca, así se muestra los enlaces entre la entrada y salida de las variables obtenida, con una secuencia de procesos y operaciones técnicas de las actividades del proyecto.

Etapa 3: Recolección de los conceptos de solución y la estructura

Es conocido también como la matriz morfológica, aquí vamos a organizar todas las funciones de la caja blanca, en conjunto llegamos a obtener la solución, así obtener resultados para clasificar que maquina o sistema se puede diseñar con un evaluación técnica y económica.

**Tabla 3. Modelo de matriz morfológica**

Características requerimientos de diseño	Alternativas de diseño			
Movimiento de entrada	Rotacional	Lineal	Oscilante	Etc.
Fuente de entrada	Una mano	Dos manos	Pies y mano	Etc.
Elemento de entrada	Cigüeñal	Biela	Palanca	Etc.
Elemento de salida	Tornillo	Elice	Pistón	Etc.
Movimiento de salida	Rotacional	Lineal	Reciprocante	Etc.
Mecanismo	Engranaje	Articulación	Corredera	Etc.

Fuente: García, 1998

Etapa 4: Subdivisión en módulos realizables

**Determinar el concepto de solución óptimo:** Se desarrolla en esta etapa las evaluaciones técnicas-económicas más cercanas a la probabilidad de solución que están en la matriz morfológica y también se evalúa la lista de requerimientos para que tenga relación con lo solicitado por los clientes.

**La Evaluación técnica:** la forma segura, rápida, de fácil manejo, con una calidad de trabajo, transportabilidad de la máquina, etc. Para determinan la óptima selección de la solución.

**Tabla 4. Modelo de evaluación de lista de exigencias**

N°	Criterios Técnicos y Económicos según la lista de exigencia	Soluciones			
		S1	S2	S3	Sn
1					
2					
3					
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
n					
TOTAL					N*4
EVALUACION (%)					1

Fuente, (García, 1985)

**Evaluación económica:** se considera el número de piezas, fácil montaje, productividad, poco desperdicio, costos diversos, etc.

**Tabla 5. Modelo de evaluación del valor técnico**

Variantes de concepto/proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
			S1		S2		S3		S Ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1									4	
2									4	
3									4	
.		.	.	.	.	.	.	.	.	.
.		.	.	.	.	.	.	.	.	.
.		.	.	.	.	.	.	.	.	.
.		.	.	.	.	.	.	.	.	.
.		.	.	.	.	.	.	.	.	.
n									4	
Puntaje $\sum gp$										
Valor técnico										

**Nota: p=puntaje de 0 a 4, g=peso ponderado que se da en función a la importancia del criterio a evaluar Tomada de García, 1985**

Fuente: García, 1985

**Tabla 6. Modelo de evaluación de valor económico**

Variantes de concepto/proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
			S1		S2		S3		S Ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1									4	
2									4	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
n									4	
Puntaje $\sum gp$										
Valor económico										

**Nota: p=puntaje de 0 a 4, g=peso ponderado que se da en función a la importancia del criterio a evaluar. Tomada de García, 1985**

Fuente: García, 1985

Definir cuál es la solución del proyecto:

Diseñamos y explicamos todos los temas relacionados a nuestra máquina.

Desarrollar el resultado y plasmarlo en una matriz:

Ya vistos los temas de diseño aquí realizamos un dibujo a mano alzada de la máquina.

### **Fase III: Elaboración del proyecto**

Aquí se conforma la geometría de la máquina y se desarrollan los pasos 5 y 6.

Etapa 5: Selección de los temas acertados:

Proyecto preliminar:

En esta parte se desarrolla la idea para llevar a cabo el diseño, representado en un dibujo, de esa manera se logra los parámetros necesarios para la manufactura, montaje y lubricación.

Pasos por seguir, reparación, medio ambiente, seguridad de uso, uso de repuestos con memoria de cálculo, etc. en relación con las características que están apuntadas en los requerimientos.

Memoria de cálculos:

Son los cálculos necesarios para el diseño de la máquina tanto estacionaria como en movimiento, además también implica el uso de software especializado.

Etapa 6: Configurar el producto total

Proyecto definitivo:

Aquí determinamos las tolerancias, el lugar de montaje, así como las distintas normas que se seguirán para el diseño,

Memoria de cálculos definitivos:

Se refiere al uso de software especializado para el análisis estacionario y en movimiento de la máquina; también tiene que ver con las simulaciones que los programas nos brindan.

Planos de ensamble:

Aquí hallamos los manuales para el armado de la máquina.

Fase IV: Elaboración de ingeniería de detalles

Aquí hallamos los manuales de montaje de cada parte.

Etapa 7: Elaboración de la documentación de fabricación y usos

Planos en despiece, planos de fabricación:

Aquí encontramos los manuales con las tolerancias y terminaciones de cada una de las partes de la máquina.

Memoria de cálculos:

Aquí se dan a cabo los cálculos necesarios para la máquina, así como las simulaciones correspondientes.

Instrucciones para la fabricación:

Información explicativa de los pasos para el ensamble por medio del diagrama (DOP) u otros pasos relacionados.

Instrucciones para el montaje:

Aquí encontramos los pasos para el armado de la máquina.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Este apartado tiene como misión sentar los lineamientos para hallar una solución y diseño de un sistema de Riego Tecnificado por goteo, con el fin de presentar los objetivos planteados de mejorar la producción de cultivo de paltas en el Valle Chilina.

#### **4.1. Identificación de requerimientos**

El desarrollo del inicio en esta fase empieza con la información a detalle del problema, para el cual se desarrolla la primera etapa donde se presenta y se precisa los acontecimientos principales y necesarios en la elaboración del proyecto, con el inicio del diseño, hasta llegar con desarrollo de las exigencias del proyecto.

##### **4.1.1. Inicio del diseño**

En este inicio, etapa del diseño, se toma la información para poder corroborar el problema que se tiene, de esta manera se realizó el estudio del fruto de las paltas, en su proceso de cultivo, ciclo de vida y producción del fruto; etapas y métodos de cultivos, entre otros. La indagación del Sistema de riego por goteo necesario el cultivo de paltas se realizó en el Valle Chilina- Arequipa, donde se efectuó el análisis de las formas y métodos de riego tecnificado, asimismo el tiempo y proceso de producción de las paltas, con un tamaño comercial de la etapa de cultivo cosecha.

##### **4.1.2. Asumir el problema en forma crítica y constructiva**

El tiempo de producción del cultivo de paltas mejora en la calidad de producción de palta con la utilización de riego tecnificado, donde se beneficiará el agricultor por el uso de principales elementos como es el agua y la energía eléctrica que ya es transformada a partir de la energía solar, recurso renovable. Así de esta manera se afronta los costos de cultivo de paltas.

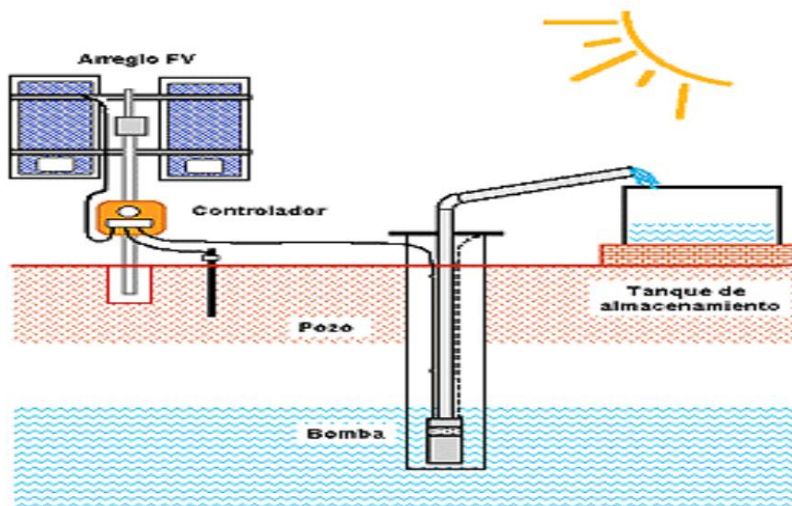
##### **4.1.3. 4.1.3 Estado de la tecnología**

Es el uso de herramientas e información cada vez con mayor precisión y calidad de funcionamiento, en este punto a tratar se desarrolla la búsqueda de información proceso más óptimo y tecnificado de riego para el cultivo de paltas, dentro de ello, para tener que sean tener mayor producción posible, se realiza el diseño de un sistema de riego tecnificado que cumple con todas las condiciones y factores tanto climáticos, para que sea de un costo promedio, para la compra en el mercado por las personas dedicadas a esta actividad.

Donde se encuentra los diferentes sistemas en estas investigaciones:



- a) En la tesis, Diseño de automatización para riego tecnificado y su interfaz en un Scada para el fundo de f&f servicios asociados SAC
- -Obtención de huella de riego requerido
  - Obtención de nivel del ultrasónico
  - -Pantalla LCD.
  - Computadora para el mando de electroválvulas.
  - Encendido de bomba.
  - Entrega de datos al módulo.
- b) De este modo en la tesis de bombeo solar en la Esperanza, San Martín, 2019.
- Cálculo de gasto de agua en un riego de cacao (Segunda variable).
  - -Cálculo de volumen de agua por planta
  - Elección de celda fotovoltaica para riego de cacao
  - Importancia de la elección de bomba en el riego de cacao



**Figura 30. Circuito eléctrico de activación y funcionamiento de Riego.**

Fuente: bibliocad.com

#### 4.1.4. Lista de exigencias

Esta se lleva a cabo en relación con la data de las dificultades que se han situado en la data de Arequipa. En la Tabla 7, se muestra la lista de exigencias que dan como resultado lo que se planteaba.

**Tabla 7. Lista de exigencias**

Lista de Exigencias		Universidad Continental	Pág.	1 a 3
Diseño de una estación de riego tecnificado utilizando energía solar, para el cultivo de paltas en el valle de Chilina, Arequipa		Facultad de Ingeniería	Fecha	
		EAP Ingeniería Mecánica	Autores	Jean Ranilla Carbajal
		Área de Diseño y fabricación		Eduardo Mamani Luque
Característica	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsables	
Función Principal	E	El cultivo y producción de palta es necesario optimizarlo, por medio del diseño de una estación de riego tecnificado utilizando energía solar y asistido, para el cultivo de paltas en el valle de Chilina, Arequipa.	Jean Ranilla Carbajal	
Función	D	El sistema de riego tecnificado debe ser fácil de operar y poseer todas características necesarias para su funcionamiento.	Eduardo Mamani Luque	
Función	E	El riego debe ser en cantidades agua necesarias para el cultivo, cumplir con los tiempos de riego.	Jean Ranilla Carbajal	
Geometría	E	El Sistema de riego Tecnificado y todos sus componentes deben ser los suficientes para cumplir con el riego de las hectáreas establecidas.	Jean Ranilla Carbajal	
Energía	D	Se busca obtener la suficiente transformación de energía solar a energía eléctrica con la que requiera el Sistema.	Eduardo Mamani Luque	
Material	E	La calidad y características de los componentes de cumplir con las condiciones y factores climáticos.	Eduardo Mamani Luque	
Material	E	Las líneas de tubería deben ser de un material que no se deteriore en el cultivo.	Jean Ranilla Carbajal	

Lista de Exigencias		Universidad Continental	Pág.	1 a 3
Diseño de una estación de riego tecnificado utilizando energía solar, para el cultivo de paltas en el valle de Chilina, Arequipa		Facultad de Ingeniería	Fecha	
		EAP Ingeniería Mecánica	Autores	Jean Ranilla Carbajal
		Área de Diseño y fabricación		Eduardo Mamani Luque
Característica	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsables	
Señales	E	Posee un sistema eléctrico con protecciones eléctricas para su operación o mal funcionamiento.	Jean Ranilla Carbajal	
Señales	E	Para la activación de cada electroválvula según la etapa de riego según la necesidad del cultivo.	Eduardo Mamani Luque	
Energía Hidráulica	E	Según calculo y simulación en prueba de funcionamiento debe cumplir con las características del riego tecnificado por goteo.	Jean Ranilla Carbajal	
Seguridad	E	El sistema de riego debe contar con el aislamiento en sus diferentes componentes eléctricos.	Eduardo Mamani Luque	
Seguridad	E	Cumple con las normas y estándares para el funcionamiento de una bomba hidráulica de riego.	Eduardo Mamani Luque	
Medio Ambiente	E	El Sistema de riego tecnificado por goteo, es considerado el más eficiente con el uso del agua, con pérdidas mínimas.	Eduardo Mamani Luque	
Localización	E	El diseño del Sistema está distribuido de tal manera pueda facilitar los próximos cultivos de palta.	Eduardo Mamani Luque	

Lista de Exigencias		Universidad Continental	Pág.	1 a 3
Diseño de una estación de riego tecnificado utilizando energía solar, para el cultivo de paltas en el valle de Chilina, Arequipa		Facultad de Ingeniería	Fecha	
		EAP Ingeniería Mecánica	Autores	Jean Ranilla Carbajal
		Área de Diseño y fabricación		Eduardo Mamani Luque
Característica	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsables	
Localización	D	Los componentes eléctricos, como los paneles solares poseen estructuras y soportes en un punto principal en el área de cultivo.	Eduardo Mamani Luque	
Fabricación	E	El diseño del Sistema debe poseer material al alcance del mercado comercial.	Jean Ranilla Carbajal	
Fabricación	E	El diseño de los componentes debe tener la practicidad de ser instalado en el lugar de funcionamiento.	Jean Ranilla Carbajal	
Fabricación	D	El acondicionamiento del Sistema de tener un acabado sencillo y claro de entender para su utilización.	Jean Ranilla Carbajal	
Mantenimiento	E	Los componentes y sistemas del riego tecnificado deben ser de fácil mantenimiento.	Eduardo Mamani Luque	
Mantenimiento	D	Tenga la practicidad de la revisión diaria y limpieza funcionamiento del Sistema.	Eduardo Mamani Luque	
Costos	E	Costos accesibles para un empresario agricultor de la zona.	Jean Ranilla Carbajal	

#### **4.1.5. Planificación del desarrollo del proyecto**

La planificación del trabajo se realiza por medio de las actividades de la metodología, de esta manera se toman por etapas y fases ya mencionadas anteriormente, que son detalladas de la siguiente manera

En la imagen 8, se ve el plan de tesis, que es el desarrollo del diseño, cálculos, bosquejos de diseño y otros (tareas); se calcula alrededor de 33 semanas.

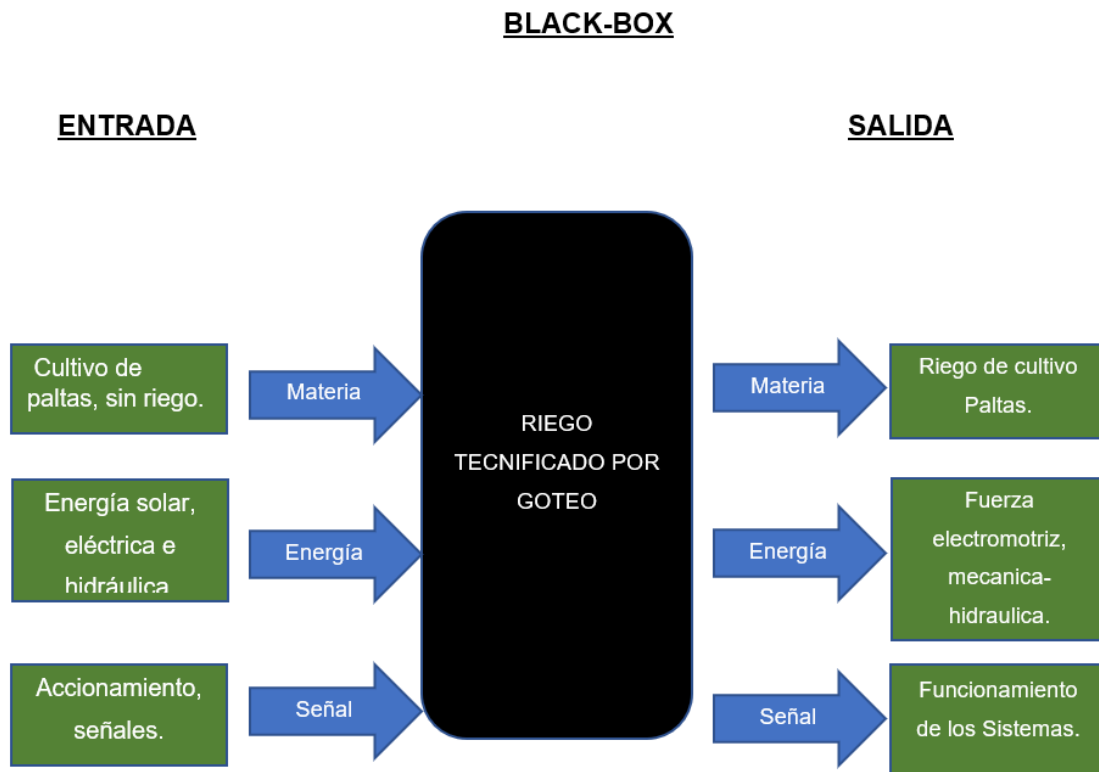
**Tabla 8. Planificación del desarrollo del proyecto**

N	ACTIVIDADES	Semanas																																TIEMPO			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		33		
<b>FASE I: Información</b>																																		<b>4</b>			
1	Aclaración y delimitación del problema	■																																		2	
2	Lista de exigencias		■																																	1	
3	Planificación de Actividades			■																																1	
<b>FASE II: Creación-concepto de solución</b>																																		<b>4</b>			
4	Caja negra			■																															1		
5	Matriz Morfológica				■																															1	
6	Evaluación de valor técnico y económico					■																														1	
9	Concepto de solución						■																													1	
<b>FASE III: Desarrollo-elaboración del proyecto</b>																																		<b>12</b>			
10	Proyecto preliminar (Diseño)							■	■	■																										3	
11	Memoria de Cálculos									■																										1	
12	Simulaciones										■																									1	
13	Proyecto definitivo											■	■																							3	
14	Memoria de cálculo definitivos												■	■																						2	
15	Planos y esquemas													■	■																					1	
16	Simulaciones definitivas														■																					1	
<b>FASE IV: Elaboración de Ingeniería-detalles</b>																																		<b>14</b>			
17	Planos de despiece																																			1	
18	Planos de fabricación																																				2
19	Elaboración de costos																																				2
20	Diseño del Sistema																																				5
21	Ajustes necesarios																																				2
22	Pruebas y resultados																																				2

## 4.2. Análisis de la solución

### 4.2.1. Caja negra (Black Box)

Tiene como principales los elementos que dan forma al proyecto, y por ultimo los resultados se traducirán en resultados palpables.



**Figura 31. Caja negra-Black box**

## **Entradas**

- **Materia prima:** Cultivo de Paltas sin la aplicación de un Riego Tecnificado.
- **Energía:** Corriente eléctrica monofásica 220v, procedente de energía solar. Energía mecánica-hidráulica para el funcionamiento de bomba.
- **Señal:** Activación del Sistema de Riego Tecnificado en sus diferentes etapas de funcionamiento. Accionamiento de llaves térmicas y diferentes contactores eléctricos.

## **Salidas**

- **Materia prima:** Cultivo de Paltas con Sistema de Riego tecnificado por goteo.
- **Energía:** Generación de corriente eléctrica, transformación de corriente continua a corriente alterna en el funcionamiento del Sistema.
- **Señal:** Funcionamiento de electroválvulas, señales de activación de la electrobomba y generación de corriente eléctrica.

### **4.2.2. Estructura de funciones (caja blanca)**

#### **4.2.2.1. Secuencia de operaciones**

En esta etapa de proceso hay que comenzar en verificar son las condiciones del Sistema de Riego Tecnificado, revisar todos los componentes que se encuentren en buen estado, una vez realizada la inspección se continua a hacerla funcionar, con la programación y los patrones que se necesita para el cultivo de paltas. El primer proceso que se le realiza en el cultivo de paltas es la instalación y la activación de energización del Sistema de riego tecnificado, el segundo proceso es la activación de la bomba hidráulica programada en el tiempo necesario y con el caudal correspondiente, el tercer proceso es la activación de los componentes periféricos como son las electroválvulas para cada etapa de riego y, por último, se les hace la verificación de los goteros cumplan su función en el Sistema de Riego Tecnificado.

#### **4.2.2.2. Procesos técnicos**

##### **A. Preparación**

Se energiza el Sistema mediante una llave termo magnética que da inicio a la activación, da la señal que el sistema se encuentra con energía eléctrica, luego se acciona una llave diferencial y que a su vez está protegido con un guarda motor, activando los relés y contactores, por medio de accionamiento de una boya en el tanque y de esta manera con el funcionamiento ya iniciado se comienza la programación de tiempos de accionamiento de los actuadores en el sistema (bomba,



electroválvulas, transformación de energía solar-eléctrica)

## **B. Ejecución**

Energización de los paneles solares, para la transformación de energía solar-eléctrica.

Conexión de eléctrica a la red monofásica como fuente de alimentación alterna.

Activación de la llave térmica, llave diferencial, para su alimentación principal del sistema.

Activación de la bomba que transporta el fluido (agua) por medio de las diferentes tuberías.

El fluido transportado por la tubería es diferentes puntos(goteros), ubicación en el Sistema Riego Tecnificado.

## **C. Control**

Verificación de la cantidad correcta del bombeo de agua, como también la alimentación de energía eléctrica del mismo.

Programación de tiempos de trabajo correctos y por etapas de la bomba, electroválvulas de paso.

El abastecimiento de agua se constante en cada etapa de Riego Tecnificado.

Medición de caudal de cada gotero en la ubicación estratégica ya distribuida.

## **D. Fase final**

Cultivos de palta enriquecidos en agua y diferentes sustancias necesarias para su producción.

Limpieza periódica de goteros.

Programaciones de diferentes ciclos del Sistema de Riego en cada etapa del cultivo.

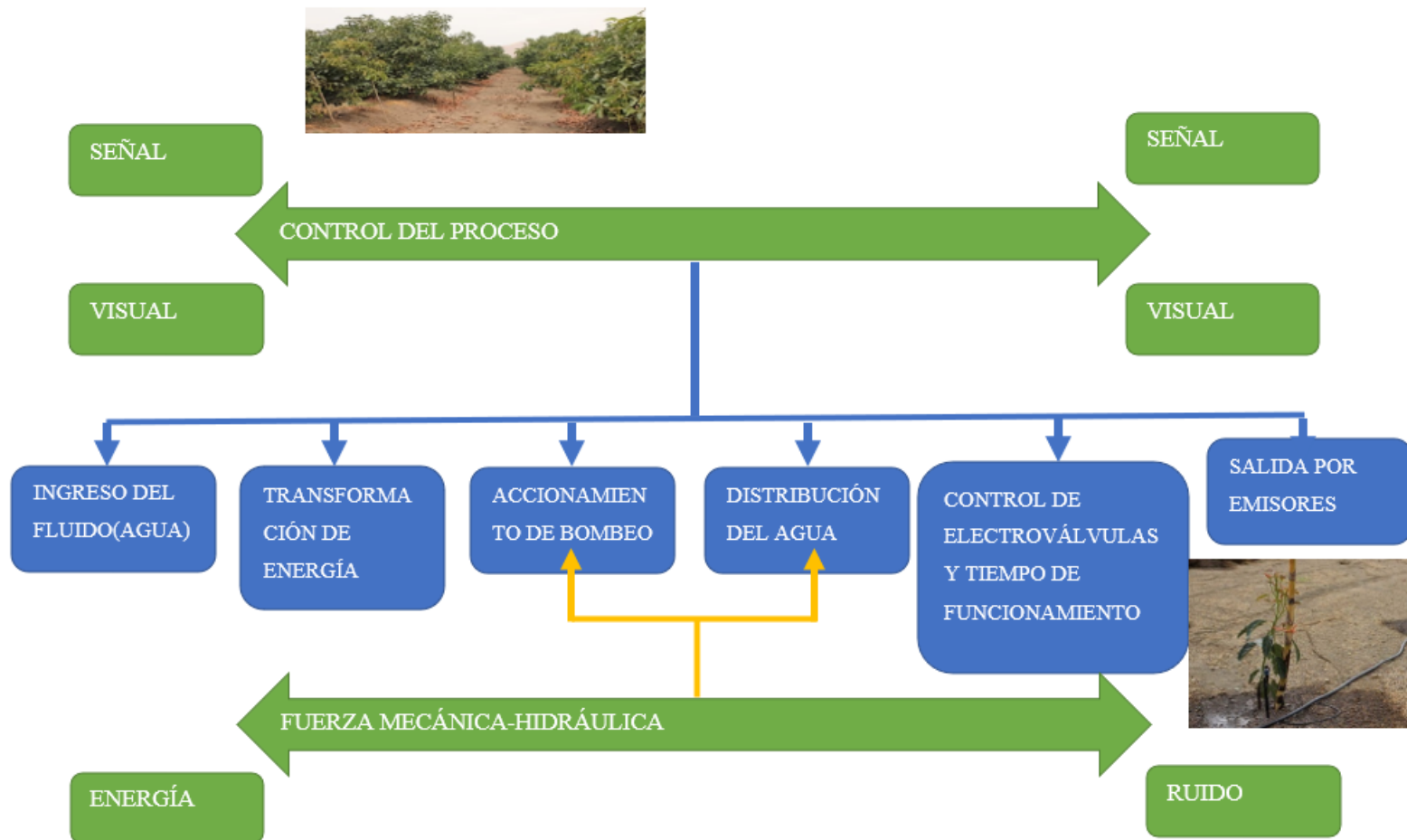



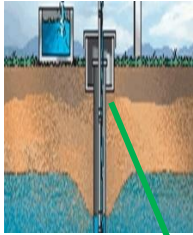










Figura 32. Estructura de funciones (caja blanca)

En la Figura 32 se puede ver las funciones parciales del Sistema de Riego Tecnificado por goteo, el control de proceso y programación de funcionamiento con la relación de las entradas y salidas en sus diferentes magnitudes.













### 4.2.3. Matriz morfológica

Elaboración de la matriz morfológica con las funciones parciales detallados.

