

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA
VICERRECTORÍA DE DOCENCIA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

**Diseño de sistema de riego sub-arbóreo para plantación de 160
hectáreas de banano en Parrita, Puntarenas.**

EDUARDO ARTURO GÓMEZ MARÍN

CARTAGO, 2018

Diseño de sistema de riego sub-arbóreo para plantación de 160 hectáreas de banano en Parrita, Puntarenas.

Eduardo Arturo Gómez Marín

Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

Ing. Armando Alvarado Chaves

Asesor - Lector

Ing. Marvin Villalobos Araya

Director Escuela
Ingeniería Agrícola

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

CARTAGO, COSTA RICA

2018

Dedicatoria

A mi esposa, que es el motor que me impulsa a emprender este y muchos otros proyectos de cara al presente y el futuro.

Agradecimiento

A mis padres, mi esposa, familia y amigos, que me han apoyado incondicionalmente en mi primera etapa y esta segunda como estudiante universitario y como profesional.

Índice de Contenidos

Índice de Contenidos	5
Índice de Cuadros	8
Índice de Figuras	10
Resumen	13
Abstract	13
Palabras Clave	14
1. Introducción	15
2. Objetivos	16
2.1 Objetivo General	16
2.2 Objetivos Secundarios	17
3. Revisión de Literatura	17
3.1 Aspectos Generales de la planta de Banano	17
3.1.1 Estructura Vegetativa	18
3.1.1.1 Sistema Radical	18
3.1.1.2 Rizoma	20
3.1.1.3 Seudotallo	20
3.1.1.4 Hojas	21
3.1.1.5 Hijos	22
3.1.1.6 Inflorescencia	22
3.1.2 Aspectos Ecológicos del Cultivo del Banano	23
3.1.2.1 Localización Geográfica	23
3.1.2.2 Altitud sobre el nivel del mar	23
3.1.2.3 Humedad ambiental requerida	24
3.1.2.4 Transpiración	24
3.1.2.5 Resistencia a la sequía	24
3.1.2.6 Temperatura	24
3.1.2.7 Viento	25
3.1.2.8 Luminosidad	25

3.1.2.9 Suelos para el cultivo del Banano	26
3.2 Evapotranspiración	26
3.3 Aspectos básicos de riego	33
3.3.1 Riego por Gravedad	36
3.3.2 Riego por Aspersión	37
3.3.2.1 Sistemas de riego por aspersión fija	37
3.3.2.2 Sistemas de riego por aspersión semi-fija	38
3.3.2.3 Sistema de riego por aspersión completamente móvil	38
3.3.3 Riego por Mini y Microaspersión	39
3.3.4 Riego por Goteo	40
4. Metodología	41
5. Resultados y discusión	42
5.1 Condiciones presentes en las zonas de El Jicote y Playón de Parrita	42
5.1.1 Cultivo	44
5.1.2 Ubicación geográfica de las fincas “El Chileno” y “Jicote”	45
5.1.3 Altitud sobre el nivel del mar	45
5.1.4 Pluviometría	46
5.1.5 Temperatura	46
5.1.6 Luminosidad	46
5.1.7 Tipo de suelo	46
5.1.8 Red de drenaje	46
5.1.9 Red de cable-vías	47
5.1.10 Horario de riego	47
5.2 Criterios y proceso de diseño	47
5.3 Escogencia y descripción de los equipos utilizados	54
5.3.1 Emisores	54
5.3.2 Válvulas	59
5.3.2.1 Válvula de operación y control en parcela	59
5.3.2.2 Válvulas de control de bombeo	62
5.3.2.3 Válvula de retención	64

5.3.2.4 Válvulas de evacuación de aire y vacío _____	65
5.3.2.5 Válvulas de alivio _____	66
5.3.3 Sistemas de filtrado _____	68
5.3.4 Tuberías _____	69
5.3.5 Sistemas de bombeo _____	70
5.4 Operación del sistema _____	76
5.4.1 Generalidades _____	77
5.4.2 Revisión antes de iniciar la operación _____	77
5.4.3 Operación en campo _____	78
5.4.4 Operación de bombas _____	78
5.5 Análisis económico del Proyecto de Inversión _____	81
5.6 Mantenimiento del sistema _____	89
5.6.1 Generalidades _____	89
6. Conclusiones y Recomendaciones _____	97
7. Bibliografía _____	98
8. Anexos _____	104
8.1 Anexo N° 1: Plano topográfico con canales, cable-vía y curvas de nivel _____	104
8.2 Anexo N° 2: Plano de diseño de parcela típica de riego _____	105
8.3 Anexo N° 3: Muestra de cálculo hidráulico de parcela típica _____	106
8.4 Anexo N° 4: Plano del sistema de riego para la bomba N°1, “El Chileno” _____	109
8.5 Anexo N° 5: Distribución de turnos para operación de bomba N° 1 _____	110
8.6 Anexo N° 6: Caudales y presiones para turnos de operación, bomba N° 1 _____	111
8.7 Anexo N° 7: Muestra de cálculo hidráulico de la red principal, bomba N° 1 _____	112
8.8 Anexo N° 8: Plano del sistema de riego para la bomba N°2, “Jicote” _____	119
8.9 Anexo N° 9: Distribución de turnos para operación de bomba N° 2 _____	120
8.10 Anexo N° 10: Caudales y presiones para turnos de operación, bomba N° 2 _____	121
8.11 Anexo N° 11: Muestra de cálculo hidráulico de la red principal, bomba N° 2 _____	122