**Tabla 9. Matriz morfológica**

Matriz morfológica				
Funciones	Alternativas de solución			
Ingreso del fluido (agua)	<b>Tanques</b> 	<b>Pozos</b> 	<b>Ríos</b> 	<b>Canales</b> 
Transformación de energía	<b>Paneles solares</b> 	<b>Paneles solares y alimentación de la red</b> 	<b>Paneles solares y baterías</b> 	<b>Paneles solares, baterías y de la red.</b> 
Accionamiento o de bombeo	<b>Bomba centrífuga</b> 	<b>Bomba solar sumergible</b> 	<b>Motobomba</b> 	<b>Bomba de agua para tanque</b> 



Distribución del agua	Tuberías de PVC 	Tuberías de polietileno (PE) 	Tuberías de polipropileno (PPR) 	Tuberías de polietileno reticulado (PEX) 
Control de válvulas y tiempo de funcionamiento	Manuales 	Electroválvulas 	Automáticas 	De retención 
Salida por emisores	Aspersores 	Orificios de la tubería - Exudación 	Orificios de las mangas 	Por goteros 

S2

S3

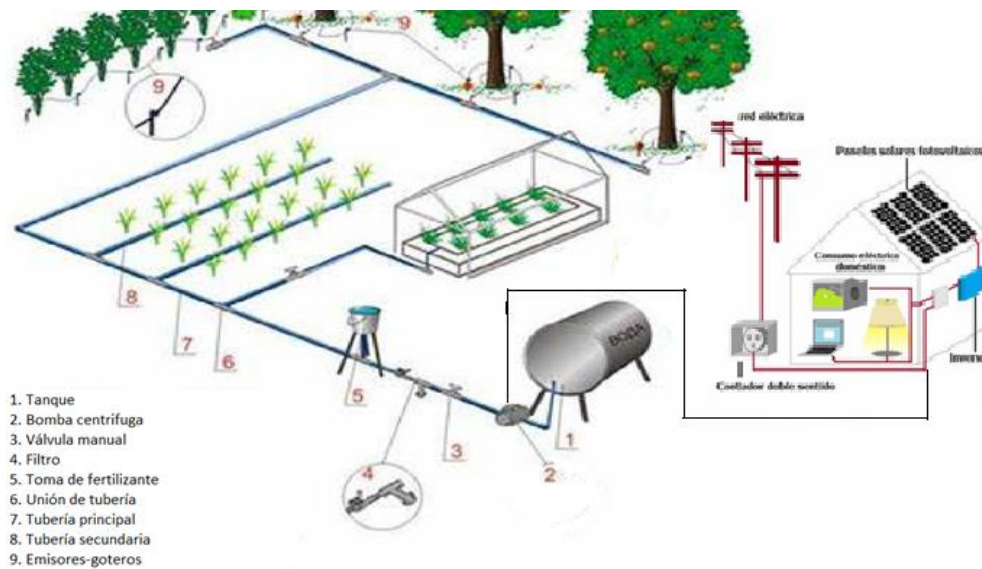
S1

#### 4.2.4. Propuestas de solución

Las opciones para hallar el resultado a partir de una conjetura obtenida de la matriz morfológica de las opciones con distinciones en el tema, teniendo en cuenta solamente las principales funciones principales y parciales de un riego por goteros.

##### Solución 1

La utilización de tanques de agua para el almacenamiento de agua que será distribuida por medio de una bomba centrífuga, la cual será energizada por medio de la transformación de energía solar-eléctrica monofásica 220 v. De esta manera se distribuye el agua a través de tuberías de PVC para etapa de riego tecnificado con la utilización de válvulas manuales y goteros. Su control de funcionamiento será temporizado para garantizar el uso adecuado del agua y la cantidad necesaria.

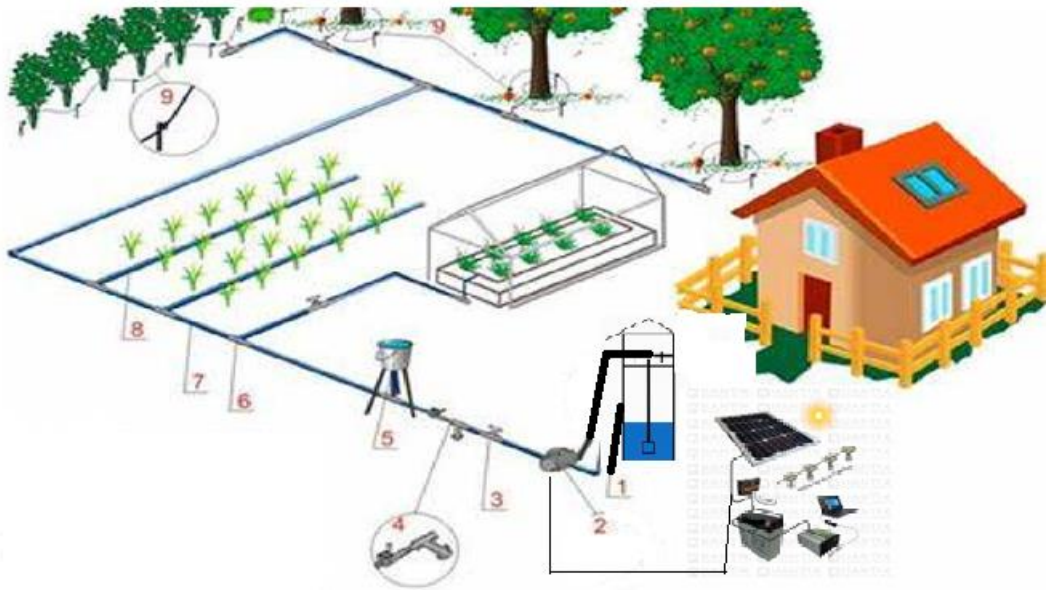


**Figura 33. Propuesta de la primera solución**

Fuente: Elaboración propia

##### Solución 2

Mediante la utilización de un pozo de agua se almacena para el Sistema de riego, para que se pueda distribuir el agua se necesita una bomba sumergible con las características necesarias que pide la dimensión del Sistema de Riego tecnificado. En este caso la bomba será compacta es decir una bomba sumergible de alimentación de corriente solar y baterías. Que podrá distribuir el agua por tuberías de propileno. Para una mejor precisión del control de Riego Tecnificado se utiliza válvulas automáticas controladas electrónicamente para los aspersores.

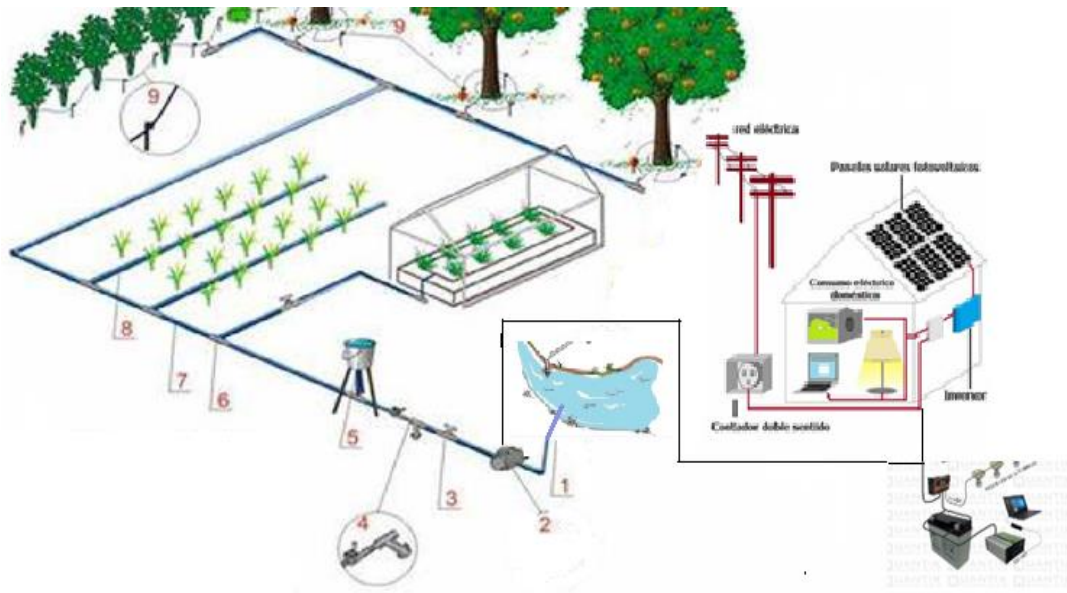


**Figura 34. Propuesta de la segunda solución**

Fuente: Elaboración propia

### Solución 3

El proceso de abastecimiento de agua será directamente de ríos cercanos al cultivo, que para el traslado del agua será por medio de una motobomba con las características de funcionamiento necesarias del Sistema de riego tecnificado, así se traslada el agua por tubería de polietileno de diámetros y longitudes. Para su control será por medio de electroválvulas de paso de agua en las tuberías de exudación.



**Figura 35. Propuesta de la tercera solución**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.5. Determinación de la solución óptima

##### A. Determinación de obligaciones

La tabla de obligaciones es valorizada de acuerdo con las resultantes obtenidas en la tabla de morfología, para que pueda ser realizada se hace posible un examen dado a cabo por la VDI 2221, donde tiene una nota de 1 a 4, siendo el 4 la nota más alta.

**Tabla 10. Valorización de lista de exigencias**

N. °	Criterio técnico y económicos	Soluciones			
		S1	S2	S3	S ideal
1	Seguridad	4	4	4	4
2	Rapidez	3	4	4	4
3	Estabilidad	3	3	3	4
4	Confiabilidad	3	3	3	4
5	Transparencia	4	3	2	4
6	Calidad de trabajo	3	3	2	4
7	Complejidad	3	3	3	4
8	Lista de exigencias	3	3	3	4
9	Automatización	2	3	2	4
10	Numero de componentes	3	3	3	4
11	productividad	4	3	3	4
12	Adquisición de componentes	3	3	3	4
13	Costos	3	3	4	4
14	Mejoras	3	3	3	4
15	Tipo de tecnología	3	4	3	4
16	Perdidas	3	3	4	4
17	Implementación, e instalación	3	3	4	4
18	Mantenimiento periódico	3	3	3	4
19	Costos de refacción	4	3	4	4
20	Tiempo de vida útil	4	3	3	4
21	Retribución por cultivo	4	3	4	4
22	Ingresos	4	3	3	4
Total		72	69	70	88
Evaluación		81.81 %	78.41 %	79.55 %	100 %



## B. Cálculo técnico

Este cálculo se realiza según norma VDI 2225, el cual se analiza y se selecciona los datos de evaluación para lo económico y técnico.

Donde P = puntaje de 0 a 4

0 = No satisface; 1 = Poco aceptable; 2 = Suficiente; 3 = Bien;

4 = Muy bien (ideal)

g = peso ponderado que se da en función a la importancia del criterio a evaluar.

$$x_1 = \frac{g_1p_1 + g_2p_2 + \dots + g_np_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n)P_{idea}} \leq 1 \quad (4.2.1)$$

Tabla 11. Evaluación de Valor técnico

Variantes de concepto de proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución ideal	
			S 1		S 2		S 3		S Ideal	
N.º	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	Gp
1	Diseño	8	3	24	3	24	3	24	4	32
2	Funcionamiento	7	3	21	3	21	2	14	4	28
3	Energía	8	4	32	3	24	3	24	4	32
4	Material	6	3	18	3	18	3	18	4	24
5	componentes	7	4	28	3	21	3	21	4	28
6	Distribución	9	3	27	3	27	3	27	4	36
7	Medición	7	3	21	3	21	3	21	4	28
8	Calidad	8	4	32	3	24	3	24	4	32
9	Programación	10	3	30	2	20	3	30	4	40
10	Pruebas	8	3	24	2	16	2	16	4	32
11	Mantenimiento	7	3	21	2	14	2	14	4	28

<b>12</b>	<b>Tiempo</b>	8	3	24	3	24	3	24	4	32
<b>13</b>	<b>Seguridad</b>	8	3	24	3	24	3	24	4	32
<b>Puntajes (<math>\sum E_{gp}</math>)</b>			326		278		281		404	
<b>Valor %</b>			80.69 %		68.81 %		69.55 %		100 %	

### C. Calculo económico

Logramos analizar los resultados que obtenemos en los costos del diseño, componentes, etc.

Entonces se utiliza la norma VDI 2225, verificando el valor señalado en la parte económica (Y1).

Donde

P = puntaje de 0 a 4

0 = No satisface; 1 = Poco aceptable;

2 = Suficiente; 3 = Bien; 4 = Muy bien (ideal)

g= peso ponderado en función a la importancia de cada criterio a evaluar.

$$y1 = \frac{g_1p_1 + g_2p_2 + \dots + g_np_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n)P_{idea}} \leq 1 \quad (4.2.2)$$

**Tabla 12. Evaluación de valor económico**

Variantes de concepto/proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
			S1		S2		S3		S Ideal	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costos de diseño	9	4	36	4	36	4	36	4	36

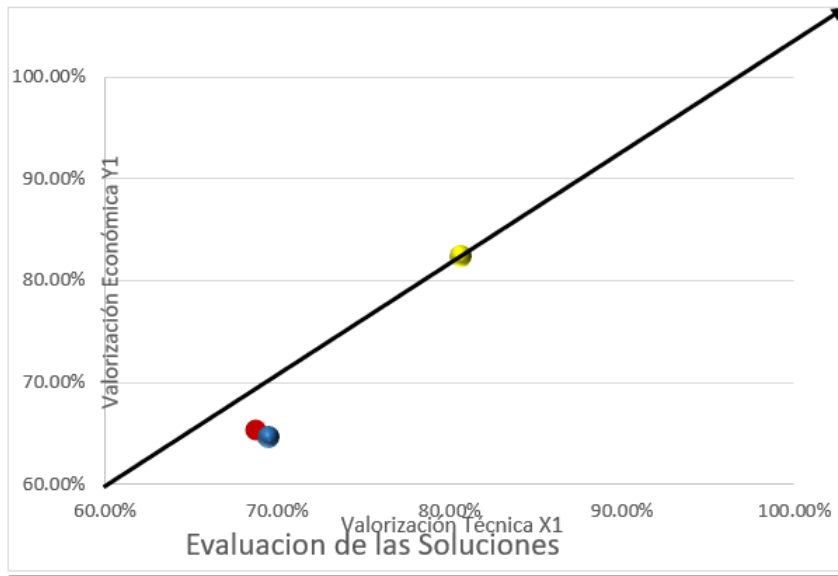
2	Costos de distribución	8	3	24	3	24	2	16	4	32
3	Costos de componentes	7	3	21	2	14	2	14	4	28
4	Costos de mantenimiento	7	3	21	1	7	2	14	4	28
Puntaje $\Sigma$ gp			102	81	80	124				
Valor %			82.26 %	65.32 %	64.52 %	100 %				

**Tabla 13. Comparación de resultados evaluados**

	Eje (X1)	Eje (Y1)
	Valorización técnica	Valorización económica
Solución 1	80.69 %	82.26 %
Solución 2	68.81 %	65.32 %
Solución 3	69.55 %	64.52 %

#### D. Elección

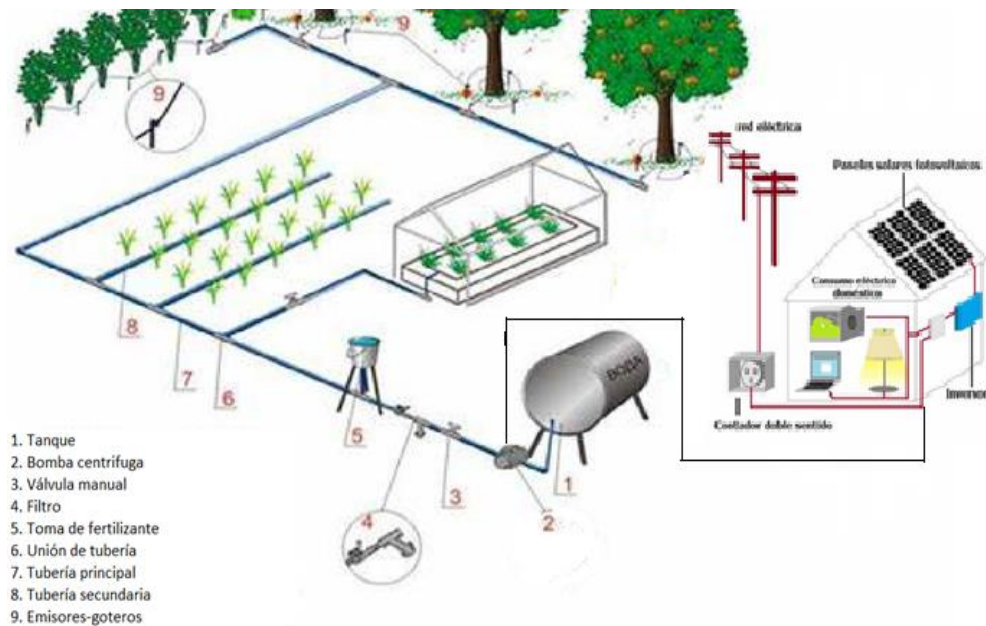
Realizamos la elección referente al diagrama de dispersión, ahora tomamos en cuenta los resultados que arroja la Figura 36.



Solución 1 (amarillo)      Solución 2 (rojo)      Solución 3 (azul)

**Figura 36. Esquema de dispersión lineal para la elección del resultado**

La imagen que se muestra en la ilustración 36, muestra las posibles soluciones ya en evaluación se tienen más próximas a la recta, así la solución (color amarillo) con 80.69% en el eje “X” y con 82.26% en el eje “Y”, de este modo hallamos la solución a nuestro requerimiento de riego tecnificado.



**Figura 37. Riego por goteo/ solución 1**

Fuente: Elaboración propia

**NOTA:** Es la opción más óptima referente al diseño de riego tecnificado para el cultivo de paltas que cumple con las características y resultados esperados en el Diseño.

### 4.3. Diseño

En esta parte de la tesis, a partir del inciso 5 se empieza a seleccionar los componentes y medidas necesarias.

De este modo hay que tener en cuenta todos los puntos tratados anteriormente, además nos podemos ayudar con el uso de distintos softwares para asegurar la veracidad de los valores hallados.

#### 4.3.1. Cálculo de necesidades Hídricas del palto

Datos necesarios para poder tener presente los consumos de agua en cada estación, mes del año para el cultivo de palto.

El caudal máximo

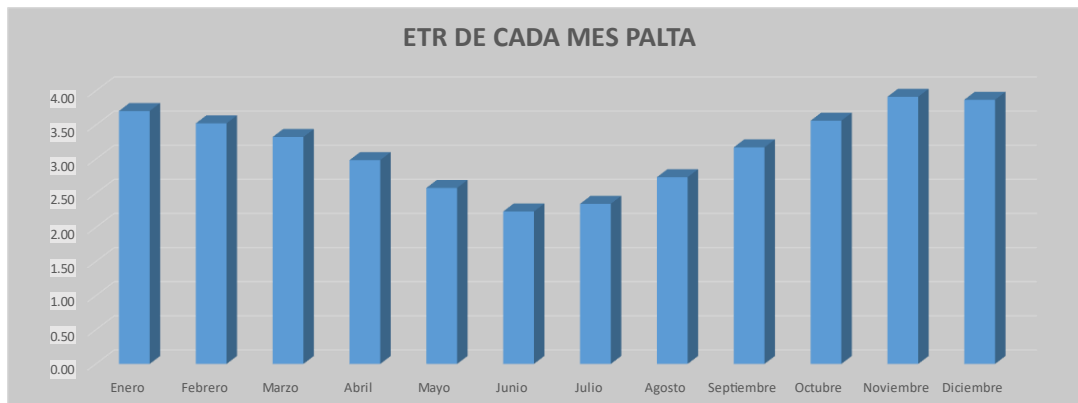
$$(1\text{mm} = 1 \frac{l}{m^2} \left( \frac{1m^3}{1000 l} \right) \left( \frac{10000m^2}{1 ha} \right) = 10 \frac{m^3}{ha}$$

**Tabla 14. Necesidades hídricas del Palto**

MESES	DIAS DEL MES	KC	ETO (mm/DIA)	ETR		DEMANDA HIDRICA		CAUDAL m3/h
				ETR (mm/DIA)	ETR (mm / mes)	m3/(ha.dia)	m3/(ha.mes)	
Enero	31	0.75	4.94	3.71	114.86	48.17	1493.20	2.01
Febrero	28	0.75	4.70	3.52	98.68	45.81	1282.80	1.91
Marzo	31	0.75	4.43	3.32	103.06	43.22	1339.77	1.80
Abril	30	0.75	3.98	2.99	89.56	38.81	1164.33	1.62
Mayo	31	0.75	3.44	2.58	79.93	33.52	1039.13	1.40
Junio	30	0.72	3.10	2.23	67.00	29.03	870.97	1.21
Julio	31	0.72	3.26	2.34	72.69	30.48	945.03	1.27
Agosto	31	0.72	3.80	2.74	84.80	35.56	1102.45	1.48
Septiembre	30	0.72	4.41	3.17	95.18	41.24	1237.30	1.72
Octubre	31	0.72	4.95	3.56	110.46	46.32	1435.96	1.93
Noviembre	30	0.75	5.22	3.91	117.41	50.88	1526.38	2.12
Diciembre	31	0.75	5.16	3.87	119.96	50.31	1559.49	2.10

Nota: cálculos estimados, elaboración propia

**Tabla 15. ETR de cada mes de Palta**



Nota: cálculos estimados, elaboración propia

### 4.3.2. Diseño agronómico

Datos de riego por goteo

<i>ET<sub>o</sub></i>	5.22 mm/día
Área Bruta	1.3 Has
Área Neta	1.07 Has

SUELO (FRANCO ARCILLOSO)	
<i>CC</i>	22.9 %
<i>PMP</i>	11.9 %
<i>Pea</i>	1.44 gr/cm <sup>3</sup>
<i>lb</i>	12.5 mm/h

Caudal Emisor
$Q_e = 26 \text{ l/h}$

DATOS- CULTIVO	
Distancia Laterales	3 m
Distancia Emisores	
<i>Kc</i> (Palta)	2 m
<i>PA</i>	
<i>Zr</i> (Palta)	0.75
	30 %
	0.5 m

Eficiencia	90 %
Horas Máximas de Riego	4 horas
Intervalo de Riego	1 días
Días de Paro	0 días

El diseño agronómico se realiza por medio de las ecuaciones establecidas por Avidan A. (1994), Determinación del régimen de riego de los cultivos. Fascículo 3. Cálculo de las Necesidades de riego. Ministerio de Agricultura de Israel.

Lámina de agua disponible a una profundidad radicular efectiva (**LD<sub>zr</sub>**)

$$LD_{zr} = 10(CC - PMP) Pea * Zr = mm/zr \quad (4.3.2)$$

$$LD_{zr} = (22.9 - 11.9) * 1.44 * 0.5 * 10$$

$$LD_{zr} = 79.2 \text{ mm/zr}$$

Donde:

*CC*: Capacidad de campo (%)

*PMP*: Punto de marchitez permanente (%)

*Pea*: Peso específico

*zr*: Profundidad radicular (*m*)

Volumen de agua disponible a una profundidad radicular efectiva (**VD<sub>zr</sub>**)

$$VD_{zr} = LD_{zr} * 10 = m^3/ha/zr \quad (4.3.3)$$

$$VD_{zr} = 79.2 * 10$$

$$VD_{zr} = 792 \text{ m}^3/ha/zr$$

Lámina de agua aprovechable a una profundidad de agua radicular efectiva (**LA<sub>zr</sub>**)

$$LA_{zr} = LD_{zr} * (100Pa) = mm/zr \quad (4.3.4)$$

$$LA_{zr} = 79.2 * (30/100)$$

$$LA_{zr} = 23.76 \text{ mm/zr}$$

**NOTA:** *Pa* = 30 % Según bibliografía



**Tabla 16. Porcentaje de agua aprovechable**

Máximo Porcentaje de agua aprovechable sugeridos de acuerdo a Eto y al cultivo Referencial		
Valor de Pa (%)	Eto	
Tipo de Cultivo.	< 4 mm/día	> 4 mm/día
Hortalizas.	25% - 40 %	15% - 25 %
Frutales, palma.	30% - 40 %	20% - 30 %
Pasto.	40% - 60 %	30% - 40 %

Fuente: tomada del manual Aqua

### CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL PATRÓN DE HUMEDAD

Se tiene diferentes tipos según el uso correcto:

Una gran huella de riego nos ayuda al rápido desarrollo de la planta.

Una huella mediana, se usa en terrenos pesados, aun así, la vegetación tiende a amoldarse a la intensidad de riego.

Una huella pequeña, es bueno para restringir en la salida de hierva mala, además de que ayuda al traslado de maquinaria u otros equipos de cultivo, una desventaja de estos goteros es que el viento influye en la neblina de riego.

Superficie de Plantación (**SP**)

$$SP = dh * dp = m^2 \quad (4.3.5)$$

$$SP = 3 * 2$$

$$SP = 6 m^2$$

Donde:

*dh*: Distancia entre hileras (*m*)

*dp*: Distancia entre planta (*m*)

Porcentaje de área bajo riego (**Par**)

- Riego por goteo.

$$db = \sqrt{(qe)/(0.785 \times lb)} = m \quad (4.3.6)$$

$$Par = \frac{\pi \frac{db^2}{4}}{dp \times dl} * 100 = \%$$

Donde:

$db$ : diámetro del bulbo ( $m$ )

$qe$ : Caudal del emisor ( $l/h$ ). Catálogo del fabricante

$dl$ : distancia entre laterales contiguos ( $m$ ).

$$db = \frac{\sqrt{26}}{0.785 \times 12.5}$$

$$db = 1.63 \text{ m}$$

$$Par = \frac{\pi \frac{1.63^2}{4}}{2 \times 3} * 100$$

$$Par = 34.78 \%$$

Comprobación: El Par debe de estar en el rango del 30% - 70%.

Precipitación horaria de riego (**Phr**)

$$Phr = qe \frac{\left(\frac{l}{h}\right)}{de} * dl * Par * 100 = \frac{mm}{h} \quad (4.3.7)$$

$$Phr = \frac{26}{(2 \times 3 \times 34.78)} * 100$$

$$Phr = 12.46 \text{ mm}$$

Intervalo de riego (***Ir***)

$$Ir = \frac{(LAzr * PAR)}{ETo * 100} = \text{días} \quad (4.3.8)$$

$$Ir = \frac{(23.76 * 34.78)}{5.2 * 100}$$

$$Ir = 1.59$$

$$Ir \text{ ajuste} = 1 \text{ día}$$

**NOTA:** La cantidad de riego alcanzado hasta 1.6 días, se coloca 1 día y por encima en el palto normalmente puede ser suministrado por grandes cantidades de agua, con la condición de no tener frutos pequeños.

Lamina de riego ajustado (***Lr aj***)

$$Lr (aj) = \frac{(Ir aj * Etc)}{(PAR)} * 100 = mm \quad (4.3.9)$$

$$Lr (aj) = \frac{(1 * 3.9)}{34.78} * 100$$

$$Lr (aj) = 11.22 mm$$

$$\text{Comprobación: } LR aj \leq LAzr$$

$$\text{Comprobación: } 11.22 \leq 23.76$$

Donde:

*Ir aj* : Intervalo de riego (días).

*Etc*: Evapotranspiración del cultivo (*mm/día*)

Ciclo de riego (***Cr***)

$$Cr = Ir aj - Dp \quad (4.3.10)$$

$$Cr = 1 - 0$$

$$Cr = 1 \text{ días}$$

Donde:

*Dp* : días de paro

% Agua ajustada (**Pa aj**)

$$Pa\ aj = \frac{Ir\ aj}{LAzr} * 100 \quad (4.3.11)$$

$$Pa\ aj = \frac{1}{23.76 * 100}$$

$$Pa\ aj = 4.21\ %$$

Lamina bruta (**LB**)

$$LB = \frac{Lr\ aj}{Efic.\ Del\ Sistema} * 100 = mm \quad (4.3.12)$$

$$LB = \frac{11.22}{90} * 100$$

$$LB = 12.47\ mm \approx 12.5\ mm$$

Dosis bruta (**DB**)

$$DB = \frac{(LB\ X\ PAR)}{10} \quad (4.3.13)$$

$$DB = \frac{(12.47\ X\ 34.78)}{10}$$

$$DB = 43.37\ \frac{m^3}{ha}$$

Horas de riego por turno (**HT**)

$$HT = LB / Phr \quad (4.3.14)$$

$$HT = 12.47 / 12.5$$

$$HT = 0.99\ Horas / turno \approx 1\ hora / turno$$

Donde: LB: Lamina bruta (mm)

Phr: Precipitación horaria de riego (mm/h)

Turno de riego por día (**Td**) (4.3.15)

$$Td = H \text{ máx.} / Ht$$

$$Td = \frac{4}{1}$$

$$Td = 4 \text{ turnos / día}$$

Comprobación: Máximo número de turnos de riego diario ajustado

$$Td \text{ aj} = \text{ENTERO (turnos/día)}.$$

$$Td \text{ aj} = 4 \text{ turnos / día}$$

Donde:

*H máx.*: Horas máxima de Operación (*horas*)

*Ht*: Horas de riego por turno: (*horas/turno*)

Horas de riego por día (**Hd**)

$$Hd = Td \text{ aj} \times Ht \quad (4.3.16)$$

$$Hd = 4 * 1$$

$$Hd = 4 \text{ horas / ciclo}$$

$$Hd \text{ aj} = 4 \text{ horas / ciclo}$$

Horas de riego por ciclo (**Hc**)

$$Hc = Cr \times Hd \text{ aj} \quad (4.3.17)$$

$$Hc = 1 * 4$$

$$Hc = 4 \text{ horas / ciclo}$$

# Turnos por ciclo (**Tc**) (4.3.18)

$$Tc = Cr \times Td \text{ aj} = 1 * 4$$

$$Tc = 4 \text{ turnos / ciclo}$$

Superficie bajo riego por turno (**St**)

$$St = Sr / Tc \quad (4.3.19)$$

$$St = \frac{1.07}{4}$$

$$St = 0.27 \text{ horas / turno}$$

Donde:

Sr: Superficie real (ha)

Dosis de riego bruta por turno (**DBt**)

$$DBt = St * DB \quad (4.3.20)$$

$$DBt = 0.27 * 43.37$$

$$DBt = 11.7 \frac{m^3}{\text{turno}}$$

Caudal requerido (**Qr**)

$$Qr = DBt / Ht \quad (4.3.21)$$

$$Qr = 11.7 / 1$$

$$Qr = 11.7 \frac{m^3}{h}$$

Volumen Bruto por Ciclo de Riego (**VBC**)

$$VBC = DBt * Tc$$

$$VBC = 11.7 * 4 \quad (4.3.22)$$

$$VBC = 46.8 \frac{m^3}{ciclo}$$

**NOTA:** Al tener 46.8  $\frac{m^3}{ciclo}$  de volumen bruto, se utilizará un tanque de agua con la capacidad de 5000 litros para cumplir con el diseño del riego tecnificado (anexo 7)

Caudal específico (**Qe**)

$$Qe = Qr / A \text{ bruta} = \frac{m^3/h}{has} * 0.2777 = lt/seg \quad (4.3.23)$$

$$Qe = 11.7 / 1.3$$

$$Qe = 9 * 0.2777$$

$$Qe = 2.5 \text{ lt / seg}$$

#### 4.3.3. Diseño físico de la parcela

Datos	
SN	1.07 Has
Tc	4 turnos / ciclo
Caudal emisor (Qe)	26 l / h
Distancia Lateral (dl)	3 m
Distancia emisor (de)	2 m

Superficie neta máxima (**Snm**) (4.3.24)

$$Snm = Sr / Tc$$

$$Snm = 1.07 / 4$$

$$Snm = 0.27 \text{ ha / turno}$$

Donde:

$Sr$ : Superficie neta del riego ( $ha$ )

Caudal de válvula escogida ( $Q$ ) (4.3.25)

$$Q = 50 \frac{m^3}{h}$$

Razón

3pulgadas ( $40 - 60 \frac{m^3}{h}$ )

**NOTA:** Esta es la válvula de paso, para los 4 módulos

Precipitación horaria de riego de diseño ( **$Phrd$** )

$$Phrd = (Qe / de \times dl) * 10 \quad (4.3.26)$$

$$Phrd = (26 / 2 \times 3) * 10$$

$$Phrd = 43.33 \frac{m^3}{h/ha}$$

Donde:  $qe$ , es caudal emisor

Superficie real del módulo ( $Srm$ )

$$Srm = Q \text{ val} / Phrd \quad (4.3.27)$$

$$Srm = 50 / 43.33$$

$$Srm = 1.15 \text{ ha}$$

Donde:

$Q \text{ val}$ : Caudal de la válvula. ( $m^3/h$ ). Tabla

$Phrd$ : Precipitación horaria de riego ( $mm$ )



# módulos en funcionamiento simultaneo (***Nmfs***)

$$Nmfs = S_{nm} / S_{rm} \quad (4.3.28)$$

$$Nmfs = 0.27 / 1.15$$

$$Nmfs = 0.23 \text{ módulos}$$

NOTA: El número de ser entero, así que redondeamos

$$Nmfs = 0 \text{ modulo}$$

Superficie real del módulo corregido (***Srmc***)

$$Srmc = S_{nm} / Nmfs \quad (4.3.29)$$

$$Srmc = 0.27 / 0$$

$$Srmc = 0.00 \text{ ha}$$

NOTA: El programa lo redondeo a cero

# total de módulos en funcionamiento (***Ntm***)

$$Ntm = S_r / S_{rmc} \quad (4.3.30)$$

$$Ntm = \frac{1.07}{0.27}$$

$$Ntm = 3.963 \text{ módulos}$$

$$Ntm = 4 \text{ módulos}$$

NOTA: El programa da resultado 0, ya que  $S_{rmc} = 0$

Caudal del módulo (***Qm***)

(4.3.31)

$$Qm = S_{rmc} \times Phrd$$

$$Qm = 0.27 \times 43.33$$

$$Qm = 11.69 \frac{m^3}{h}$$

**NOTA:** este es el caudal recomendado para el total del predio de 1.07 ha

# real de módulos en funcionamiento (*Nrmfs*)

$$Nrmfs = Ntm / Tc \quad (4.3.32)$$

$$Nrmfs = 4 / 4$$

$$Nrmfs = 1$$

**NOTA:** Comprobación porque es un numero entero

#### 4.3.4. Tolerancia de presiones

Datos según fabricante

Datos de emisor

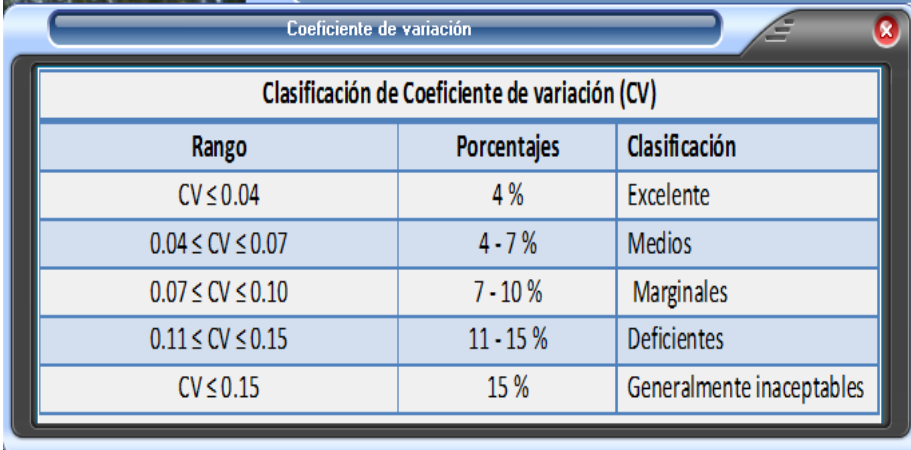
	Presión ( <i>Bar</i> )	Caudal ( <i>l/h</i> )
Menor	1	18
Uso	2	27
Mayor	3.45	36

Clasificación coeficiente de variación (*Cv*)

4 %	Excelente
4.7 %	Medio
7-10 %	Marginal

11-15 %	Deficiente

**Tabla 17. Clasificación de Coeficiente de Variación (CV)**



Clasificación de Coeficiente de variación (CV)		
Rango	Porcentajes	Clasificación
$CV \leq 0.04$	4 %	Excelente
$0.04 \leq CV \leq 0.07$	4 - 7 %	Medios
$0.07 \leq CV \leq 0.10$	7 - 10 %	Marginales
$0.11 \leq CV \leq 0.15$	11 - 15 %	Deficientes
$CV \leq 0.15$	15 %	Generalmente inaceptables

Fuente: tomada del manual Aqua

Según bibliografía son razonables

Variaciones de hasta 10 % en presiones y hasta 20 % en caudales

Los factores  $x$  (exponente descarga) y  $K$  (coeficiente descarga) no son dados por el fabricante por lo que difieren del software

$$K = q1 / h1^x \quad (4.3.33)$$

$$K = 27 / 2^{0.56}$$

$$K = 18.31 \text{ l / s}$$

Donde:

$Q1$ : Caudal mayor emisor

$H1$ : Presión del emisor

$X$ : Exponente emisor

**NOTA:** Concuerdo con la gráfica Caudal & Presión

Exponente descarga ( $X$ )

$X = 0.56$  (Catalogo)

Coefficiente de descarga ( $K$ )

$K = 18.31$  (Catalogo)

Caudal del emisor ( $Q$ )

$$Q = K * h^x \quad (4.3.34)$$

$$Q = 18.31 * 2^{0.56}$$

$$Q = 26.9 \text{ l / h}$$

Donde:

$h$ : presión de trabajo ( $Bar$ )

**NOTA:** Como ambos valores de " $X$  y  $K$ " son dados por el fabricante, algunos valores de tolerancia varían en relación al software

Caudal mínimo del emisor en un módulo de riego ( **$Qns$** )

$$Qns = 90 \% Qa / 100 \% (1 - 1.27 * Cv / \sqrt{e}) \quad (4.3.35)$$

$$Qns = (0.9 * 27) / 1 x (1 - 1.27 * 0.07 / \sqrt{14})$$

$$Qns = 25.61 \text{ l / h}$$

Donde:

$Cv$ : Coeficiente variación emisor (7%)

$e$ : # emisoras \* planta (14 emisoras \* árbol)

$Qa$ : Caudal medio emisor

$$\therefore 26 \text{ l/h} \times 10 \% = 2.6 \text{ l/h}$$

$$26 - 2.6 = 23.4 \text{ l/h}$$

$$27 \text{ l/h} > 25.61 \text{ l/h} > 23.4 \text{ l/h}$$

**NOTA:** La misma solución en presiones

$$2 \text{ bar} \times 20 \% = 0.4 \text{ bar}$$

$$2 \text{ bar (presión de trabajo)} > 1.6 \text{ bar (presión mínima al 20 \%)}$$

También se puede resolver de esta manera:

$$Q = k \times h^x \tag{4.3.36}$$

$$h = \sqrt[x]{\frac{q_{min}}{k}}$$

$$h = \sqrt[0.56]{25.61/18.31}$$

$$h = 1.82 \text{ bar o } 18.56 \text{ m. c. a}$$

$$2 \text{ bar (presión de trabajo)}$$

$$1.6 \text{ bar (presión al 10 \%)}$$

$$1.82 \text{ bar (presión mínima de trabajo)}$$

**$\Delta H_m$**  Máxima presión, permite el modulo

$$\Delta H_m = 2.5 (h_o - h_{ns}) = 2.5 * (20.4 - 18.56) \tag{4.3.37}$$

$$\Delta H_m = 4.6 \text{ m. c. a}$$

**$\Delta H_l$**  presión de la lateral

$$\Delta H_l = \frac{1}{2} (\Delta H_m) = 4.6/2 \tag{4.3.38}$$

$$\Delta H_l = 2.3 \text{ m. c. a}$$

#### 4.3.5. Diseño de la lateral (Darcy Weisbach)

Criterio: Hay que seleccionar una tubería donde el radio nos dé como resultado una alta variación de presión, así los resultados hidráulicos en estas tuberías son de varias salidas, de este modo el caudal obtenido es distinto entre tramo y tramo..

Datos	
Longitud lateral	50 m
Espaciamiento entre emisore	2 m
Caudal emisor	26 l / h
Diámetro externo	16 mm
Diámetro interno	13.7 mm
Presión de operación(ha)	20.4 m. c. a
Variación de carga permitida(hm)	4.6 m. c. a
Elevados	0.2 m
Desnivel (z)	0 m

Numero de emisores ( $N^{\circ}e$ )

$$N^{\circ}e = Ll / de \quad (4.3.39)$$

$$N^{\circ}e = 50 / 2$$

$$N^{\circ}e = 25 \text{ emisores}$$

Donde:

$de$ : distancia emisores

$Ll$ : longitud lateral

Longitud real de la lateral ( $Lr \text{ lat}$ )

$$Lr \text{ lat} = (N^{\circ}e * de) - de/2 \quad (4.3.40)$$

$$Lr\ lat = (25 * 2) - 2/2$$

$$Lr\ lat = 50\ m \approx 49\ m$$

Caudal de la lateral (***Q lat***)

$$Q\ lat = N^{\circ}\ emisores\ x\ qe \quad (4.3.41)$$

$$Q\ lat = 25 * 26$$

$$Q\ lat = 650\ l/h = 0.65\ m^3/h$$

Número de Reynolds (***IRE***)

$$IRE = (352.64) x Q\ lat / Di \quad (4.3.42)$$

$$IRE = 352.64 x 0.65 / 0.0137$$

$$IRE = 16731.09$$

NOTA: flujo turbulento

Ecuación de Blasius para Régimen Turbulento (***J***)

$$J = 0.473 x (Di)^{-4.75} x (Q\ tal)^{1.75} \quad (4.3.43)$$

$$J = 0.473 x (13.7)^{-4.45} x (650)^{1.75}$$

$$J = 0.1578 \approx 0.158$$

Donde:

*Q lat*: Caudal de la lateral (*m<sup>3</sup>/h*)

*Di*: Diámetro Interno (*mm*)

Perdidas de cargo Darcy Weisbach (***Hfl***)

$$Hfl = J * Lr\ lat * FC \quad (4.3.44)$$

$$Hfl = 0.16 * 49 * 0.384$$

$$Hfl = 3.27\ m.c.a$$

Donde:

$J$ : Gradiente hidráulico ( $m/m$ )

$L_r$  Lat: Longitud de la lateral ( $m$ )

$F.C$ : Factor de Christiansen. (Tabla)

Diagrama de presiones

$$h_e = h_a + \frac{3}{4} (H_f \text{ lat.}) + \Delta \text{elevador} \pm (\Delta z / 2) = m.c.a. \quad (4.3.45)$$

$$h_e = 20.4 + \frac{3}{4} (3.27) + 0.20$$

$$h_e = 23.05 \text{ m.c.a}$$

$$h_d = h_a - \frac{1}{4} (H_f \text{ lat.}) + \Delta \text{elevador} \pm (\Delta z / 2) = m.c.a.$$

$$h_d = 20.4 - \frac{1}{4} (3.27) + 0.25$$

$$h_d = 19.78 \text{ m.c.a}$$

Donde:

$h_e$ : presión inicial en lateral

$h_a$  : presión emisor

$h_d$ : presión final lateral

Comprobación de presiones

$$H_{fl} = h_e - h_d \quad \Delta H_l > \Delta f_l$$

$$3.27 = 23.05 - 19.78 \quad 4.6 > 3.27$$

$$3.27 = 3.27$$

#### 4.3.6. Diseño de terciaria

Al realizar el cálculo de estas tuberías hay que poner atención a los módulos no rectangulares y aquellos que tienen un desnivel.

Luego de ello escogemos el módulo más crítico para evitar temas de pérdidas de carga. Como en nuestros cálculos las pérdidas de carga no son muy elevadas debido a que los desniveles son hacia abajo, ósea que ganamos presión en vez de perderla.



Datos	
Longitud terciaria	36 m
Espacio lateral	3 m
Caudal lateral	650 l / h
Desnivel	0m
Hfl	3.27 m. c. a
Variación de carga permitida	4.6 m. c. a
he lat	23.05 m. c. a
Elevador	0 m

Modulo rectangular diámetro constante

Nº laterales (**NL**)

(4.3.46)

$N_{lat} = \text{long}_{terc} / dl \times N^{\circ} \text{ lados}$

$N_{lat} = 36 / 3 \times 1$

$N_{lat} = 12 \text{ laterales}$

**NOTA:** 12 Laterales suficientes para un solo predio

Donde:

*Long. terc*: Longitud de la terciaria (m)

*dl*: espaciamiento entre laterales (m)

Longitud real terc (**Lrt**)

$Lrt = (Nl \times dl) - dl / 2$

(4.3.47)

$Lrt = (6 \times 3) - 3/2$

$Lrt = 16.5 \text{ m}$

Caudal de la tubería terciaria (***Q<sub>terc</sub>***)

$$Q_{terc} = N^{\circ} lat \times Q_{lat} \quad (4.3.48)$$

$$Q_{terc} = 12 \times 0.65 \text{ m}^3 / h$$

$$Q_{terc} = 7.8 \text{ m}^3 / h$$

**NOTA:** En el software AQUA, muestra  $15.6 \text{ m}^3 / h$  ya que posee mínimo 2 predios.

Caudal del módulo (***Q<sub>t</sub>***)

$$Q_t = 7.8 \times 2 \quad (4.3.49)$$

$$Q_t = 15.6 \text{ m}^3 / h$$

**NOTA:** Serian 2 parcelas que se regarán en 4 horas, nosotros usaremos  $7.8 \text{ m}^3 / h$  que serán regados en 2 horas y luego el otro predio.

Factor Christiansen # Salidas (***Tabla***)

$$F_{ch} = 0.385 \quad \# \text{ de salidas } 12.$$

Tolerancia de presiones Terciaria (***ΔHT***)

$$\Delta HT = \Delta Hm - h_{fl} \quad (4.3.50)$$

$$\Delta HT = 4.6 - 3.27$$

$$\Delta HT = 1.33 \text{ m. c. a}$$

Diámetro interno (***D<sub>int</sub>***)

$$D_{int} = (1.131 * 10^9 * (Q_{terc} / c)^{1.75} * Lr_{terc} * (F_{ch} / \Delta HT))^{1/4.782} \quad (4.3.51)$$

$$D_{int} = (1.131 * 10^9 * \left(\frac{7.8}{146}\right)^{1.75} * 16.5 * (0.385 / 1.33))^{1/4.782}$$

$$D_{int} = 37.12 \text{ mm}$$

**NOTA:** Este valor lo sometemos al criterio de que en las tuberías debe haber una relación de fluido de 0.5 a 1.5 m / s para evitar sedimentos y vibración por ruido

- Tomamos el mayor valor de  $D_{int} = 52.52$  mm este valor según Catalogo, pero para uso comercial  $\emptyset$  tendríamos el de  $D_{int} = 55.4$  mm de máximo 11 bares.

Perdidas de cargo de la terciaria (***hft***)

$$hft = 1.131 \times 10^9 \times (Q_{terc} / c)^{1.75} \times Lr_{terc} \times D_{int}^{-4.782} \quad (4.3.52)$$

$$hft = 1.31 \times 10^9 \times (7.8 / 146)^{1.75} \times 33 \times 55.4^{-4.782}$$

$$hft = 1.01 \text{ m.c.a}$$

por ser toda la tubería

Diagrama de presión

$$He_{terc} = he_{lat} + 3 / 4 Hf_{terc} \pm \Delta Z / 2 \quad (4.3.53)$$

$$He_{terc} = 23.05 + (3 / 4 * 1.01)$$

$$He_{terc} = 23.81$$

$$Hd_{terc} = he_{lat} - (1 / 4 \times Hf_{terc}) \pm \Delta Z / 2$$

$$Hd_{terc} = 23.05 - (1 / 4 \times 1.01)$$

$$Hd_{terc} = 22.8$$

Comprobación

$$Hf_{terc} = he - hd$$

$$\Delta Hf_{terc} < Hm$$

$$1.01 = 23.81 - 22.8$$

$$1.01 < 4.6$$

$$1.01 = 1.01$$

Máxima Variación de Carga

$$H_{(m \max)} = H_e - H_d \quad (4.3.54)$$

$$H_{(m \max)} = 23.81 - 22.8$$

$$H_{(m \max)} = 1.01 \text{ m. c. a}$$

Presión en el último emisor (**H min**)

$$H_{\min} = H_{d \text{ terc}} - H_{fl} \quad (4.3.55)$$

$$H_{\min} = 22.8 - 1.01$$

$$H_{\min} = 21.79 \text{ m. c. a}$$

#### 4.3.7. Diseño de Tubería principal

Al diseñar un módulo de riego es recomendable iniciar con los emisores, la tubería terciaria, las tuberías laterales, las tuberías secundarias y por último la tubería principal.

Ahora bien hay que darse cuenta que las parcelas más complicadas son las irregulares, luego las más alejadas y por último aquellas parcelas que presentan desnivel.

Datos	
<i>H<sub>e Terc</sub></i>	23.81 m. c. a
<i>Q. Modulo</i>	15.6 m <sup>3</sup> /h
Velocidad	2 m / s
Zanja	0.5 m
Válvula	1 m. c. a
N° Tramos	4
<i>C</i> (coeficiente <i>H.W</i> )	146

Cálculo de diámetro (**D**)

$$Q: V \times A \quad Q: \frac{\pi \times d^2}{4} \times 2 \quad (4.3.56)$$

$$D \geq \sqrt{\frac{4 \times 15.6}{\pi \times 2 \times 3600}}$$

$$D \geq 0.05252 \text{ m} \approx 52.52 \text{ mm}$$

**NOTA:** utilizaremos el mismo diámetro de tubería que la terciaria

$$D \text{ int: } 55.4 \text{ mm} \approx 2 \text{ pulgadas}$$

Calculo Hf Tramo	
Tramo	Longitud (m)
0-1	5
1-2	5
2-3	9
3-4	9

$$Hf = 1.31 \times 10^9 Lr \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.75} \left(\frac{Q_{terc}}{C}\right)^{1.75} (Di)^{-4.782} \pm \Delta Z \quad (4.3.57)$$

*C*: Coef Hw (150)

*Lr*: Long tramo

$D_i: \emptyset \text{ int (mm)}$

$$Hf = 0 - 1 = 1.31 * 10^9 * \left(\frac{15.6}{146}\right)^{1.75} * 5 * 55.4^{-4.872} = 0.3617$$

$$Hf = 1 - 2 = 1.31 * 10^9 * \left(\frac{15.6}{146}\right)^{1.75} * 5 * 55.4^{-4.872} = 0.3617$$

$$Hf = 2 - 3 = 1.31 * 10^9 * \left(\frac{15.6}{146}\right)^{1.75} * 9 * 55.4^{-4.872} = 0.6511$$

$$Hf = 3 - 4 = 1.31 * 10^9 * \left(\frac{15.6}{146}\right)^{1.75} * 9 * 55.4^{-4.872} = 0.6511$$

$$\text{Total} = 23.81 + 2.02 = 25.83 \text{ m. c. a}$$

### **Resultados obtenidos**

$\emptyset \text{ Comercial } D: 55.4 \text{ mm}$

$\text{Esp: } 2.3 \text{ mm}$

$\text{Presión de Operación: } 20.4 \text{ m. c. a}$

$Q : 15.6 \text{ m}^3 / \text{h}$

### **4.3.8. Cálculo de Potencia de Bombeo**

Para finalizar, se obtiene la potencia de la bomba con los datos ya obtenidos del caudal y la altura total de los *m. c. a.*, usando la fórmula de la potencia.

Donde:

$H$ : Perdidas en cabezal

*efi*: Eficiencia 80 % en motor eléctrico

$$Pot: \frac{(Q \times 1.2) \times H}{270 \times efi/100} \quad (4.3.58)$$

$$Pot: \frac{(15.6 \times 1.2) \times 27}{270 \times 0.8}$$

**NOTA:** Esta es la necesidad mínima de potencia, se debe incrementar un 20 %.

$$Pot: 2.34$$

$$Pot: 2.34 * 1.20$$

$$Pot: 2.8 \text{ hp}$$

$$Pot: 3 \text{ HP}$$

## CAPÍTULO V

### SIMULACIONES Y RESULTADOS

En este capítulo se tratará sobre el desarrollo de funcionamiento del Sistema de riego tecnificado, cumpliendo los procesos del diseño realizado, para que se logre se ha de utilizar los datos obtenidos del diseño realizado en diferentes softwares, también se presentan los costos de materiales que se emplean, costos de la fabricación y costos de elementos según norma estándar.

#### 5.1. Simulación en el software AQUA

##### (DISEÑO AGRONÓMICO)

La manera de obtener datos diferentes del Sistema de riego, para la interpretación y la necesidad de tener un software que pueda cumplir con los pasos que funciona, un Sistema de Riego de una forma detallada y clara que hace que cada uno de las etapas necesarias en el cálculo de la técnica utilizada en el riego, sean correctos y fáciles de entender, es de esta manera su sistema de procesamiento de datos y el desarrollo del software apropiado nos ayuda a la rapidez de los procesos.

##### 5.1.1. Desarrollo de la simulación del Sistema de Riego por goteo

En la figura 38, Datos de riego por goteo se muestra la información principal para el diseño, como son el *Eto* del área de cultivo, también su área de parcela y las horas propicias de riego necesarias.

The screenshot shows a software window titled "GOTEADO DATOS" with a dark background and light text. It is divided into several sections:

- DATOS DE CLIMA:** Eto: 5.2 mm/d
- DATOS DE PARCELA:** Area Bruta: 1.3 Has, Area Neta: 1.07 Has
- DATOS DE CULTIVO:** Dist. laterales: 3 m, Dist. emisores: 2 m, Kc: 0.75, PA: 30%, zr: 0.5 m
- DATOS DE SUELO:** CC: 22.9%, PMP: 11.9%, Pea: 1.44 gr/cm3, Ib: 12.5 mm/h
- SISTEMA DE RIEGO:** EFICIENCIA: 90%, Hmax Riego: 4 h, Intervalo Riego: 1 dias, Dias de paro: 0 dias

In the center, there are three buttons: "Calcular Diseño Agronomico", "Borrar", and "Salir".

On the right side, there is a legend titled "Simbologia" with the following definitions:

- Eto: Evapotranspiración
- Kc: Coeficiente de Cultivo
- PA: Porcentaje de agua aprovechable
- zr: Profundidad Radicular
- CC: Capacidad de Campo
- PMP: Punto de Marchitez Permanente
- Pea: Densidad Aparente
- Ib: Infiltración Básica
- Hmax: Horas máxima de riego
- Eficiencia: Eficiencia del Sistema

Figura 38. Datos Riego por Goteo



Aqua

Ayuda

**DISEÑO AGRONÓMICO GOTEO**

Lamina de agua disponible a una profundidad radicular efectiva (LDzr) LDzr <input type="text" value="79.20"/> mm/zr	Turno de Riego por día (Td) Td <input type="text" value="4.00"/> turno/día
Volumen de agua disponible a una profundidad radicular efectiva (VDzr) VDzr <input type="text" value="792"/> m3/ha/zr	Horas de riego por día (Hd) Hd <input type="text" value="4.00"/> horas/ciclo
Lamina de agua aprovechamiento a una profundidad radicular efectiva (LAzr) LAzr <input type="text" value="23.76"/> mm/zr	Horas de riego por ciclo (Hc) Hc <input type="text" value="4.00"/> horas/ciclo
Superficie SP <input type="text" value="6.00"/> m2	Números de turnos por ciclo (Tc) Tc <input type="text" value="4.00"/> turno/ciclo
Diámetro del bulbo húmedo (db) db <input type="text" value="1.63"/> m	Superficie bajo riego por turno (St) St <input type="text" value="0.27"/> has/turno
Porcentaje de área bajo riego (Par) Par <input type="text" value="34.67"/> % Par: 30% - 70%	Dosis de riego bruta por turno (DBt) DBt <input type="text" value="11.70"/> m3/turno
Precipitación horaria de riego (Phr) Phr <input type="text" value="12.50"/> mm	Caudal Requerido (Qr) Qr <input type="text" value="11.70"/> m3/hora
Intervalo de riego (IR) IR <input type="text" value="1.00"/> días	Volumen bruto por ciclo de riego (VBC) VBC <input type="text" value="46.8"/> m3/ciclo
Ciclo de Riego (CR) CR <input type="text" value="1.00"/> días	Caudal específico (Qe) Qe <input type="text" value="9.00"/> ltrs/s
Lamina de Riego ajustada (LR aj) Lr aj <input type="text" value="11.25"/> mm	Qe <input type="text" value="2.50"/> m3/hora/has
Porcentaje de área Ajustada (Pa aj) Pa aj <input type="text" value="4.21"/> %	
Lamina bruta (LB) LB <input type="text" value="12.50"/> mm	
Dosis bruta (DB) DB <input type="text" value="43.33"/> m3/ha	
Horas de riego por Turno (Ht) Ht <input type="text" value="1.00"/> horas/turno	

Catalogo

Caudal Emisor  lt/h

Calcular

Notas

PAR Rreferencial: 30% - 70%

Phr < lb

Lraj < LAZr

Pa aj < PaTABLA

Qe < 1 m3/hora/has

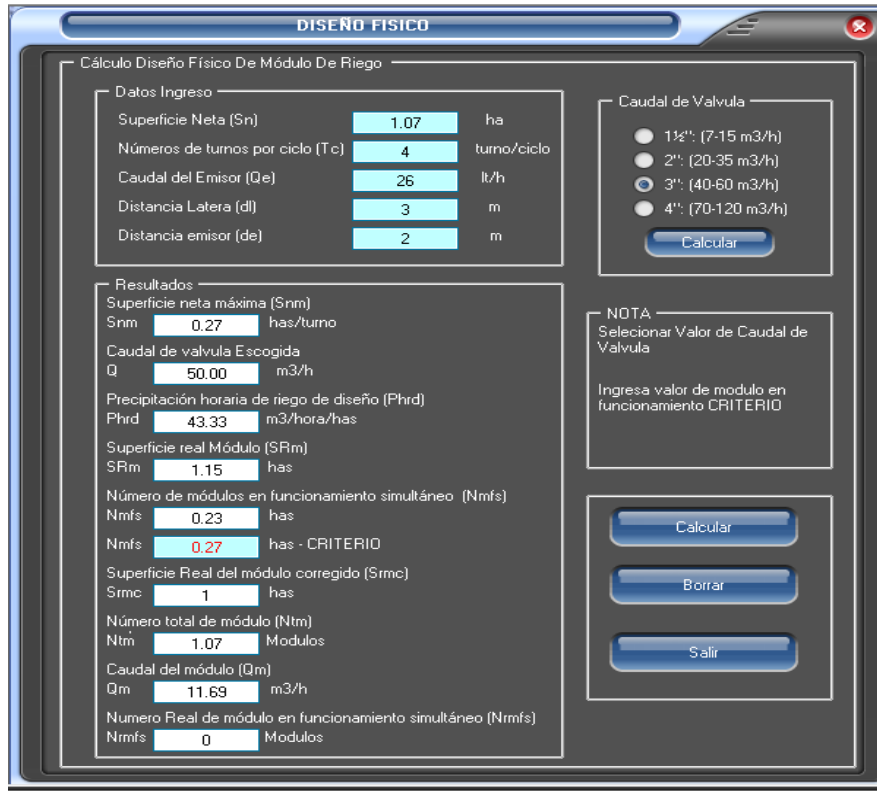
Borrar

Salir

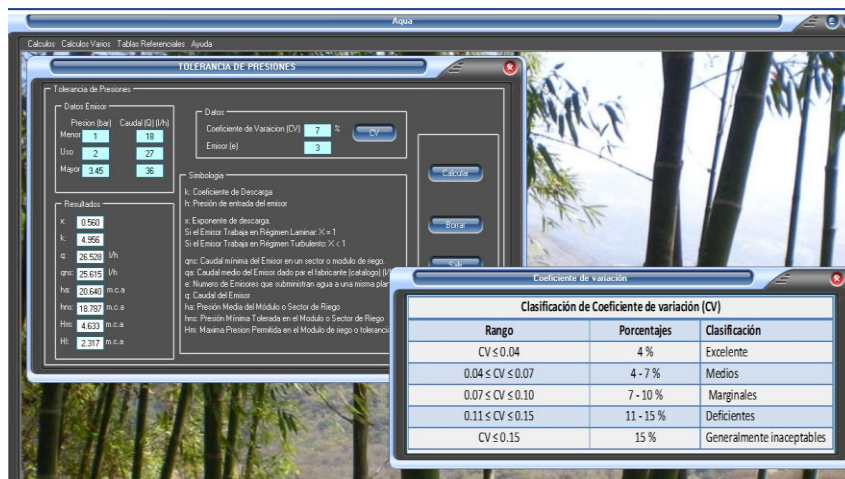
**Figura 39. Diseño Agronómico - Goteo**

En la figura 39, Diseño agronómico- goteo se puede visualizar todos los datos obtenidos en el software Aqua que poseen similitud con los calculo realizados que en fin son necesarios para poder tener el valor del caudal emisor  $26 \text{ lt/h}$  y el ciclo de riego principal, también la capacidad del tanque de agua para el volumen bruto por ciclo de riego  $46.8 \text{ m}^3/\text{ciclo}$ .



**Figura 40. Calculo Diseño Físico de Modulo de Riego**

En la figura 40, Calculo diseño físico de módulo de riego se logra obtener la cantidad de módulos para el diseño, el caudal del mismo. El caudal de la válvula.



**Figura 41. Tolerancia de presiones**

En la figura 41, Tolerancia de presiones se puede observar los resultados del software Aqua, el coeficiente de variación en comparación según tabla su clasificación y las diferentes presiones en el diseño de sus componentes.



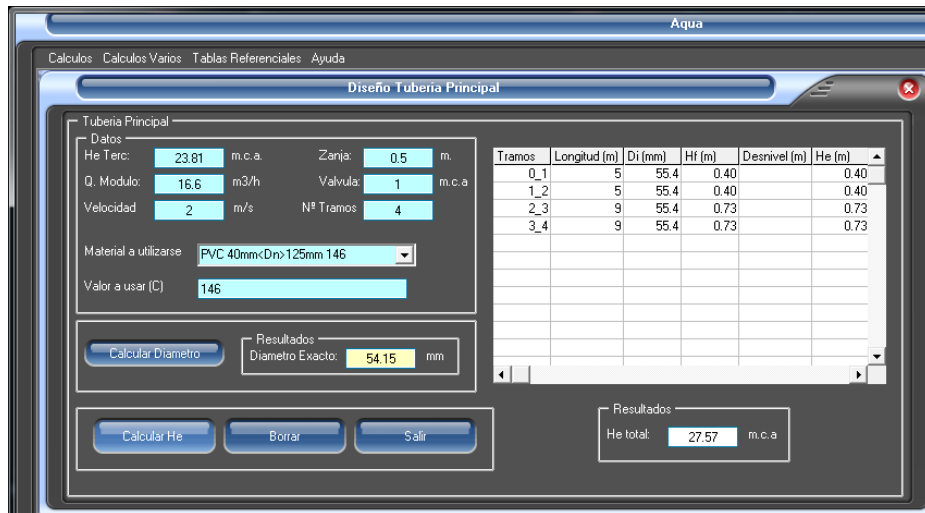
**Figura 42. Diseño Lateral (Darcy Weisbach)**

En la figura 42, Diseño lateral (Darcy Weisbach) se tiene los datos de la longitud, distancia de emisores y otros. Que con los diferentes datos de diseño se obtiene las presiones laterales con comprobación para poder obtener un diseño satisfactorio.



**Figura 43. Diseño Terciaria**

En la figura 43, Diseño terciaria se puede obtener datos necesarios de la longitud terciaria de 18.00 m total, con un caudal de 15.6 m<sup>3</sup>/h, de acuerdo a ello los diámetros correctos de la tubería para llegar a las presiones de diseño.



**Figura 44. Diseño de tubería Principal**

En la figura 44, Diseño de tubería principal siendo el inicio del diseño se basa en las demás etapas para poder seleccionar su caudal, presión y material de la tubería con sus características comerciales.

## 5.2. Simulación en software EPANET

La utilización de EPANET es para verificar los cambios hidráulicos y de características del agua en las redes de tuberías. Los puntos claves que aquí se muestran son.

### 5.2.1. Configuración del Proyecto.

Por medio de valores asignados para su configuración y la elección de LPS (litros/segundo) como las *Unidades de Caudal* y Darcy-Weisbach (D-W) como *Ecuación de Pérdidas*, da inicio al proyecto.

---

### PLANO DE LA RED

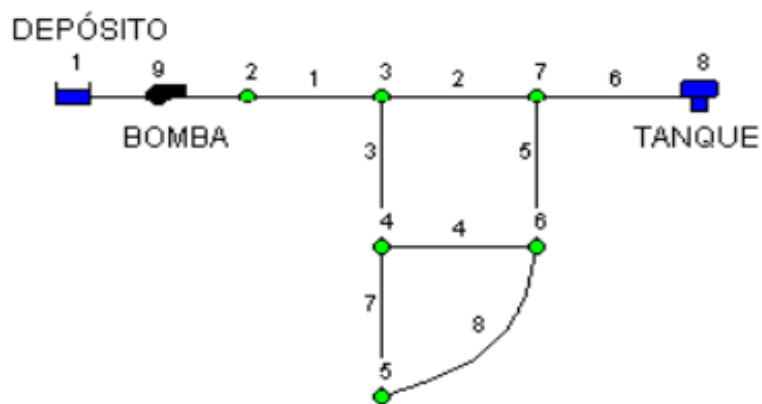
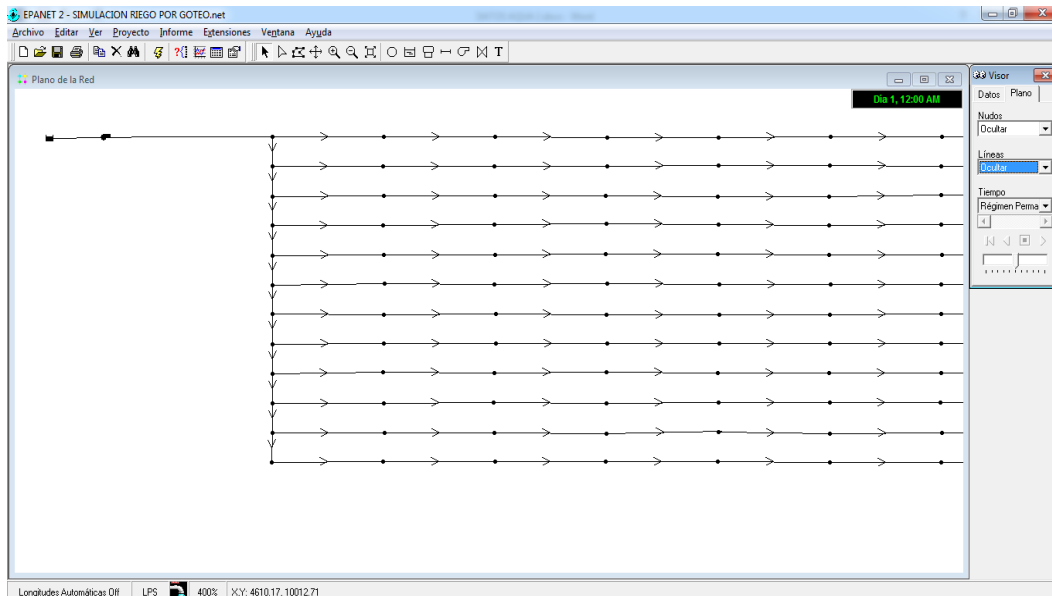


Figura 45. Plano de la Red

### 5.2.2. Construcción del Modelo de Red.

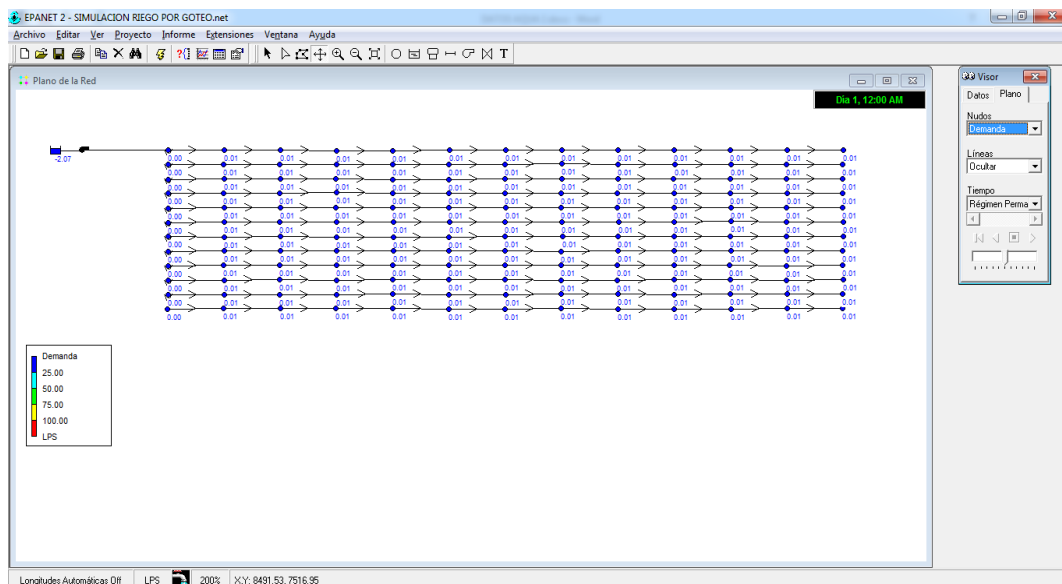
Se realizará la conexión de todos los componentes necesarios para poder tener la red de agua deseada, dentro de ello están los tanques de agua, la bomba hidráulica, líneas de tuberías, entre otros.

La conexión del circuito de red del sistema de riego tecnificado paso a paso se puede visualizar en el siguiente diseño mediante el software EPANET.



**Figura 46. Diseño en Software Epanet Etapa A**

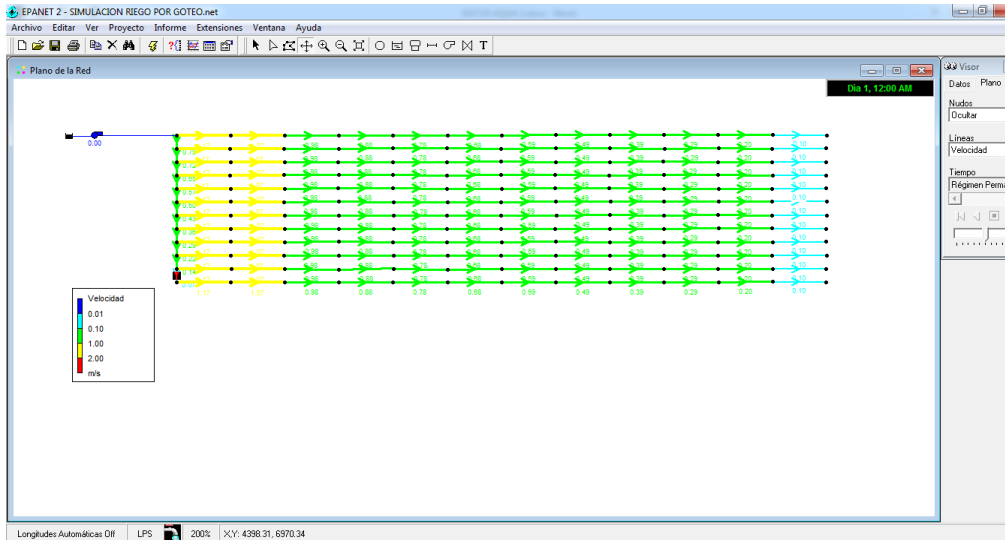
Como se muestra en la figura 46, el inicio de malla de la red en la primera etapa que tiene los componentes principales del diseño de riego tecnificado.



**Figura 47. Diseño en Software Epanet Etapa B**

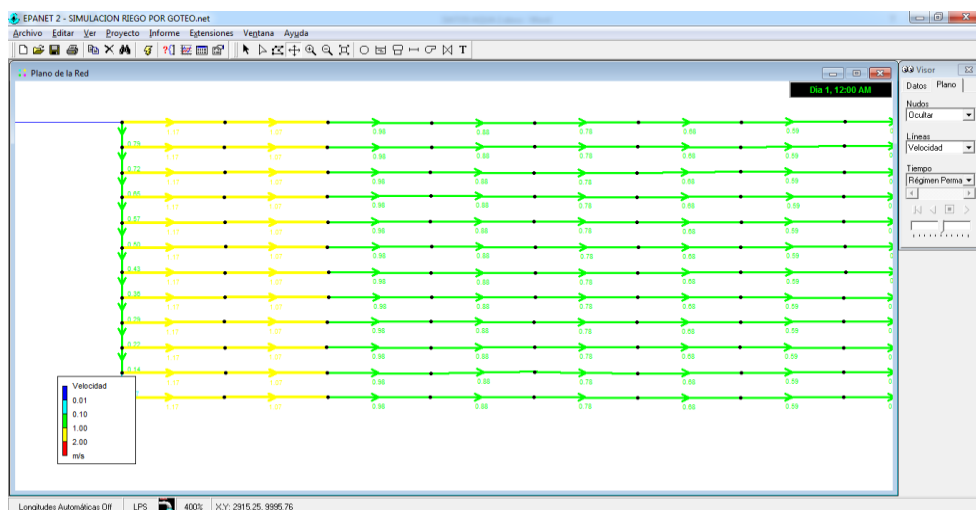
NOTA: Se visualiza la demanda hídrica tramo a tramo de toda la red la cual no supera los 25 LPS.

En la figura 47, se identifica la escala de la demanda hídrica de toda la red y como tal cumple con el diseño establecido, parámetros y tolerancias para el funcionamiento correcto, por debajo de los 25 LPS.



**Figura 48. Diseño en Software Epanet Etapa C**

Se puede ver en la figura 48, la escala de la velocidad del fluido en el diseño, en la simulación como índice no mayor a los 2 m/s que se puede tomar como valor tolerante por estar en rango de funcionamiento y dentro de los cálculos de diseño.



**Figura 49. Diseño en Software Epanet Etapa D**

En la figura 49 Se visualiza la velocidad del fluido en cada tramo, la cual se encuentra en el rango mínimo y máximo correspondiente en  $m/s$  según cálculos estimados a mayor escala de visualización.

### 5.2.3. Configuración de las Propiedades de los Objetos de la Red.

Introduzca la Altura (m) y la Demanda (l/s) de cada nudo en su campo correspondiente, en el cual nos referimos de cada componente.

Donde también se puede visualizar la curva de bomba (Altura – Caudal)

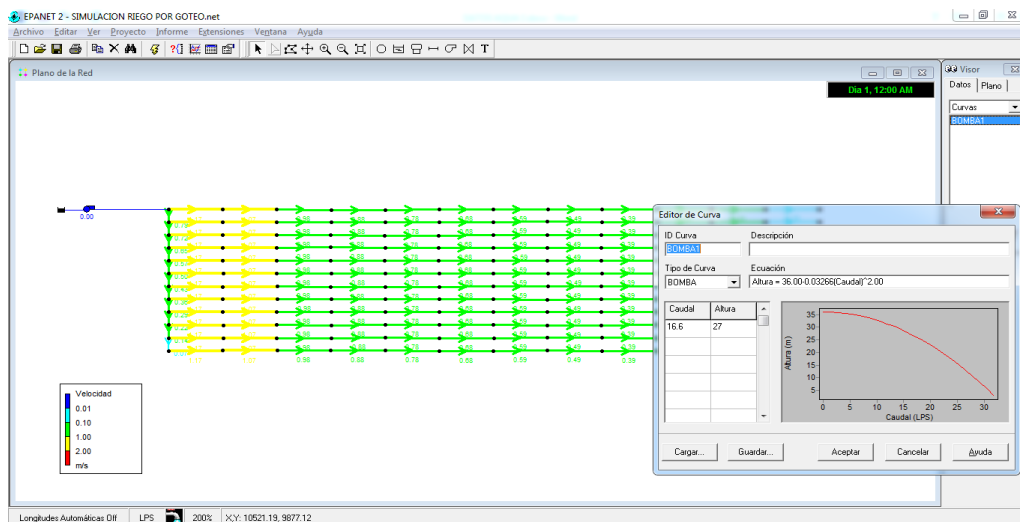


Figura 50. Diseño en Software Epanet / Curva de la Bomba



- Análisis en Régimen Permanente.

Con los elementos necesarios para realizar el análisis Hidráulico en Régimen Permanente, se puede visualizar con diferentes colores según la escala de presión que obtenga y así verificar si cumple con lo deseado el proyecto.

- Análisis de Periodo Extendido.

Usando un patrón temporal para hacer que la red sea más verídica para realizar el análisis a largo plazo, creamos un patrón temporal que consigue que la demanda en los nodos varíe por escalas a lo largo del día. Para este proyecto usaremos una variación de tiempo de muestra de diferentes minutos y horas. Esto hace que la demanda cambie durante el día.

- Simulación de Calidad del Agua.

Se puede visualizar como ver el conjunto de datos de la red dentro de una verificación de las características del líquido. La forma o manera más rápida es realizar una visualización del crecimiento de la *Edad del Agua* a través de la red y la trayectoria (tiempo), por medio de la verificación de tiempo del agua en el tanque.

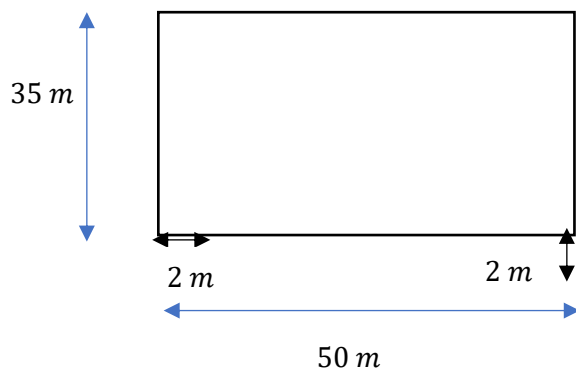
NOTA: Serian a amplios rasgos lo que comprende el Software Epanet.

#### **5.2.4. Datos obtenidos de la simulación EPANET**

*∅ laterales: 13.7 mm*

*∅ terciaria: 55.4 mm (2 pulgadas)*

*∅ principal: 55.4 mm (2 pulgadas)*



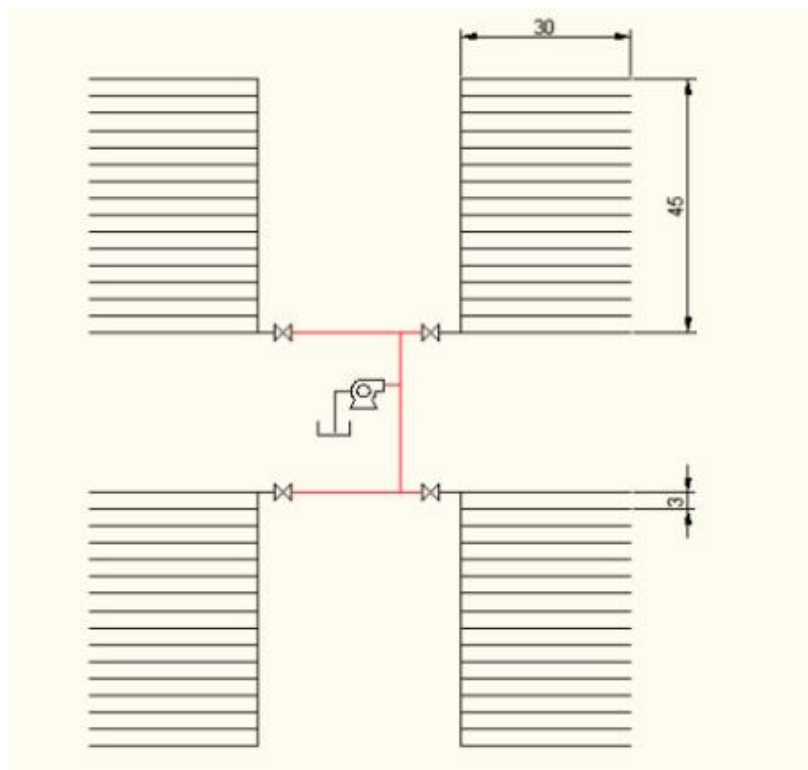
$$50 \times 35 = 1750 \text{ m}^2$$

$$1750 \text{ m}^2 = 0.17 \text{ Ha}$$

Cada emisor posee 26 L/h o cada 2 m, para cálculos didácticos en el software EPANET da la simulación con 1 emisor cada 4 m de

$$Q = 16 \text{ m}^3 = 4.72 \text{ L/s} = 283 \text{ L/min}$$

$$52 \text{ L/h} = 0.01444 \text{ L/s}$$

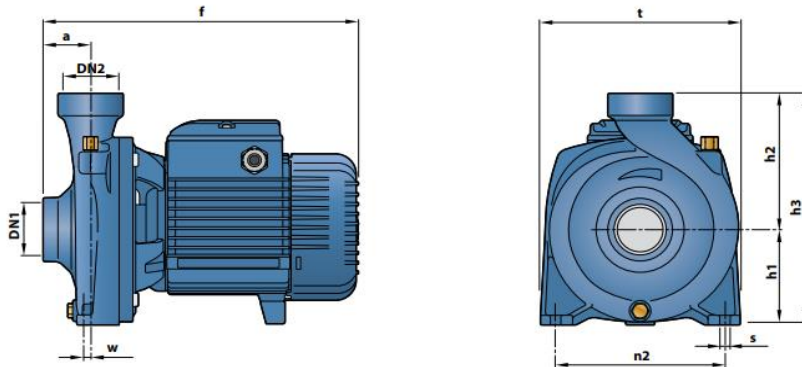


**Figura 51. Diseño de distribución de Riego por Goteo**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Dimensiones – pesos, selección de la bomba

**DIMENSIONES Y PESOS**



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm									kg			
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h1	h2	h3	t	n2	w	s	1~	3~		
HFm 50B	HF 50B	1½"	1½"	42	270	82	118	200	166	135	-8	10	8.0	8.1		
HFm 50A	HF 50A			45	303	92	133	225	190	160	2		8.9	8.2		
HFm 51B	HF 51B												12.9	12.7		
HFm 51A	HF 51A											13.0	13.0			
HFm 70C	HF 70C			2"	2"	48.5	373	114	155	269	216	171	12	12	18.8	20.1
HFm 70B	HF 70B						403/373	21.4	21.5							
HFm 70A	HF 70A	24.4	24.2													
HFm 5C	HF 5C	14.3	14.2													
HFm 5B	HF 5B	2"	2"	43	316	97	141	238	192	160	-68	10	14.3	14.3		
HFm 5A	HF 5A												14.6	14.7		
HFm 5BM	HF 5BM												19.2	20.3		
HFm 5AM	HF 5AM												21.6	21.6		
HFm 5ARM	HF 5ARM												22.3	21.5		
HFm 5A	HF 5A	59	386	110	150	260	208	12.5	11	19.2	20.3					
HFm 5AM	HF 5AM									21.6	21.6					
HFm 5ARM	HF 5ARM	22.3	21.5													

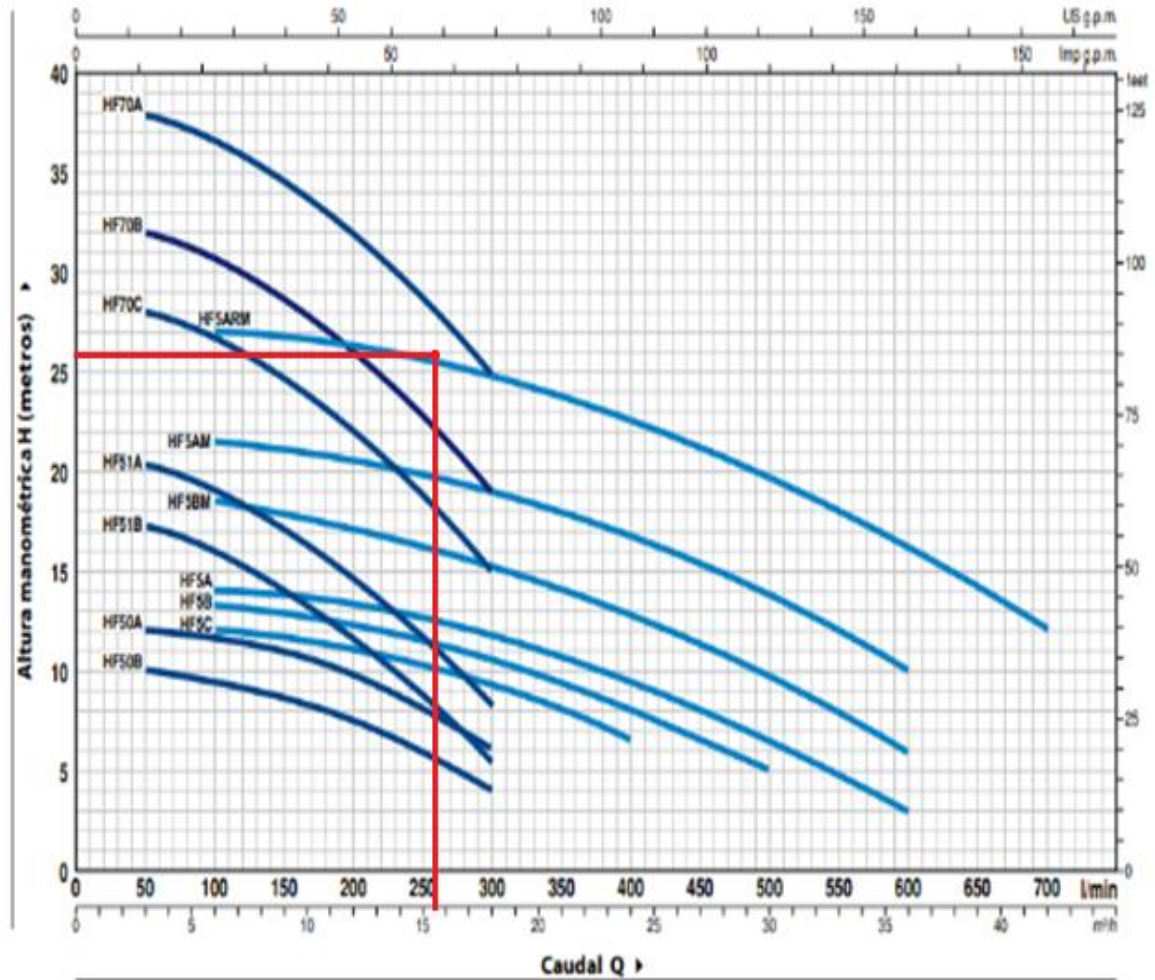
**CONSUMO EN AMPERIOS**

MODELO	TENSIÓN		
	220 V	110 V	127 V
HFm 50B	2.5 A	5.0 A	4.3 A
HFm 50A	3.9 A	7.8 A	6.8 A
HFm 51B	4.6 A	9.2 A	8.0 A
HFm 51A	5.7 A	11.4 A	9.9 A
HFm 70C	8.0 A	16.0 A	13.9 A
HFm 70B	9.0 A	18.0 A	15.6 A
HFm 70A	14.5 A	29.0 A	25.1 A
HFm 5C	4.2 A	8.4 A	7.3 A
HFm 5B	5.2 A	10.4 A	9.0 A
HFm 5A	6.5 A	13.0 A	11.3 A
HFm 5BM	7.4 A	14.8 A	12.8 A
HFm 5AM	10.2 A	20.5 A	17.7 A
HFm 5ARM	13.0 A	26.0 A	22.5 A

MODELO	TENSIÓN			
	220 V	380 V	220 V	440 V
HF 50B	1.9 A	1.1 A	2.0 A	1.2 A
HF 50A	3.3 A	1.9 A	3.5 A	2.0 A
HF 51B	4.2 A	2.4 A	3.1 A	1.8 A
HF 51A	4.4 A	2.6 A	4.2 A	2.3 A
HF 70C	5.7 A	3.3 A	4.5 A	2.6 A
HF 70B	7.4 A	4.3 A	6.0 A	3.5 A
HF 70A	10.2 A	5.9 A	9.0 A	5.0 A
HF 5C	3.6 A	2.1 A	3.8 A	2.2 A
HF 5B	4.0 A	2.3 A	3.1 A	1.8 A
HF 5A	5.7 A	3.3 A	4.5 A	2.6 A
HF 5BM	5.9 A	3.4 A	4.8 A	2.8 A
HF 5AM	9.6 A	5.6 A	6.0 A	3.4 A
HF 5ARM	10.0 A	5.8 A	7.5 A	4.3 A

**CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES**

60 Hz n= 3450 min<sup>-1</sup> HS= 0 m



**Figura 52. Curvas y datos prestacionales (bombas Pedrollo)**

Fuente: Catálogo general Pedrollo, 2021

Tabla 19. Datos de selección de la bomba

MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		▲	Q	H metros													
Monofásica	Trifásica	kW	HP			m <sup>3</sup> /h	0	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	42	
					l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700		
HFm 50B	HF 50B	0.37	0.50		H metros	10	10	9.5	8.5	7.5	6	4							
HFm 50A	HF 50A	0.55	0.75	IE2		12	12	11.5	11	9.6	8	6							
HFm 51B	HF 51B	0.60	0.85			18.2	17.2	16	14	11.5	9	5.4							
HFm 51A	HF 51A	0.75	1			21.2	20.2	19	17	14.5	11.6	8.4							
HFm 70C	HF 70C	1.1	1.5	IE3		29	28	26.5	24.5	22	18.5	15							
HFm 70B	HF 70B	1.5	2			33	32	30.5	28.5	26	22.5	19							
HFm 70A	HF 70A	2.2	3			39	38	36.5	34.5	32	28.5	25							
HFm 5C	HF 5C	0.55	0.75	IE2		12.5	-	12	11.7	11	10.2	9.2	8	6.5					
HFm 5B	HF 5B	0.75	1			13.7	-	13.2	13	12.5	11.6	10.5	9.2	8	5				
HFm 5A	HF 5A	1.1	1.5			14.5	-	13.8	13.5	13.2	12.6	11.8	10.5	9.2	6.5	3			
HFm 5BM	HF 5BM	1.1	1.5	IE3		19	-	18.5	18	17	16	15.2	14	12.8	9.7	6			
HFm 5AM	HF 5AM	1.5	2			22	-	21.5	21	20.5	19.8	19	18	16.8	13.8	10			
HFm 5ARM	HF 5ARM	2.2	3			27	-	27	26.8	26.4	25.6	24.8	23.8	22.5	19.8	16.2	12		

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30-1)

Fuente: Catálogo general Pedrollo, 2021

Tabla 20. Características físicas de la bomba

POS.	COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS						
1	<b>CUERPO BOMBA</b>	Hierro fundido con bocas roscadas ISO 228/1						
2	<b>TAPA</b>	Acero inoxidable AISI 304 (en hierro para HF 5M-70)						
3	<b>RODETE</b>	Latón						
4	<b>EJE MOTOR</b>	Acero inoxidable AISI 431						
5	<b>SELLO MECANICO</b>	<i>Electrobomba</i>	<i>Sello</i>	<i>Eje</i>	<i>Materiales</i>			
		<i>Modelo</i>	<i>Modelo</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i>	<i>Elastómero</i>	
		HF 50	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR	
		HF 5-51	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR	
HF 5M-70	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica	NBR			
6	<b>RODAMIENTOS</b>	<i>Electrobomba</i>	<i>Modelo</i>					
		HF 50	6201 ZZ / 6201 ZZ					
		HF 5-51	6203 ZZ / 6203 ZZ					
		HF 5M-70	6204 ZZ / 6204 ZZ					
7	<b>CONDENSADOR</b>	<i>Electrobomba</i>	<i>Capacidad</i>					
		<i>Monofásica</i>	<i>(220 V)</i>	<i>(110 V ó 127 V)</i>				
		HFm 50B	10 µF - 450 VL	25 µF - 250 VL				
		HFm 50A	14 µF - 450 VL	25 µF - 250 VL				
		HFm 51B	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL				
		HFm 51A	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL				
		HFm 70C	25 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL				
		HFm 70B	45 µF - 450 VL	80 µF - 250 VL				
		HFm 5C	16 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL				
		HFm 5B	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL				
		HFm 5A	25 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL				
		HFm 5BM	25 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL				
		HFm 5AM	45 µF - 450 VL	80 µF - 250 VL				
		8	<b>MOTOR ELÉCTRICO</b>	HFm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado. HF: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz. ➔ Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 hasta P <sub>2</sub> =0.55 kW y en clase IE3 desde P <sub>2</sub> =0.75 kW (IEC 60034-30-1) - Aislamiento: clase F - Protección: IP X4				

Fuente: Catálogo general Pedrollo, 2021

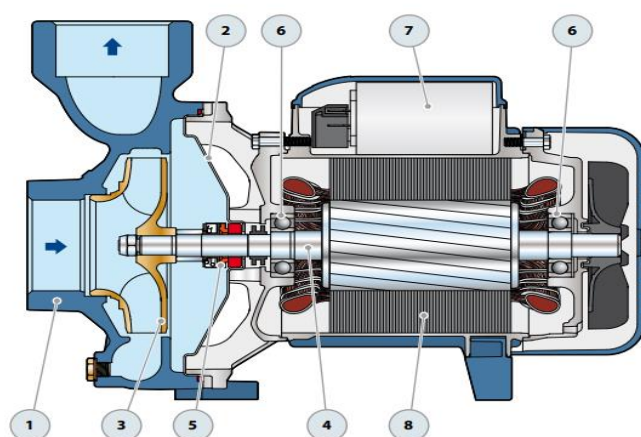


Figura 53. Partes de la bomba centrífuga

Fuente: Catálogo general Pedrollo, 2021

### 5.3. Cálculo de Voltaje Máximo y Amperaje

Máximo en Sistema ON GRID

#### 5.3.1. Motor Eléctrico: HFm 5ARM (3HP)

Consumo de motor eléctrico: 13 A - Monofásico 220 V

$$a) 14.5 A \times 220 V = 3190 W \approx 3.19 KW \quad (5.2.1)$$

b) Le incrementamos un 20 % para poder cumplir con las pérdidas de corriente.

$$3.19 KW \times 1.20 = 3.83 KW$$

c) Seleccionamos un inversor de 5 KW por ser un valor comercial.

#### 5.3.2. Hora Solar pico:

En Latinoamérica este valor se tiene dentro de 4 a 5.5 horas, tomamos el valor mínimo para no tener inconvenientes de subdimensión.

$$HSp = 1000 \frac{W}{m^2} \quad HSp: 4 \text{ horas}$$

#### 5.3.3. 5.3.3 Potencia Fotovoltaica

$$Pot \text{ Fotov} = \text{consumo diario} / HSp$$

**NOTA:** Multiplicamos 4.2 el valor del consumo del motor eléctrico ya que se usará por 4 horas diarias y 0.2 es el excedente que se utiliza en inicio de funcionamiento y el traslado total del agua en el Sistema Riego.

(5.2.2)

$$3.83 \text{ KW} \times 4.2 \text{ H} = 16.086 \text{ KWH}$$

$$\text{Pot Fotov} = 16.086 \text{ KWH} / 4 \text{ H} = 4.0215 \text{ KW}$$

#### **5.4. Diseño del Sistema Solar Fotovoltaico**

$$\# \text{ M\u00f3dulos} = \text{Pot Fotov} / \text{Pot Modulo elegido} \quad (5.2.3)$$

$$\# \text{ M\u00f3dulos} = 4021.5 \text{ W} / 330 \text{ W}$$

$$\# \text{ M\u00f3dulos} = 12.18 \text{ m\u00f3dulos} \approx 14 \text{ m\u00f3dulos}$$

\(\therefore\) Para que el Sistema sea equilibrado se toma 2 cadenas de 7 m\u00f3dulos en serie.

##### **5.4.1. Factores de Perdidas y correcci\u00f3n**

Seg\u00fan bibliograf\u00eda se incrementa en 20 – 30 % la cantidad de m\u00f3dulos para compensar las p\u00e9rdidas.

Son:

-Coef. Temperatura del modulo

-Nubosidad

-Efic. Del inversor

-Condiciones Atmosf\u00e9ricas

$$\circ 12.18 \text{ m\u00f3dulos} \times 1.3 = 15.834 \text{ m\u00f3dulos} \approx 16 \text{ m\u00f3dulos}$$



Seleccionamos un inversor de 5 KW de 90 – 520 V de funcionamiento:

“60 Hz de la marca Canadian Solar INC.”

#### **5.4.2. Latitud y Azimut de paneles**

La ciudad Arequipa se encuentra en latitud entre 14° a 17°, por lo que tomamos un valor medio de 15° de inclinación.

En el Azimut tomamos un < de 180° ya que en la ciudad Arequipa, se encuentra en el hemisferio sur, entonces los paneles deben estar direccionados al norte para tener la mayor irradiación posible.

#### **5.5. Diseño del Circuito de Mando y Control de motor eléctrico, hacia la red**

##### **5.5.1. 5.5.1 Potencia eléctrica**

Conocemos los HP del motor, identificación de valor de Intensidad de corriente(I) para poder dimensionar y seleccionar nuestro dispositivo de protección.

$$I = 14.5 A$$

**NOTA:** Dato obtenido de catalogo Pedrollo

Intensidad de Diseño

$$I_d: 125 \% I$$

$$I_d: 1.25 \times I = 1.25 \times 14.5$$

$$I_d: 18.13 A$$

$$I_d: 20 A$$

**NOTA:** los dispositivos tienen un valor de escala de 5 a 5 A, por lo tanto, usamos uno de protección de 20 A

Para ser conservadores, seleccionamos de esta manera:

- Llave: 25 A
- Seccionador 30 A
- Contactor 20 A
- Interruptores 20 A

### 5.5.2. Comprobación de caída de tensión

$$(5x 12 AWG) + (1x 12 AWL THW) - (5 / 8 PVC) - SAP \quad (5.2.4)$$

2 cables linea

*AWG - Cable 14 (2.05 mm  $\emptyset$  - 25 A)*

1 cable Tierra

### 5.5.3. Comprobación por caída de tensión Monofásico

$$\Delta V = 2 \cdot I \cdot \rho \cdot L / S \quad (5.2.6)$$

Donde:

$\Delta V$  = Caída de tensión (Voltios)

$I$  = Intensidad de linea

$\rho$  = Resistividad cobre -  $0.0175 \Omega \frac{m \cdot m^2}{m}$

$L$  = Longitud cable (m) (20m)

$S =$  Sección del cable ( $mm^2$ ) ( $3.31 mm^2$ )

$$\Delta V = (2 \times 20 \times 0.0175 \times 20) / 3.31$$

$\Delta V: 4.23 V$

**NOTA:** Con la comprobación de dicho valor, el cual debe ser menor al 2.5 % del voltaje lineal.

$$\Delta Vi = 2.5 \% \times 220 V$$

$$\Delta Vi = 5.5 V$$

**4.23 V < 5.5 V.**

Usamos 1 Fase y 1 Neutro + 1 Tierra, en 14 AWG – por tubo PVC

**2 x 14 AWG THW + 1 x 14 AWG – tubo 5 / 8 PVC – SAP**

## 5.6. Simulación en el software PVSYS

Calculo y simulación de la Alimentación de corriente eléctrica para el Sistema de Riego tecnificado de paltas en la ubicación exacta del Valle Chilina.

Por medio de los datos necesarios del Sistema de Riego se logra clasificar los paneles solares, la energía eléctrica necesaria y poder saber el rendimiento a futuro de la fuente de ENERGIA SOLAR, con los siguientes datos:

General parameters			
<b>Grid-Connected System</b>		<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b>			
<b>Orientation</b>		<b>Sheds configuration</b>	
Fixed plane		No 3D scene defined	
Tilt/Azimuth		15 / 180 °	
<b>Horizon</b>		<b>Near Shadings</b>	
Average Height		21.3 °	
		No Shadings	
		<b>Models used</b>	
		Transposition Perez	
		Diffuse Perez, Meteonorm	
		Circumsolar separate	
		<b>User's needs</b>	
		Unlimited load (grid)	

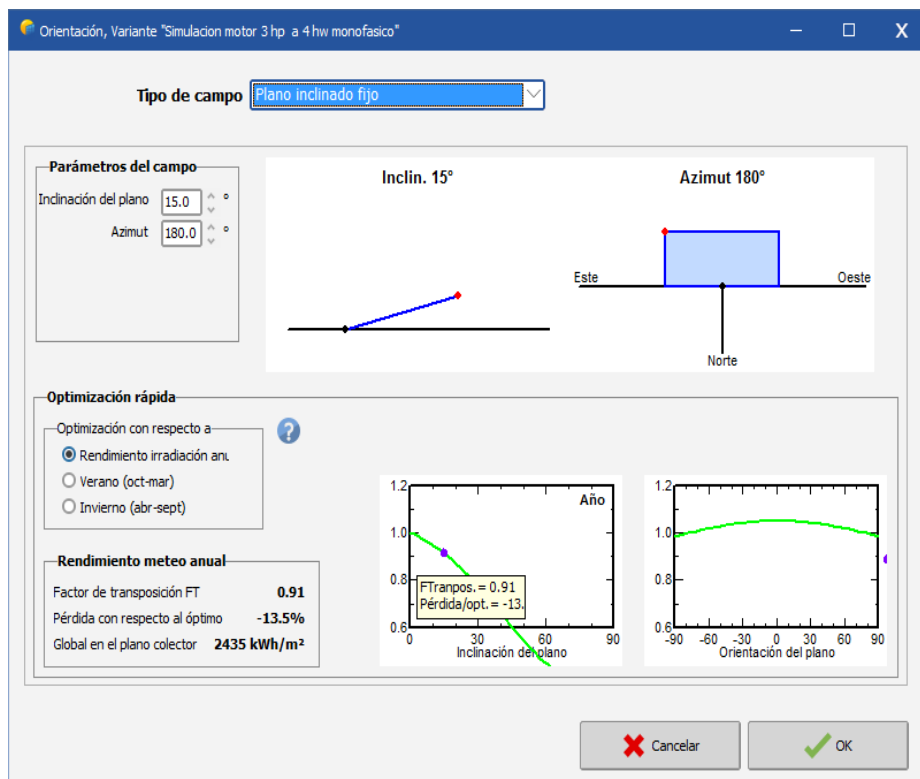
  

PV Array Characteristics			
<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer		Generic	
Model		AS-P728-330	
(Original PVSyst database)			
Unit Nom. Power		330 Wp	
Number of PV modules		16 units	
Nominal (STC)		5.28 kWp	
Modules		2 Strings x 8 In series	
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp		4736 Wp	
U mpp		269 V	
I mpp		18 A	
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)		5 kWp	
Total		16 modules	
Module area		30.9 m²	
		Total power	
		5 kWac	
		Number of inverters	
		1 unit	
		Pnom ratio	
		1.06	

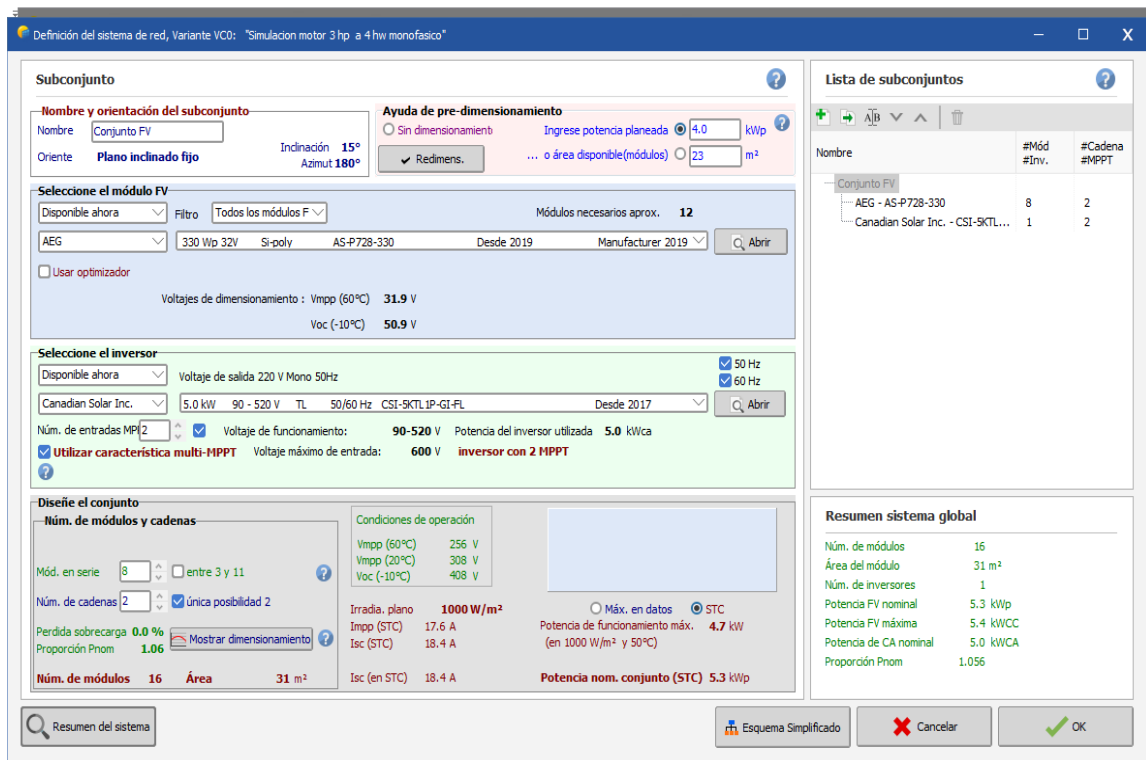
Array losses								
<b>Thermal Loss factor</b>		<b>DC wiring losses</b>		<b>Module Quality Loss</b>				
Module temperature according to irradiance		Global array res.		Loss Fraction				
Uc (const)		258 mΩ		-0.5 %				
Uv (wind)		Loss Fraction		1.5 % at STC				
0.0 W/m²K/m/s								
<b>Module mismatch losses</b>		<b>Strings Mismatch loss</b>						
Loss Fraction		Loss Fraction						
2.0 % at MPP		0.1 %						
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Figura 54. Parámetros-datos obtenidos



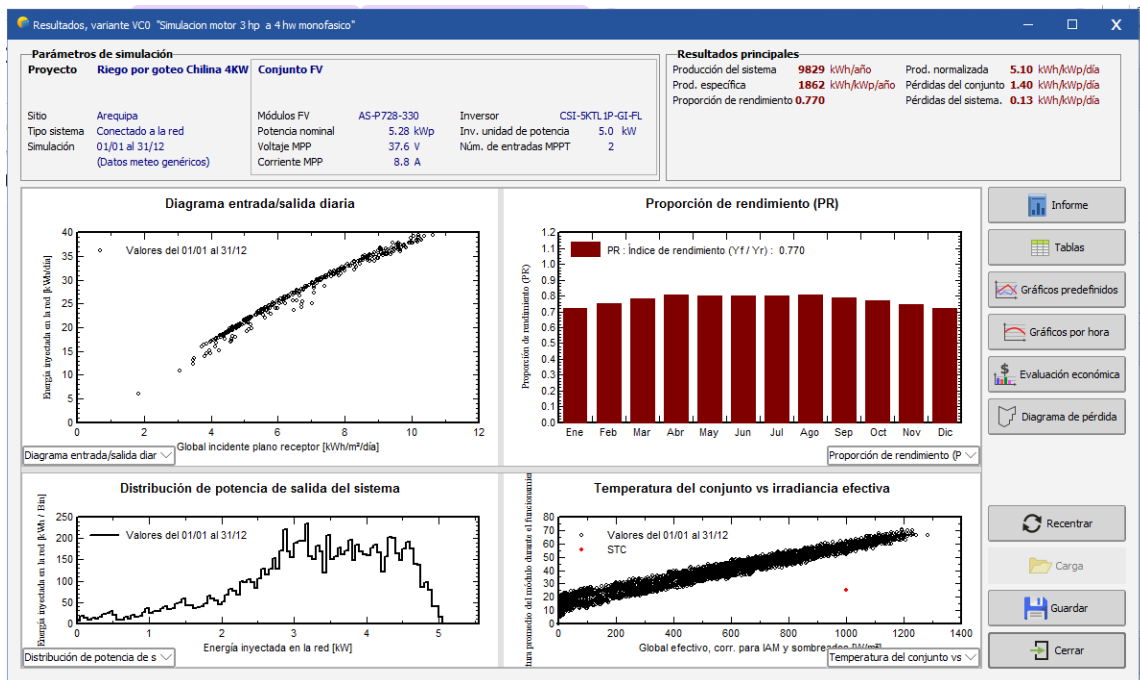
**Figura 55. Inclinación y Azimut (Orientación – Variante)**

En la figura 55, de la inclinación y Azimut con los datos ingresados en el sistema podemos obtener una pérdida de rendimiento anual de un 13.5% lo cual es favorable según diseño, cumpliendo con las características necesarias.



**Figura 56. Definición del Sistema De Red**

En la figura 56, se realiza la simulación del motor seleccionado de 3 Hp Monofásico con todos los componentes principales, la cantidad de paneles (16 módulos en 2 cadenas), su potencia (330 Wp – 5 KW) y el tipo de inversor que se utiliza.



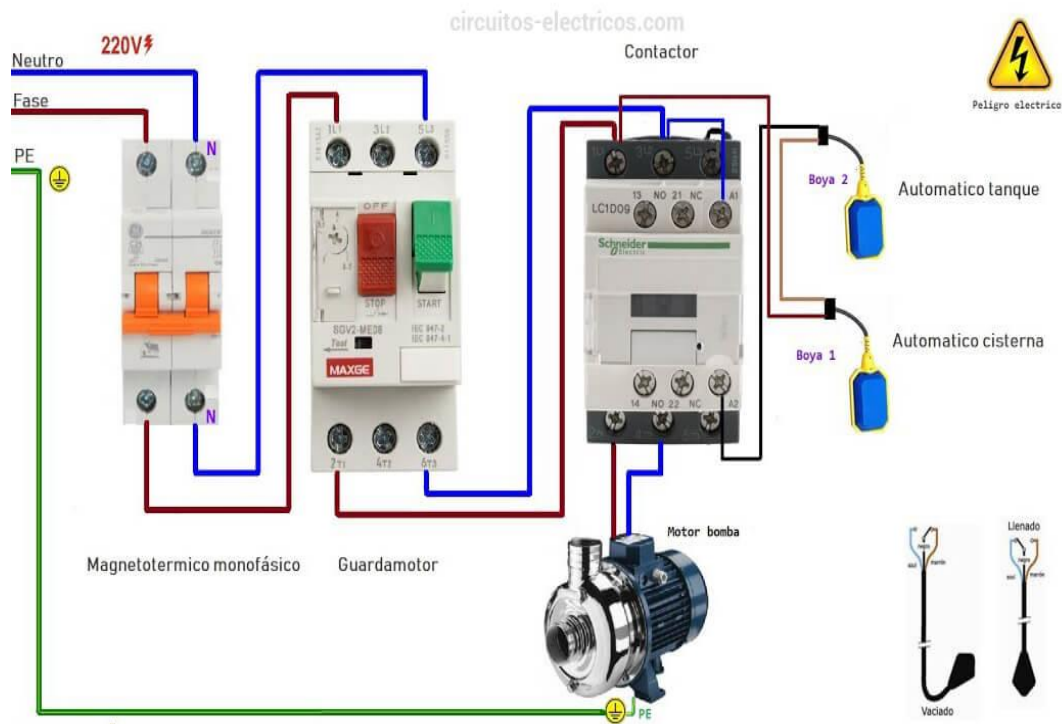
**Figura 57. Resultados de la Simulación**

En la figura 57, ya se puede ver los resultados de la simulación del sistema completo con los componentes seleccionados para el diseño del Sistema de alimentación de corriente, posee un diagrama de ingreso y salida de energía eléctrica proporcionada por la red, como también tiene un diagrama de barras del rendimiento de los módulos durante el año con relación a las temperaturas y la irradiancia efectiva.

### 5.7. Aporte de la investigación, diferencias de control de programación del sistema riego por goteo (sistema eléctrico)

Se presenta dos maneras, el control de programación del Sistema de riego.

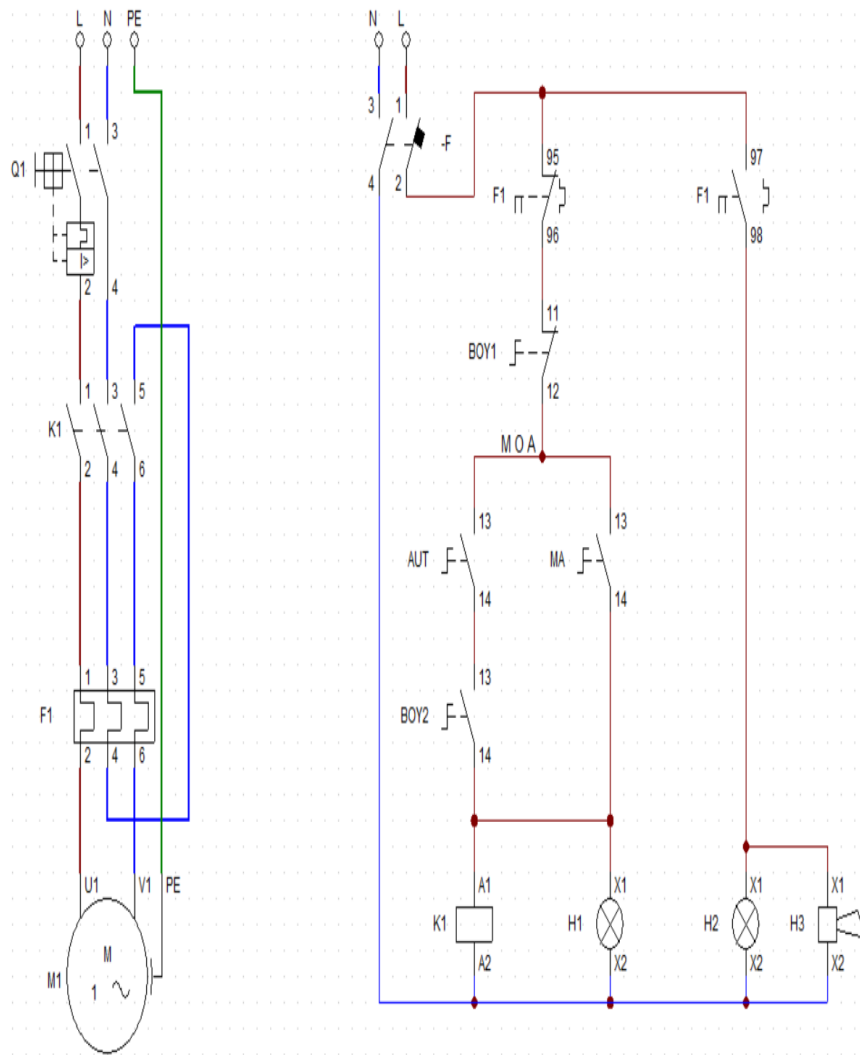
- Control de programación de funcionamiento del Sistema de riego con temporizador y de activación manual.



**Figura 58. Circuito Eléctrico, conectado a la red (físico-programación manual)**

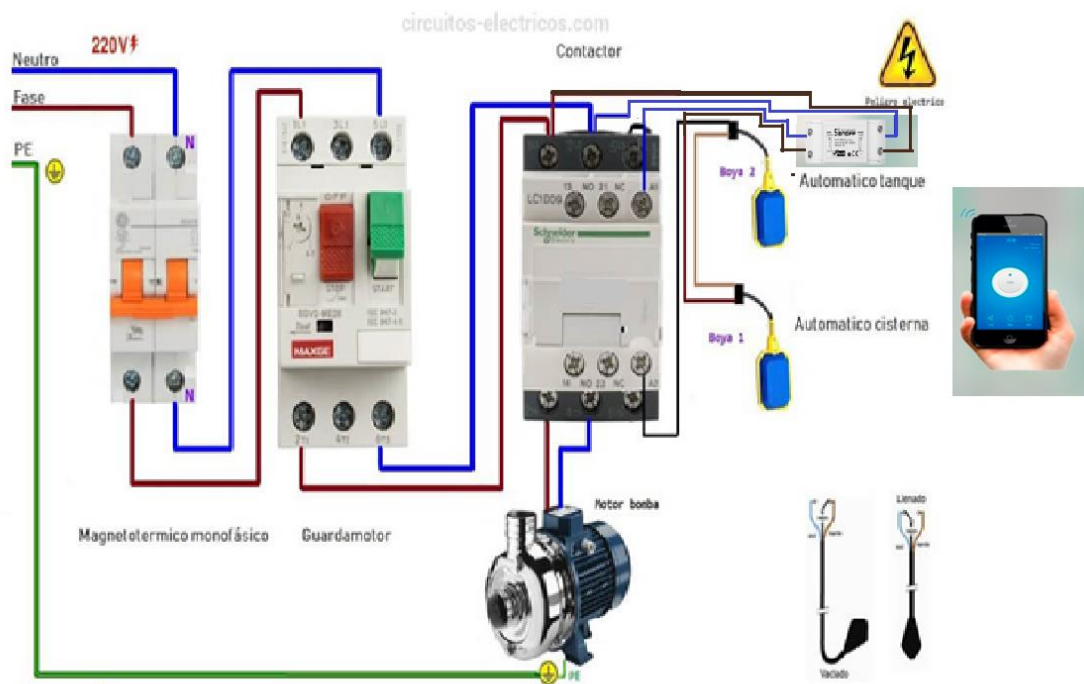
funcionamiento, dos boyas de accionamiento, un temporizador de funcionamiento para el ciclo de riego.





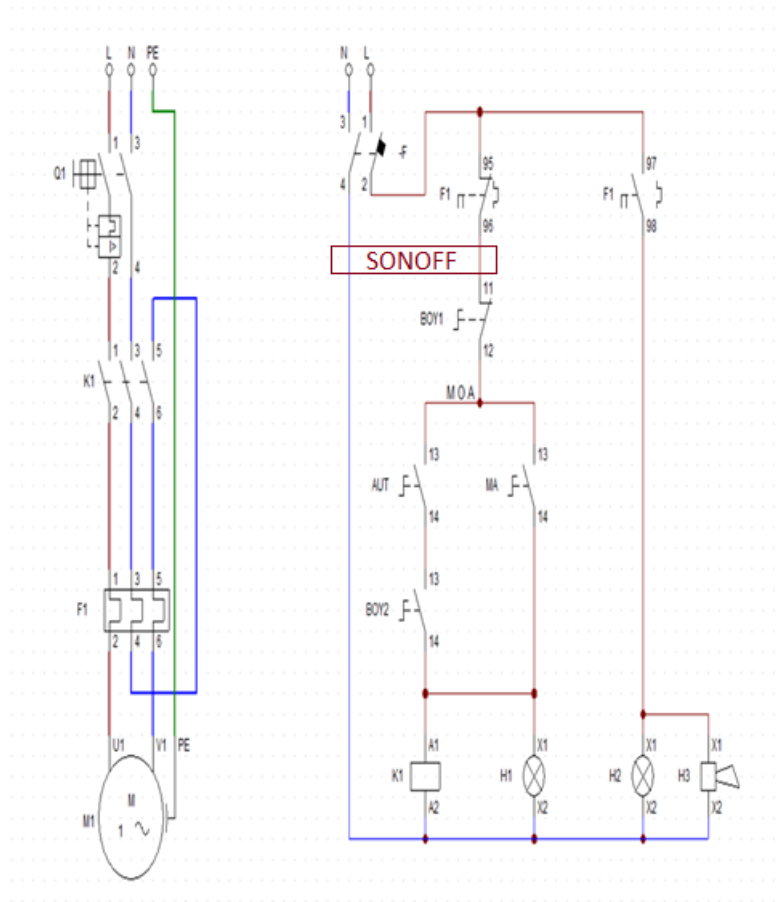
**Figura 59. Circuito Eléctrico, conectado a la red (simbología)**

Control de programación de funcionamiento del sistema de riego con temporizador, manual y a su vez a distancia mediante un interruptor Smart ( SONOFF), el cual sería la mejora.



**Figura 60. Circuito Eléctrico, conectado a la red (físico-interruptor inteligente)**

Posee un accionamiento rápido y programable, con un temporizador incluido en el interruptor inteligente que es manipulado por un aplicativo de celular, el cual activa al sistema eléctrico conjuntamente en serie con las boyas de nivel de agua para prevenir el encendido de bomba cuando no posea agua suficiente en el tanque.



**Figura 61. Circuito Eléctrico, conectado a la red, con SONOFF (simbología)**

En la imagen se muestra la diferencia de un circuito eléctrico con sus contactores y para mejora de control posee en circuito en serie el interruptor inteligente.

### **5.7.1.    Aplicativo EWELINK - SMART**

eWeLink es una aplicación que tiene la función de activar diferentes o múltiples dispositivos inteligentes con nuestro teléfono inteligente. Conectando cada uno de estos dispositivos a la misma red Wi-Fi que nuestro terminal, podremos realizar diversas acciones en unos segundos.

Una de las características que hace de eWeLink una utilidad realmente interesante es que la herramienta que conecta con varias de las marcas que se encuentran en el mercado. A diferencia de otros servicios, aquí no tenemos ningún problema en añadir diferentes dispositivos, aunque no sean de la misma empresa. De hecho, el programa nos permite activar cualquier dispositivo de la conocida empresa SONOFF.

En la pantalla principal de eWeLink vemos la posibilidad de crear diferentes escenas, lo que nos permite gestionar rutinas que combinan varios dispositivos de uso constante. Así que con esta utilidad es muy fácil que la usemos más. Como bono adicional, también hemos integrado a Alexa para proporcionar instrucciones de voz. Con eWeLink APK podemos utilizar todos los dispositivos domésticos inteligentes que tengamos instalados en casa o en la oficina.

Así, no necesitamos referirnos a los programas de cada marca por separado para gestionar todos los dispositivos, sino solo y prácticamente solo uno para activar todos los elementos necesarios.

## 5.7.2. Interruptor inteligente SONOFF (SMART-SWITCH)



**Figura 62. Presentación del modelo interruptor inteligente**

Fuente: Tomada del manual Sonoff

### 基本信息 Basic Information

产品系列 Product series	DIY改装件 (BASIC) DIY smart switch (BASIC)
产品类型 Type	开关模块 Smart switch module
工作电压 Voltage	100-240V AC 50/60Hz
最大负载 Max. Load	10A/2200W
支持433MHz遥控功能 Support 433MHz RF control	仅限RFR2 RFR2 only
通道 Gang	1-gang
MCU	ESP8285/8266
产品认证 Certification	ETL/CE/FCC/ROHS

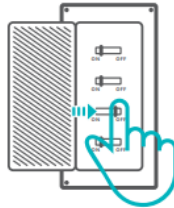
**Figura 63. Información básica del interruptor inteligente**

Fuente: Tomada del manual Sonoff

En la figura 62 se muestra el modelo del interruptor inteligente a utilizar, también en la figura 63 se describe de manera general las características como son, el voltaje de 100-240V AC 50/60 Hz, por seguridad los amperios y potencia en el interruptor (10A/2200W).

## Instrucciones de funcionamiento

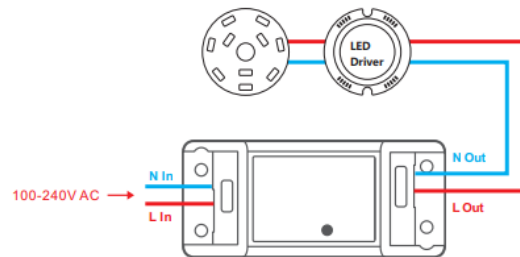
### 1. Apagado



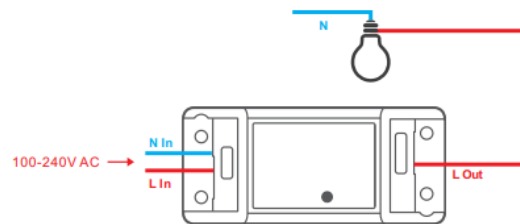
⚠ Para evitar descargas eléctricas, consulte con su distribuidor o un profesional cualificado para solicitar ayuda durante la instalación y la reparación!  
No toque el interruptor durante el uso.

### 2. Instrucciones de cableado

Instrucciones de cableado de lámpara de techo :



Instrucciones de cableado con un solo cable activo:



ⓘ Compruebe que las conexiones del cable neutro y activo sean correctas.

16

**Figura 64. Instrucciones de funcionamiento generales del interruptor**

Fuente: Tomada del manual Sonoff

En la figura 64 de Instrucciones de funcionamiento da indicaciones de circuitos eléctrico principales del interruptor Smart y el cual debe solamente ser manipulado por personas calificadas a ello.

### 3. Descargar la aplicación



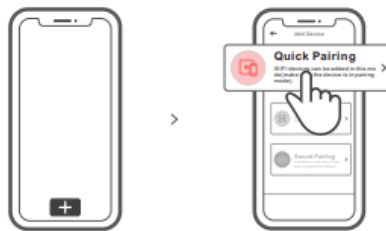
### 4. Encender



Después de encender, el dispositivo se pondrá en modo de emparejamiento rápido (Touch) durante el primer uso. El indicador LED de Wi-Fi cambia a "un ciclo de dos parpadeos cortos y uno largo".

ⓘ El dispositivo saldrá del modo de emparejamiento rápido (Touch) si no se ha emparejado al cabo de 3 minutos. Si necesita volver a ese modo, mantenga presionado botón de configuración 5 segundos hasta que el LED indicador de Wi-Fi cambie a un ciclo de dos parpadeos cortos y uno largo. A continuación, suelte el botón.

### 5. Añadir el dispositivo



Pulse "+" y seleccione "emparejamiento rápido", luego opere siguiendo las indicaciones de la aplicación.

17

**Figura 65. Emparejamiento rápido del interruptor Smart y el celular.**

Fuente: Tomada del manual Sonoff

La figura 65 se da el procedimiento de conexión wifi, el emparejamiento del celular con el interruptor paso a paso.

## Modo de emparejamiento compatible

Si no puede entrar al modo de emparejamiento rápido, por favor intente con "Modo de emparejamiento compatible" para emparejar.

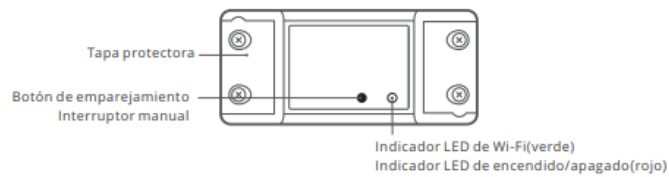
- ❶ Presione de manera sostenida botón de configuración durante 5 segundos hasta que el indicador LED del Wi-Fi cambie en un ciclo de dos parpadeos cortos y uno largo y suelte. Presione de manera sostenida botón de configuración durante 5 segundos nuevamente hasta que el indicador LED del Wi-Fi parpadee rápidamente. Luego, el dispositivo entra en modo de emparejamiento Compatible.
- ❷ Presione "+" y seleccione "modo de emparejamiento compatible" en la aplicación. Seleccione el SSID del Wi-Fi con ITEAD.\*\*\*\*\* e ingrese la contraseña 12345678, luego regrese a la aplicación eWeLink y presione "Siguiente" Sea paciente mientras se complete el emparejamiento.

## Especificaciones

Modelo	BASICR2/RFR2
Entrada	100-240V CA 50/60Hz 10A
Salida	100-240V CA 50/60Hz Máx. Load: 10A
Sistemas operativos	Android & IOS
Wi-Fi	IEEE 802.11 b/g/n 2.4GHz
RF	433,92MHz
Materiale	PC V0
Dimensiones	88x39x24mm

ⓘ BASICR2 no admite el control remoto con 433,92 MHz.

## Introducción al producto



ⓘ El peso del dispositivo es inferior a 1 kg.  
Se recomienda una altura de instalación inferior a 2 m.

**Figura 66. Modo de emparejamiento compatible – descripción física**

Fuente: Tomada del manual Sonoff

Como se muestra en la figura 66 el modo de emparejamiento compatible al no realizarse el rápido y las características físicas del interruptor inteligente.



## Instrucciones del indicador de estado Wi-Fi LED

Wi-Fi Indicador de Estado LED	Instrucción de estado
Parpadea (uno largo y dos cortos)	Modo de emparejamiento rápido
Siempre está encendida	El dispositivo está conectado correctamente
Parpadea rápidamente	Modo de emparejamiento compatible
Parpadea rápidamente una sola vez	Incapaz de encontrar el router
Parpadea rápidamente dos veces	Conectado al router correctamente pero el Wi-Fi no está conectado
Parpadea rápidamente tres veces	Actualización

## Características

Apague la luz desde cualquier parte, programe el encendido/apagado y comparta la aplicación con su familia para controlarlo.



## Emparejamiento del control remoto por RF

RFR2 admite el control remoto en la banda de frecuencias de 433,92 MHz para encender y apagar, y es un control inalámbrico local de corto alcance; no un control Wi-Fi.

### Método de emparejamiento:

Mantenga presionado el Botón de emparejamiento durante 3 s hasta que el indicador LED de parpadee en color rojo una sola vez; a continuación, pulse el botón del control remoto que desee emparejar para realizar el aprendizaje correctamente.

### Método de borrado:

Mantenga presionado el Botón de emparejamiento durante 5 s hasta que el indicador LED rojo de control remoto parpadee dos veces. A continuación, pulse el botón aprendido correspondiente al control remoto para borrar los valores de los códigos de todos los botones aprendidos.

**Figura 67. Instrucciones del indicador de estado Wifi led y características**

Fuente: Tomada del manual Sonoff

En esta figura 67 tenemos las instrucciones del wifi led y el significado de cada parpadeo del mismo, tenemos además las características que posee la cual sería importante para la mejora de control del sistema de riego como es la programación a diferente escala minutos horas y segundos; como también encendido a la hora indicada.

## Cambiar Red

Si necesitas cambiar la red, presiona sin soltar el botón de emparejamiento por 5 segundos hasta que el indicador de Wi-Fi LED cambie a un ciclo de dos parpadeos cortos y un parpadeo largo para luego soltar, y luego de que dispositivo entre en el modo de emparejamiento rápido, podrás emparejarlo de nuevo.



## Restablecimiento de los ajustes de fábrica

Si borras el dispositivo en la aplicación eWeLink se restaurará a valores de fábrica.

## Problemas frecuentes

P: ¿Por qué el dispositivo permanece "Sin conexión"?

A: El dispositivo recién añadido necesita de 1 a 2 minutos para conectarse a Wi-Fi y a la red. Si permanece sin conexión durante mucho tiempo, evalúe la situación con el estado del indicador verde de Wi-Fi.

1. El indicador verde de Wi-Fi parpadea rápidamente una vez por segundo, lo cual significa que el interruptor no se ha podido conectar a la red Wi-Fi:

- ① Es posible que haya introducido una contraseña de Wi-Fi incorrecta.
- ② Es posible que la distancia entre el interruptor y el router sea demasiado grande o que el entorno provoque interferencias. Piense en acercarlos entre sí. Si falla, vuelva a añadirlo.
- ③ La red 5G Wi-Fi no es compatible y solo admite la red inalámbrica de 2,4 GHz.
- ④ Es posible que el filtrado de direcciones MAC esté activado. Desactívelo.

**Si no ha sido posible solucionar el problema mediante ninguno de los métodos anteriores, puede abrir la red de datos móviles del teléfono para crear un punto de acceso Wi-Fi y, a continuación, volver a añadir el dispositivo.**

2. El indicador verde parpadea rápidamente dos veces por segundo, lo cual significa que el dispositivo se ha conectado a Wi-Fi pero no se ha podido conectar al servidor.

Asegúrese de que la red sea estable. Si el doble parpadeo ocurre con frecuencia, esto significa que se accede a una red poco estable, no es un problema del producto. Si la red es normal, intente apague la alimentación para reiniciar el interruptor.

**Figura 68. Modo cambio de red y problemas frecuentes**

Fuente: Tomada del manual Sonoff

La figura 68 da a conocer el cambio de red es decir cambio de usuario y también los problemas frecuentes de conexión que posee, cuáles serían las soluciones necesarias para su activación del interruptor inteligente.

## 5.8. Presupuesto del sistema de riego

### 5.8.1. Costos Estimados

**Tabla 21. Costos de Sistema de bombeo FV**

**TABLA DE COSTOS APROXIMADOS PARA SISTEMAS DE BOMBEO FV**

Insolación (Horas Solares Pico)						Costo Aproximado del Sistema (*) (Dólares Estadounidenses)							
3	4	5	6	7	8								
20,000	26,700	33,300	40,000	46,700	53,300	8,300	9,600	11,400	13,600	16,300	16,500	**	**
13,500	18,000	22,500	27,000	31,500	36,000	8,200	8,900	9,300	12,400	13,400	13,500	17,200	**
10,000	13,300	16,700	20,000	23,300	26,700	7,000	8,400	8,300	10,300	10,600	12,400	16,500	17,800
6,500	8,700	10,800	13,000	15,200	17,300	6,700	7,000	8,100	8,800	9,800	11,600	13,500	16,400
5,000	6,700	8,400	10,000	11,700	13,300	6,500	6,700	7,100	8,100	8,700	10,500	12,800	14,500
4,000	5,300	6,600	8,000	9,300	10,700	6,100	6,300	6,800	7,900	8,000	9,400	11,800	12,700
2,500	3,300	4,200	5,000	5,800	6,700	3,600	3,700	5,200	6,500	7,200	8,700	10,500	11,300
2,000	2,700	3,400	4,000	4,800	5,400	2,800	3,300	4,300	5,600	6,500	8,500	10,300	10,800
1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	2,600	2,800	3,900	4,400	4,700	5,500	7,000	9,800
1,000	1,300	1,700	2,000	2,300	2,700	2,100	2,400	3,200	3,500	3,600	4,100	5,000	6,200
500	700	800	1,000	1,200	1,300	1,600	1,800	2,300	2,500	2,600	3,000	3,400	3,300
Rendimiento (litros / día)						5	10	15	20	30	40	50	60
						Carga Dinámica Total (Metros)							

**NOTAS:**

Costos aproximados que incluyen costo de mano de obra e IVA

(\*\*) No se identificaron bombas para este tamaño de aplicación.

Fuente: [www.itacanet.org](http://www.itacanet.org)

Datos:

Horas solares pico: 4 h

Rendimiento: 26 l/día

Carga dinámica: 4.6 metros valor real, según tabla 5 metros

**NOTA:** Se considera del caudal del emisor que es 26 l/h por ser solo un ciclo por día, sería entonces 26 l/día.

## 5.8.2. Costo de materiales y componentes del Sistema

Son los costos que los componentes del sistema de riego por goteo ya sean principales como la bomba y los goteros, como también accesorios dentro de ellos las tuberías y otros.

**Tabla 22. Costo de materiales y componentes del Sistema**

Costo de materiales y componentes del Sistema				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario S/	Precio parcial S/
1.	Sistema eléctrico			
1.1	Cable 14 AWG ( 3 cables ) fase / neutro / tierra	300 metros	4.03	1210
1.2	Tubería de PVC ¾ de pulgada	100 metros	3.30	330
1.3	Interruptor Smart conexión a móvil, SON OFF	1 unidad	60	60
1.4	Motor eléctrico más la bomba de agua, modelo Hfm 5ARM	1 unidad	4000	4000
1.5	Llave magnética-térmica monofásico de 25 A	1 unidad	50	50
1.6	Llave guardamotor de 30 Amperios	1 unidad	130	130
1.7	Contactador de 20 A	1 unidad	50	50
1.8	Boyas de nivel más 20 metros de cable de conexión	2 unidades	180	360
1.9	paneles solares del tipo 330Wp del modelo AS-p728 -330	16 unidades	837.50	13400

1.10	El inversor de 5 KW / 90-520 V en la marca CSI	1 unidad	2000	2000
1.11	Tablero eléctrico IP armado de acero inoxidable	1 unidad	2200	2200
2.	Sistema hídrico			
2.1	Goteros regulables, de 0 a 70 Lph	1000 unidades	0.40	400
2.2	Tanque de agua,5000 Lts	1 unidad	4554	4554
2.3	Uniones de cañería, tipo codo, recta y en t	75 unidades	2	150
2.4	Tubería de agua de ¾ de pulgada de diámetro	100 metros	3.72	372
2.5	Llave de paso de agua ¾ de pulgada	1 unidad	5	5
3.	Sistema agronómico			
3.1	Toma de fertilizante o inyector de ¾ de pulgada, unión roscada.	1 unidad	120	120
3.2	Filtro de agua, unión roscada de ¾ de pulgada	1 unidad	80	80
4.	Mano de obra de instalación			
4.1	Mano calificada, especialista en instalación de riego, tiempo 1 semana	4 personas	500	2000
Costos directos				31471

**NOTA:** Los costos de indirectos, serían los software y administrativos, otros llegarían al costo de 100 soles. Lo cual la suma de costos directos e indirectos sería **S/ 31571 soles el costo total**, que se mantiene dentro del rango presupuestado anteriormente, tabla 21.

### 5.8.3. Proyecto de inversión, utilización de VAN y TIR

Los datos obtenidos de precio estimado de la energía eléctrica según ubicación dentro del Perú son de S/ 0.90 el kwh.

Lo cual se tiene una producción del sistema fotovoltaico, según en la figura 57, los datos obtenidos de la simulación son de 9829 Kwh/año, obteniendo 819 Kwh/mes a promedio real de 800 Kwh/mes.

Logrando obtener un precio de energía eléctrica al mes de S/ 720 mensuales lo cual sería S/ 8640 anuales.

**NOTA:** Se mantiene a s/ 8500 con el fin de compensar los días nublados, cortes de energía eléctrica y los días programados de mantenimiento.

Por lo tanto, el proyecto tiene una inversión de S/ 31600, según los datos obtenidos y se genera flujos de S/ 8500 anuales.

-Se obtendría 8300 dólares el costo aproximado del sistema, según el cambio de moneda es de S/ 31600 soles.

**Depreciación de activo fijo**, sería el valor obtenido del tiempo de vida necesario del sistema lo cual es de 10 años, considerando los principales componentes como es la bomba centrífuga y los paneles solares.

Entonces:

$$\frac{100\%}{10 \text{ años}} = 10\%$$

$$10\% \times 2 = 20\%$$

$$31600 \text{ soles} \times 20\% = 6320 \text{ soles}$$

-Los S/ 6320 soles es la depreciación por año del Sistema de Riego por goteo.

La tasa anual es el 10% según los datos obtenidos.

$$\therefore VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} - I_0$$

**Tabla 23. Proyección de costos (VAN-TIR)**

AÑO	0	1	2	3	4	5
Flujo de fondo	-S/ 31,600	S/ 8,500	S/ 8,500	S/ 8,500	S/ 8,500	S/ 8,500
Saldo activo 10%	-S/ 31,600	S/ 7,727.27	S/ 7,024.79	S/ 6,386.17	S/ 5,805.61	S/ 5,277.83
Saldo activo acumulado	-S/ 31,600	-S/ 23,873	-S/ 16,848	-S/ 10,461.77	-S/ 4,656.16	S/ 621.67

TIR: 11%

Entonces se obtiene 11% > 10%

$$PR: 4 + \frac{-4656,16}{5277,83}$$

PR: 3,12 años

## CONCLUSIONES

- Se logró diseñar el “*Sistema de Riego tecnificado para el cultivo de paltas*”, por medio de diferentes simulaciones de SOFTWARE, que logran dar un resultado positivo y óptimo en su funcionamiento. Posee como principal componente la Bomba Centrifuga de 3Hp (13 Amp – HFm 5ARM Modelo Pedrollo) para abastecer a todo el Sistema de Riego, con emisores de goteo de 26 litros / hora que logran su función total en el área de riego destinada con las distancias calculadas para cada etapa del cultivo de paltas. Se logra obtener en el Diseño agronómico una eficiencia del 90 %, con 4 horas máximas de riego que sería diario sin intervalos de paro. Lo cual el fluido hídrico será trasladado por medio de tuberías de PVC de 55.4 mm (2 pulgadas), tubería comercial tanto material como también sus dimensiones, todo por medio del software AQUA que logra mostrar el diseño agronómico completo para el cultivo de paltas. Logrando obtener todos los componentes necesarios y cálculos se realiza la simulación EPANET, obteniendo resultados objetivos y claros en la eficiencia del funcionamiento. (figura 35,36,37,38,39)
- Se logra obtener la selección del motor eléctrico, las condiciones del todo el circuito eléctrico de alimentación de energía y los *amperios-kW* de energía eléctrica entregada, tanto de la red principal y de la transformación energía solar – eléctrica. Se obtiene la potencia de 5 KW para el inversor, 16 módulos de paneles solares que logran abastecer todo el Sistema eléctrico de funcionamiento del Riego tecnificado por goteo.
- Se logró la simulación en el Software PVSyst con los datos de latitud de 15° de inclinación y con azimut de 180°, por estar la ciudad de Arequipa en el hemisferio sur localizado, donde las pérdidas en el momento de funcionamiento en las horas pico es mínima de esta manera está cumpliendo con los rangos establecidos en el Sistema de Riego tecnificado. (figura 36). Finalizando con el presupuesto de S/ 31471.00 soles y cumpliendo con una rentabilidad correspondiente a partir del quinto año del sistema de riego por goteo, logrando obtener las ganancias necesarias para el mantenimiento y mejoras en el diseño.



## APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

- En el “*Sistema de riego por goteo*”, puede agregar un interruptor inteligente (SONOFF), después de la instalación y conexión, podemos encender y apagar fácilmente nuestra bomba de agua desde cualquier lugar con un teléfono móvil, sin necesidad de conectarlo. RED WI FI. Obviamente, el SONOFF SWITCH siempre debe estar conectado a WIFI, también es importante señalar que esta aplicación SONOFF nos permite programar el encendido y apagado en un momento determinado, lo cual es muy útil para diversas aplicaciones, como una piscina. Limpieza, tanques de agua, sistemas de riego y muchas otras opciones son útiles.
- El riego tecnificado por goteo es la manera más favorable de mantener el uso adecuado del agua, ya es un recurso primordial para todo ser vivo.
- Gracias al riego tecnificado aplicada en el fruto de las paltas se pueda dar ya mayor eficiencia en su cultivo y de esta manera obtener una gran producción del mismo, optimizando gastos y tiempos innecesarios de cultivo.
- El funcionamiento principal del riego tecnificado será por medio de la energía solar y todo el sistema de riego será en el momento correcto y el tiempo necesario para el cultivo de paltas.
- Esta investigación sobre el uso del riego tecnificado del cultivo paltas muestra y da a conocimiento que, si es favorable su aplicación en diferentes partes del Perú, generando mayores ingresos a las personas que se dediquen a la siembra y venta del mismo.
- La aplicación de goteros, paneles solares, tuberías de PVC, motobomba y otros elementos son totalmente comerciales y seleccionados para que este diseño e investigación sea factible para uso en general de cualquier persona en su adquisición.

## RECOMENDACIONES

- En el sistema de riego tecnificado por goteo se aplicaría el uso de la electrónica, para el control de los goteros y las electroválvulas de paso de agua en cada etapa de riego.
- Se podría mantener el sistema eléctrico solo con energía eléctrica-solar por medio de la implementación de baterías, claro que su costo aumentaría, pero a futuro se lograría la rentabilidad equilibrada.
- Aplicando simulaciones que son factibles se logra establecer patrones para diferentes cultivos y así el sistema de riego tecnificado por goteo aplicarlo a la vez a diferentes cultivos que logren obtener la similitud de Diseño agronómico.
- Gracias a la programación de encendido y apagado (SONOFF) con diferentes tiempos de funcionamiento del Sistema de Riego por goteo. Se puede dar la mejora en el control de válvulas de paso de agua en cada etapa de las tuberías que ya serian automatizadas por medio del interruptor, pero en modelo SONOFF de varias vías de control eléctrico.

## REFERENCIAS

1. GODOY, Elizabeth. Diseño de sistema de riego en zona rural con energía solar fotovoltaica. [En línea]. (Tesis de pre grado), Chile: Universidad católica de la santísima concepción, 2011. 45 pp. [Fecha de consulta: 15 noviembre de 2021]. Disponible en: <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/904/Elizabeth%20%20Godoy%20Ortiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. ÁLVARES, Ernesto. Diseño de un sistema de riego por goteo automatizado, alimentado con energía fotovoltaica para la finca San Antonio ubicada en la Isla de Ometepe del departamento de Rivas. Managua, Nicaragua, 2019. [En línea] Nicaragua: Universidad Autónoma de Nicaragua, 2019. [ Fecha de consulta: 15 enero de 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/222782259.pdf>
3. ARCEDA, Milton y HERNÁNDEZ Ahiezer. Proyecto de riego por goteo utilizando energía solar para el cultivo de aguacate en la finca ojo de agua en la localidad de san Francisco Libre. Managua, Nicaragua, 2012. [En línea] Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería Facultad Tecnología De La Construcción Ingeniería Agrícola, 2012. [ Fecha de consulta: 22 enero de 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/250141685.pdf>
4. VARGAS, Adonías. Diseño de un sistema de bombeo de agua con paneles solares para mejorar el riego por goteo del cultivo de cacao en el fundo La Esperanza, Lamas, San Martín, 2019. [En línea] Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2019. [ Fecha de consulta: 05 enero de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39511>
5. GARCIA, Ediebraham y CRUZ, Ilven. Diseño de automatización para riego tecnificado y su interfaz en un SCADA para el fundo de f & f Servicios Asociados SAC. [En línea] Perú: Universidad Nacional de Piura, 2015. [ Fecha de consulta: 20 febrero de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/324/CIE-GAR-CUN-15.pdf?sequence=1>
6. JIJÓN Jacinto, RIBETE, Paúl. Teoría de la palta, significado. [En línea] 2022. [ Fecha de consulta: 5 marzo de 2022]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Paltas>
7. LA REPÚBLICA. Tipos de palta: conoce las variedades de este fruto y cuáles se cultivan en el Perú. [Fecha de consulta: 5 marzo de 2022]. Disponible en: <https://larepublica.pe/gastronomia/2021/11/25/variedades-de-palta-clasificacion-y-tipos-en-el-peru-al-2021-evat/>
8. SARTORI, E. Teoría de la Evaporación. [ Fecha de consulta: 5 marzo de 2022]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Evaporación>

9. BAINBRIDGE, David. Teoría Riego por goteo. [ Fecha de consulta: 5 marzo de 2022]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Riego\\_por\\_goteo](https://es.wikipedia.org/wiki/Riego_por_goteo)
10. PEDROLLO. Manual de electrobombas centrifugas. Selección por dimensiones y consumos de amperios. [En línea] 2021. [ Fecha de consulta: 12 marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.pedrollopentax.com/producto/electrobombas-pedrollo-hfm>
11. ITACANET. Guía para el desarrollo de proyecto de bombeo de agua con energía fotovoltaica volumen 2. [En línea] 2018. [Fecha de consulta: 28 marzo de 2022]. Disponible en: [https://www.itacanet.org/esp/electricidad/Guia\\_Bombeo\\_Agua\\_Energia\\_Fotovoltaica\\_Vol2\\_Libro\\_de\\_trabajo.pdf](https://www.itacanet.org/esp/electricidad/Guia_Bombeo_Agua_Energia_Fotovoltaica_Vol2_Libro_de_trabajo.pdf)
12. SISTEMAMID. Guia-Bombeo-de-Agua-con-Energia-Fotovoltaica Volumen 1 [En línea] 2018. [Fecha de consulta: 5 abril de 2022]. Disponible en: <https://sistemamid.com/wp-content/uploads/2020/04/Guia-Bombeo-de-Agua-con-Energia-Fotovoltaica-.pdf>
13. HITDEXCAN. Manual Software Aqua 1 [En línea] 2013. [Fecha de consulta: 15 enero de 2022]. Disponible en: [https://hitdexcan.blogspot.com/Manual\\_Aqua\\_Completo\\_PDF\\_Riego\\_Evaporacion\\_scribd.com](https://hitdexcan.blogspot.com/Manual_Aqua_Completo_PDF_Riego_Evaporacion_scribd.com)
14. EPANET. Software Epanet [En línea] 2010. [Fecha de consulta: 10 febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.epanet.upv.es/>
15. PVSYST. Software Pvsyst [En línea] 2013. [Fecha de consulta: 10 abril de 2022]. Disponible en: <https://www.pvsyst.com/download-pvsyst/>
16. DEXEN ENERGY. Celdas solares. Dexen Energy Web site. [En línea] Dexen Energy. [Fecha de consulta: 5 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.dexen.mx/celdas-solares/>
17. IBARRA, Francisco. Teoría de bombas [En línea] 2022. [Fecha de consulta: 15 febrero de 2022]. Disponible en: (99+) Cap 09 - Teoria de Bombas | Francisco Ibarra - Academia.edu
18. AVIDAN A., 1994. Determinación del régimen de riego de los cultivos. Fascículo 3. Cálculo de las Necesidades de riego. Ministerio de Agricultura de Israel. [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2021]
19. ARREQUIPA.ORG. Los parámetros climatológicos promedio de Arequipa. [Fecha de consulta: 13 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://www.arequipaperu.org/>
20. SOLARAMA. Tipos de sistemas fotovoltaicos y sus principales características. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://solarama.mx/blog/tipos-de-sistemas-fotovoltaicos/>
21. MONOSOLAR. Tipos de sistemas solares fotovoltaicos. [Fecha de consulta: 15 de octubre de

- 2022]. Disponible en: <https://www.monsolar.com/blog/tipos-sistemas-solares-fotovoltaicos/>
22. EWELINK. Descripción del aplicativo Ewelink-Smart. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://ewelink.uptodown.com/>
23. SONOFF. Manual del interruptor inteligente sonoff (BASICR2/RFR2). [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://sonoff.tech/>
24. BARRIGA GAMARRA, Benjamín. Métodos de diseño en Ingeniería Mecánica. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
25. BEZZIA. Sistema de riego para un huerto urbano. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.bezzia.com/sistemas-de-riego-para-un-huerto-urbano/>

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Selección de goteros según especificaciones y características

Fuente: [www.rainbird.com](http://www.rainbird.com)

#### SERIE PCT DE INUNDADORES ROSCADOS DE CAUDAL BAJO AUTOCOMPENSADOS

Bajos caudales y alta resistencia

RIEGO LOCALIZADO

- Las opciones de caudal medio proporcionan más flexibilidad para aplicaciones comerciales
- Codificadas por colores para identificar el caudal
- Los inundadores son ideales para diversas aplicaciones, como plantaciones de arbustos, árboles, contenedores, grandes macetas, plantas anuales y parterres.

#### CARACTERÍSTICAS

- Duraderos: diseñados para un entorno difícil. Fabricados en plástico duradero y resistente a rayos ultravioleta con roscas de 1/2".
- Flexibles: Al ser autocompensante

facilitan el diseño al proporcionar un caudal uniforme para un amplio rango de presiones (1,03 a 3,45 bares).

- Fáciles de identificar: los indicadores de colores facilitan la identificación del caudal. Marrón claro = 18,93 l/h, Violeta = 26,50 l/h y Verde = 37,85 l/h

#### ESPECIFICACIONES

Rangos de caudal: 18,93 a 37,85 l/h (5 a 10 gph)

Presión: 1,03 a 3,45 bares (15 a 50 psi)

Filtrado necesario: Malla de 100 mesh (150 micrones)

Entrada: las roscas FPT de 1/2" se han diseñado especialmente para su uso con:

- Tubos de PVC de 1/2"



- Difusores Rain Bird de la Serie 1800 con conector Retrofit kit
- Difusores Xeri-Pop con conector

#### MODELOS

PCT-05 (Ref.: X73005): Marrón claro, 18,93 l/h

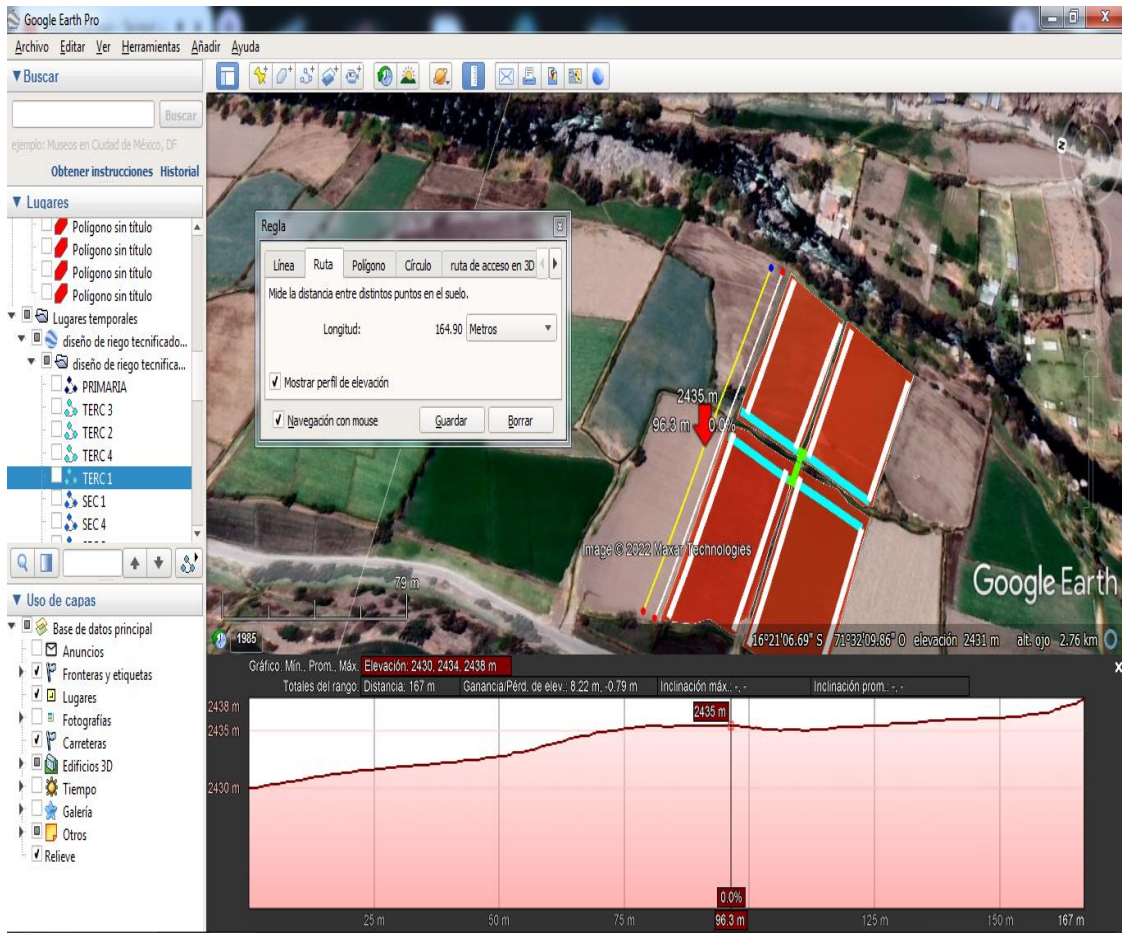
PCT-07 (Ref.: X73007): Violeta, 26,50 l/h

PCT-10 (Ref.: X73010): Verde, 37,85 l/h

## Anexo 2

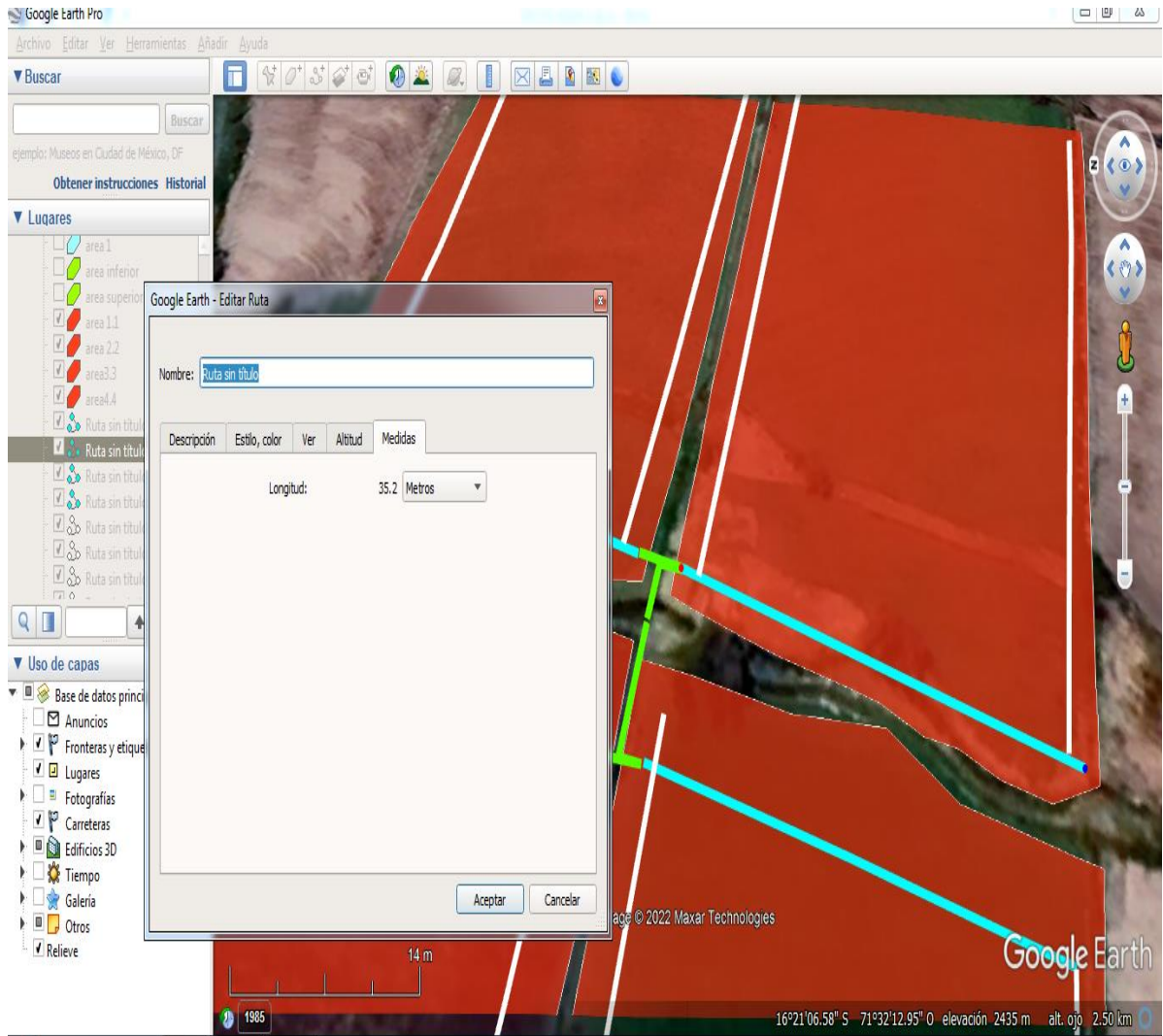
### Ubicación y tamaño del área de cultivo

(Google Earth Pro)

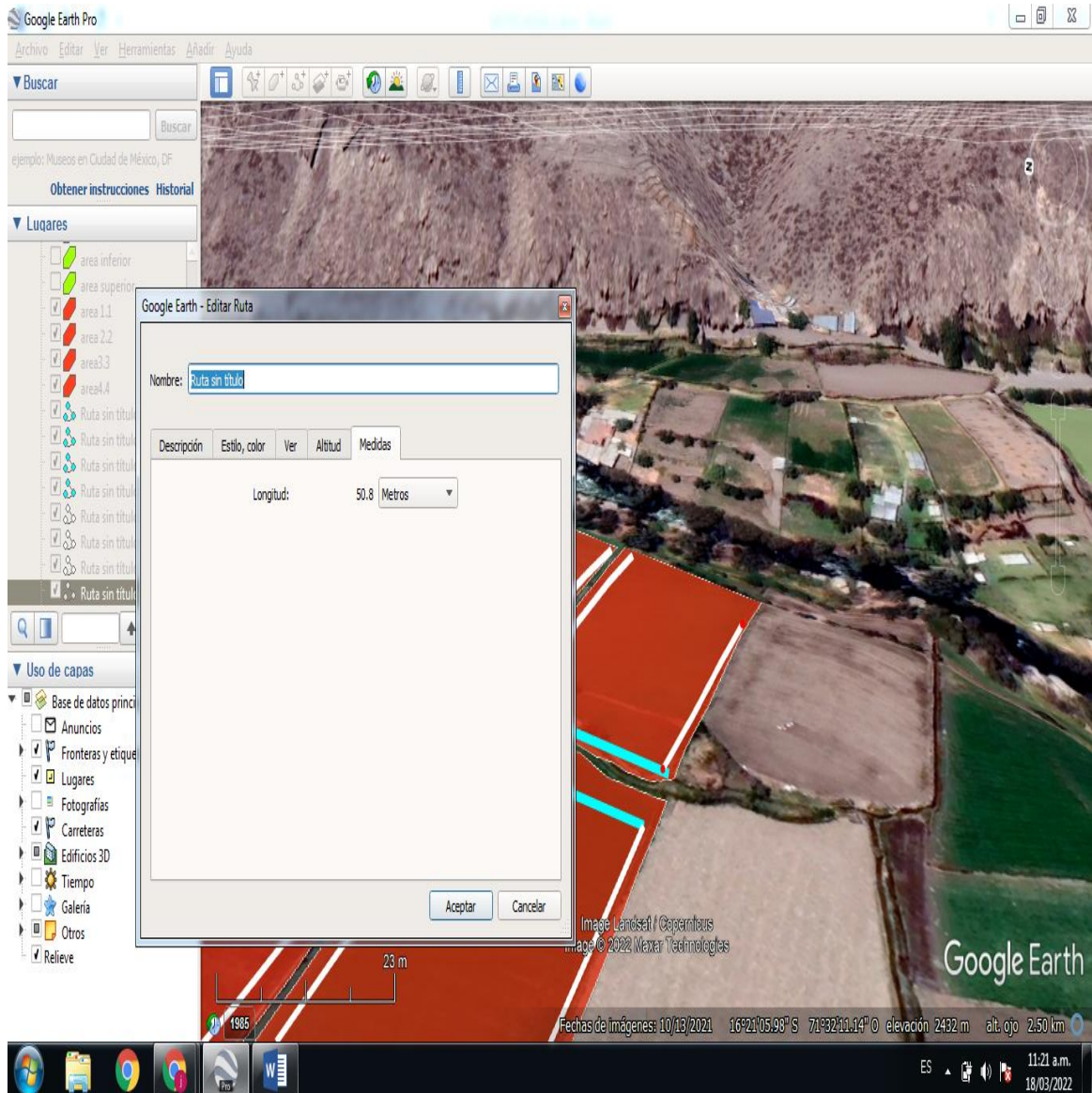




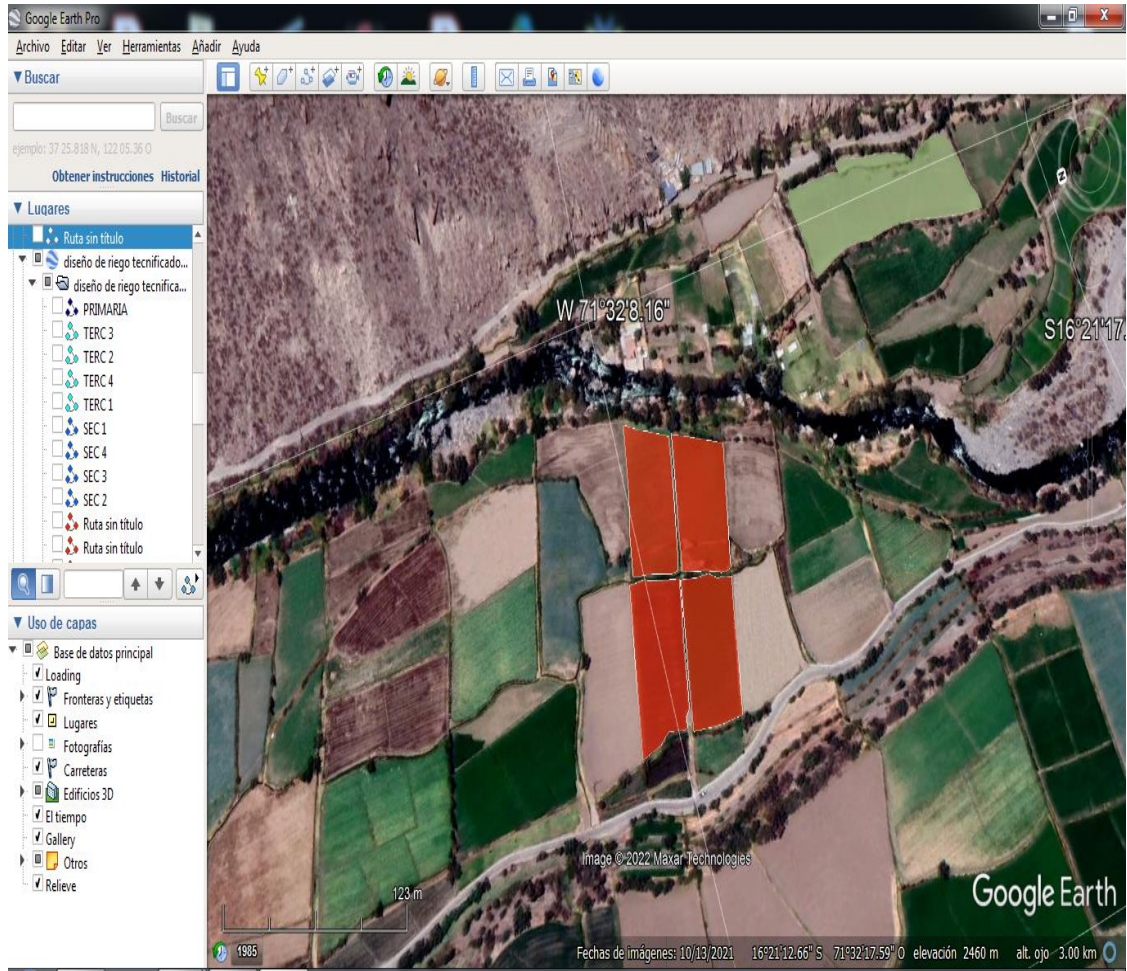
## Distancia de cultivo (A) – Google Earth Pro



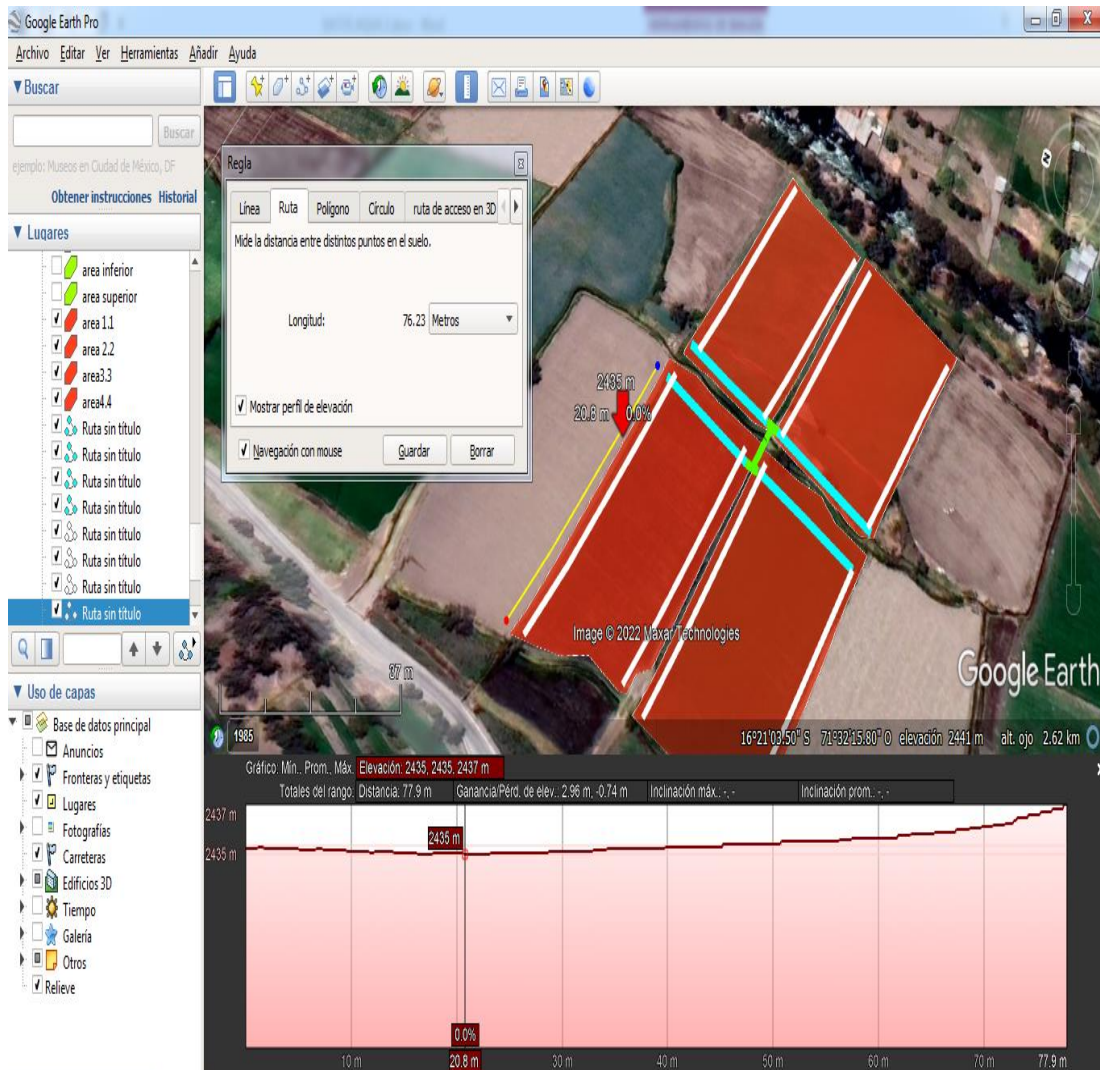
## Distancia de Cultivo (B) – Google Earth Pro



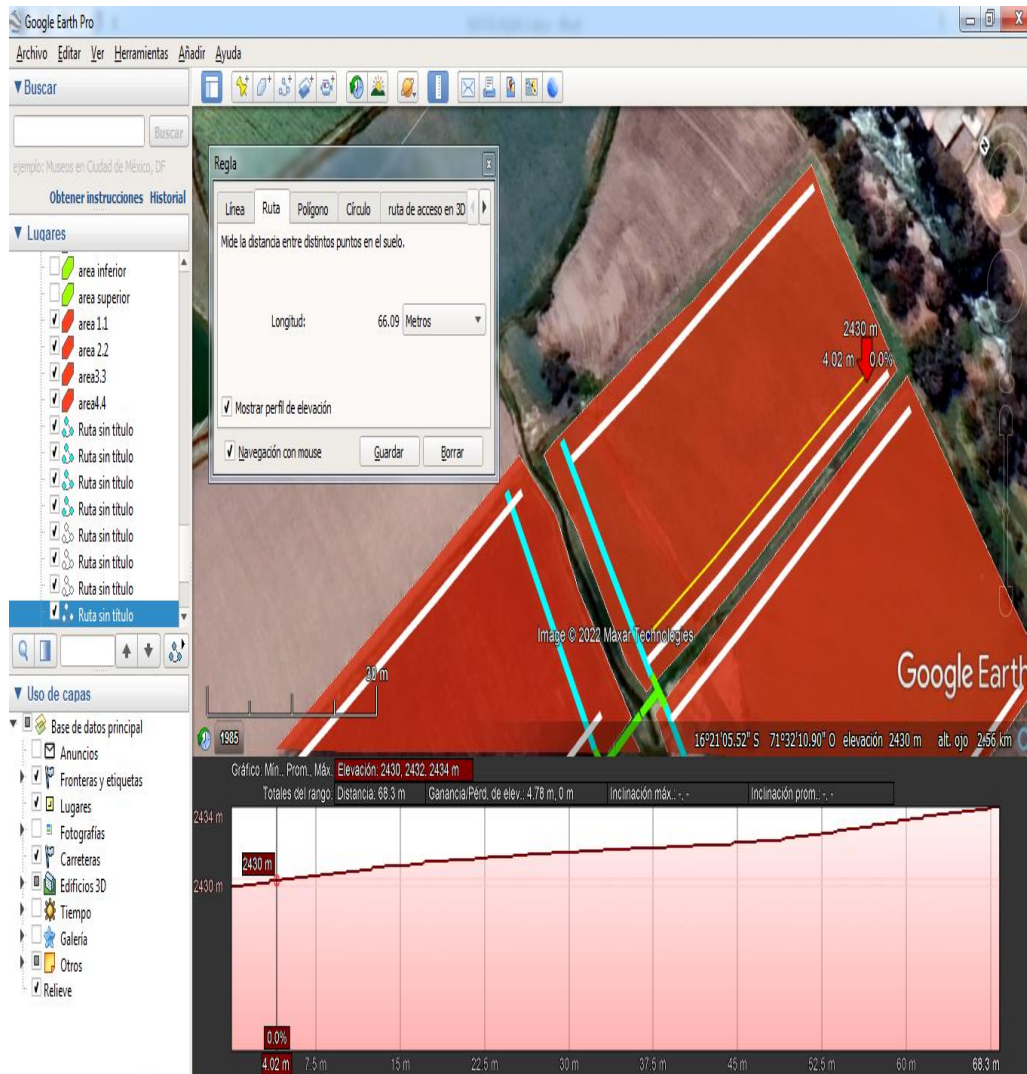
## Vista superior total del cultivo – Google Earth Pro



# Desnivel del Área de Cultivo – Google Earth Pro



## Localización de inclinación (2432 metros de elevación)



**Anexo 3**  
**Selección de tipos de suelos – Características**

Fuente: manual Aqua

Textura	Densidad aparente	Capacidad de campo	Pto. Marchitez Permanente	Agua Disponible o retención total	
	kg/l	%HG	%HG	%HG	%HV
Arenoso (duna)	1.50	4.60	1.40	3.20	4.80
Arenoso	1.56	7.50	1.80	5.70	8.89
Franco Arenoso	1.55	10.00	3.30	6.70	10.39
Franco	1.69	18.00	13.20	4.80	8.11
Franco Arcilloso	1.44	22.90	11.90	11.00	15.84
Arcilloso	1.33	27.10	14.90	12.20	16.23
Arcilloso pesado	1.47	28.00	18.20	9.80	14.41
Arcilloso muy pesado	1.31	35.60	25.00	10.60	13.89

#### Anexo 4

### Datos de temperaturas climatológicas en el punto de localización del cultivo (NASA)




Fuente: [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)

	temp max °C	temp min °C	rad ext. (MJ/m <sup>2</sup> / dia)	mm/dia	temp media °C	delta temp °C	Eto mm /dia
Enero	21.605231	3.9419046	40.981904	16.727308	12.773571	17.663333	4.94
Febrero	21.264285	4.1142857	39.668095	16.191059	12.689285	17.15	4.70
Marzo	21.616666	3.6690476	36.635238	14.953158	12.642857	17.947619	4.43
Abril	21.747142	2.1557142	32.220952	13.151409	11.951428	19.591428	3.98
Mayo	21.343333	0.9747619	28.04	11.444898	11.159047	20.368571	3.44
Junio	20.710476	0.6128571	25.912857	10.576676	10.661666	20.097619	3.10
Julio	20.922857	-0.118095	26.837142	10.953935	10.402380	21.040952	3.26
Agosto	21.761904	0.3066666	30.323809	12.377065	11.034285	21.455238	3.80
Septiembre	22.23428	1.066666	34.664285	14.148688	11.650476	21.167619	4.41
Octubre	22.750952	1.6414285	38.276190	15.622934	12.196190	21.109523	4.95
Noviembre	22.9271429	2.57142857	40.35666667	16.4721088	12.749285	20.3557143	5.22
Diciembre	22.3957143	3.42333333	41.1152381	16.7817298	12.90952381	18.972381	5.16

## Anexo 5

### Ficha técnica del panel solar de 390 W – 405 W

<https://pdf.archiexpo.es/pdf-en/canadian-solar/hidm5/62600-396307.html>







## HiDM5 (All-Black)




**ALL-BLACK HIGH DENSITY MONO PERC MODULE**  
**390 W ~ 405 W**  
**CS1Y-390 | 395 | 400 | 405MS**

Dimensions: 2021 × 996 × 35 mm (79.6 × 39.2 × 1.38 in)  
Weight: 22.6 kg (49.8 lbs)  
Max. System Voltage: 1000 V (IEC/UL)

#### MORE POWER

-  Aesthetically pleasing design blends into your roof
-  Maximize the light absorption area, module efficiency up to 20.1 %
-  Low temperature coefficient (Pmax): -0.37 % / °C
-  Better shading tolerance

#### MORE RELIABLE

-  Lower internal current, lower hot spot temperature
-  Minimizes micro-crack impacts
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa\*

#### 15 years enhanced product warranty on materials and workmanship\*

#### 25 years linear power output warranty\*

\*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

#### MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\*

ISO 9001:2015 / Quality management system  
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system  
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

#### PRODUCT CERTIFICATES\*

As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 40 GW deployed around the world since 2001.



## Anexo 6

### Ficha técnica del inversor de corriente de 5 KW

<https://www.tiendatecnored.cl/inversor-canadian-solar-3kw-monofasico-2925.html>



## SINGLE PHASE STRING INVERTER

3000W | 5000W

### KEY FEATURES



#### Enhance Solar System Output

Support high current PV modules with 12A operation current.



#### Max. Efficiency 98%

H6 Plus high efficient topology with Max. efficiency 98%, Europe 97.5%.



#### User Friendly

Light weight allows one person installation.  
Real-time monitoring with Cloud platform.  
Support one-click inverter configuration.  
Support remote parameter configuration & firmware update.



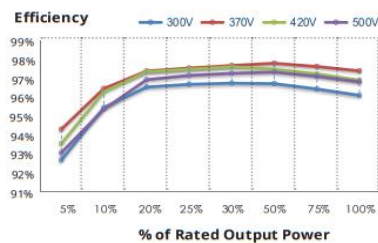
#### Higher Reliability

Integrated power module design.  
Integrated DC switch.  
Natural convection.  
IP65.



standard warranty, extension up to 10 years

### CSI-5K-S22002-E EFFICIENCY CURVE



**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 40 GW deployed around the world since 2001.

#### CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com)

## Características específicas del inversor 5KW

SYSTEM TECHNICAL DATA		
MODEL NAME	CSI-3K-S22002-E	CSI-5K-S22002-E
<b>DC INPUT</b>		
Max. PV Power (W)	4080	6500
Max. DC Input Voltage (V)	600	600
Start-up DC Input Voltage (V)	60	110
MPPT Operating Voltage Range (V)	60-500	100-550
Rated Input Voltage (V)	360	360
Max. Input Current (A)	12	12/12
Max. Short-Circuit Current (A)	15	15/15
Number of MPP Trackers	1	2
Number of DC Inputs	1	1/1
<b>AC OUTPUT</b>		
Rated Output Power (W)	3000	5000
Max. Output Power (W)	3000	5500
AC Grid Connection Type	L/N/PE	
AC Nominal Voltage And Range (V)	220/230/240 (180-280)	
AC Nominal Frequency And Range (Hz)	50/60 (±5)	
Max. Output Current (A)	13.6	25
Power Factor (@Rated Output Power)	>0.99	
Displacement Power Factor	0.8 leading to 0.8 lagging	
Total Harmonic Distortion (THDi)	<3%	
<b>EFFICIENCY</b>		
Max. Efficiency	97.8%	98.0%
European Efficiency	97.1%	97.5%
MPPT Efficiency	99.9%	99.9%
<b>SAFETY &amp; PROTECTION</b>		
DC Switch	Integrated	
Anti-Islanding Protection	Integrated	
DC Reverse-Polarity Protection	Integrated	
Insulation Monitoring	Integrated	
AC Over Voltage Protection	Integrated	
AC Over Current Protection	Integrated	
AC Short-Circuit Protection	Integrated	
Residual Current Protection	Integrated	
Overvoltage Class	II(DC), III(AC)	
<b>GENERAL PARAMETERS</b>		
Dimensions (W*H*D, mm)	308*357*136	355*435*158
Net Weight (kg)	8.2	13.5
Installation Method	Wall-mounted	
DC Connection Type	MC4/H4	
AC Connection Type	Connector	
Communication Interfaces	M16 ( WIFI/RS485/GPRS Optional )	
Display	LED Indicator	
Cooling	Natural Convection	
Protection Degree	IP65	
Operating Ambient Temperature Range (°C)	-25-60 (>45, derating operation)	
Relative Humidity (Non-Condensing)	0% ~ 100%	
Max. Operating Altitude (m)	4000 (>3000, derating operation)	
Acoustic Noise Emission Level (dBA)	<25	
Topology	Transformerless	
Night Power Consumption (W)	<1	
Safety and EMC	IEC 62109-1/2, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-3	
Grid Connection Standard	ABNT NBR 16149/16150:2013, IEC 61727, IEC 62116	

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

### CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com)

May 2020, All rights reserved. PV Inverter Product Datasheet V1.0\_EN

## Anexo 7

### Tanque de 5000 Lts-Ficha tecnica

Rotoplas.com.pe



## Tanques de Almacenamiento

### Especificaciones técnicas

- Material: polietileno de alta densidad.
- Color blanco y negro.
- Tapa: 18"
- Estándar o de acuerdo a necesidades del cliente.
- Únicamente los tanques para agua potable contienen capa antibacterial.
- Tanque de acuerdo a densidad de compuesto a almacenar:
  - Estándar 1.00 - 1.20 kg / cm<sup>3</sup>.
  - Reforzado 1.21 - 1.50 kg / cm<sup>3</sup>.
  - Doble reforzado 1.51 - 1.90 kg / cm<sup>3</sup>.
- Garantía: 5 años.
  - Por fallas de fabricación, no por daños ocasionados por una inadecuada instalación o manipulación.



### Cuadro de capacidades

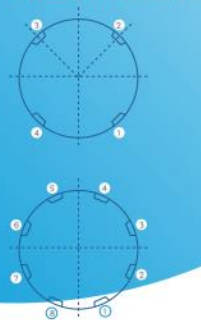
Descripción (L)	Altura "A" (m)	Diámetro "B" (m)	Placa "D" (m)	Ø Tapa "C" (in)	Peso* (kg)
TAN - 250	0.83	0.70	N/A	18"	8
TAN - 750	1.07	1.10	N/A	18"	16
TAN - 1100	1.43	1.10	N/A	18"	22
TAN - 2500	1.65	1.55	N/A	18"	50
TAN - 5000	1.82	2.22	0.2	18"	90
TAN - 10 000	3.26	2.20	0.2	18"	210
TAN - 25 000	3.96	3.00	0.2	18"	500

\* Los pesos arriba indicados son referentes a los tanques del tipo Estándar (S). Las medidas longitudinales tienen una tolerancia de +/- 2 cm y el peso una tolerancia de +/- 15 %.

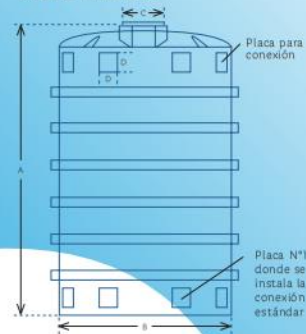
### Vistas superiores



### Vistas inferiores



### Vista frontal



\*Imagen referencial para tanques de 5000, 10000 y 25000.

rotoplas.com.pe

Rotoplas

(01) 614 2424

© Rotoplas, 2020.

## Beneficios

Tanques de Almacenamiento Rotoplas:

- Ideales para almacenar agua, alimentos y sustancias químicas.
- Fabricados con polietileno de alta densidad de grado alimenticio, 100 % virgen de una sola pieza.
- Fácil instalación de conexiones.
- No generan color, olor, ni sabor al producto almacenado.
- No se oxidan ni se corroen.
- No requieren complejos mantenimientos.
- Tanques estándar, reforzados y doble reforzados dependiendo el químico a almacenar.

## Accesorios\*

1. Conexión hexagonal con empaque EPDM o Vitón.
2. Niple corto de polipropileno.
3. Válvula Full Port.
4. Tubo de aireación tipo bastón de 2".
5. Válvula y flotador de 2".



Los accesorios Banjo se comercializan en tamaños desde 2", 3" y 4".

**Garantía de accesorios: 2 años para artículos Banjo y 1 año para válvula y flotador.**

\*Los accesorios no vienen incluidos con el Tanque. Consultar por los accesorios teniendo en cuenta la aplicación de almacenamiento. Para lo accesorios se debe realizar una verificación y mantenimiento de su estado al menos una vez al año.

## Sugerencias de instalación

Para una correcta instalación del Tanque de Almacenamiento es importante considerar:

1. Instalar sobre superficie plana.
2. No instalar el Tanque blanco al exterior.
3. Si va a instalar conexiones pesadas hacerlo sobre una base o elemento sujetador que soporte ese peso.
4. Si va a colocar conductos externos se sugiere al menos un tramo de manguera flexible.

## Recomendaciones adicionales

Para un mejor funcionamiento se recomienda:

1. Mantener el Tanque cerrado para evitar la entrada de bacterias o tierra que pudieran contaminar el líquido almacenado.
2. Consultar la guía de resistencias químicas para identificar el tipo de Tanque ideal.

Cualquier modificación física al diseño del producto o uso diferente al especificado invalida el respaldo de la garantía brindada por Rotoplas.

**rotoplas.com.pe**