Índice de Cuadros

Cuadro 3.2.1 Factores de conversión para expresar la evapotranspiración _____	29
Cuadro 3.2.2 ETo promedio para diferentes regiones agroclimatológicas en mm/día _____	30
Cuadro 3.2.3 Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo, Kc y alturas medias máximas de las plantas para cultivos no estresados y bien manejados en climas sub-húmedos ($HR_{min} \approx 45\%$, $u_2 \approx 2 \text{ m s}^{-1}$) para usar en la fórmula de la FAO Penman-Monteith ETo. _____	35
Cuadro 5.2.1 Valores precipitación y evapotranspiración procesados a través de la metodología de Hargraeves _____	49
Cuadro 5.3.2 Valores de entrada para diseño, condición de cultivo _____	75
Cuadro 5.3.3 Valores de entrada para diseño, características del aspersor, ubicación de tuberías en parcela típica _____	75
Cuadro 5.3.4 Valores de salida del diseño, cantidad de aspersores, caudales y tuberías en parcela típica _____	76
Cuadro 5.3.5 Valores de salida del diseño, bombas y sus características _____	76
Cuadro 5.5.1 Flujos netos del proyecto de Inversión _____	85
Cuadro 5.5.2 Flujo de caja del proyecto de Inversión _____	88
Cuadro 5.6.1 Guía para realizar el mantenimiento del sistema de riego _____	89
Cuadro 5.6.2 Instrucciones para localización y reparación de fallas _____	92
Cuadro 8.3.1 Caudal y presión requeridos en la válvula de la parcela típica utilizando Irricad V15.08 _____	106
Cuadro 8.3.2 Muestra de cálculos hidráulicos para la parcela típica utilizando Irricad V15.08 _____	106
Cuadro 8.6.1 Caudal y presión requeridos en el sistema de bombeo N°1 “El Chileno”, Irricad V15.08 _____	111

Cuadro 8.7.1 Muestra de cálculos hidráulicos para la conducción principal de la bomba N°1 “El Chileno”, Irricad V15.08 _____	112
Cuadro 8.10.1 Caudal y presión requeridos en el sistema de bombeo N°2, “Jicote”, Irricad V15.08 _____	121
Cuadro 8.11.1 Muestra de cálculos hidráulicos para la conducción principal de la bomba N°1 “Jicote”, Irricad V15.08 _____	122

Índice de Figuras

Figura 3.2.1 Representación esquemática de un estoma	27
Figura 3.2.2 Comportamiento de la evapotranspiración durante período de crecimiento de cultivo anual	28
Figura 3.2.3 Esquematación de la evapotranspiración a lo largo del ciclo del cultivo	31
Figura 3.2.4 Efectos de la evapotranspiración sobre el K_c	32
Figura 3.2.5 Curva generalizada del coeficiente de cultivo K_c	33
Figura 5.1.1 Fotografía aérea de la delimitación del área nueva de riego de Frutas Selectas del Trópico	43
Figura 5.1.2 Ubicación cartográfica del área nueva de riego Frutas Selectas del Trópico	44
Figura 5.1.3 Espaciamiento de siembra	45
Figura 5.2.1 Diseño Agronómico para riego de la parcela típica	51
Figura 5.2.2 Diseño agronómico para riego de domos de siembra	52
Figura 5.3.1.1 Densograma de aspersor 2014HD espaciado a 9.60 x 10.00 metros en tres bolillos	54
Figura 5.3.1.2 Aspersor Senninger modelo 2014-HD	55
Figura 5.3.1.3 Cartilla técnica aspersor Senninger modelo 2014-HD	56
Figura 5.3.1.4 Tabla de selección de aspersores Senninger	57
Figura 5.3.2.1.1 Válvula hidráulica reguladora de presión modelo 96-3-PR de 75 mm, fabricada en uPVC	58
Figura 5.3.2.1.2 Esquemas de funcionamiento de válvulas hidráulicas	58
Figura 5.3.2.1.3 Válvula de tres vías para control de válvula hidráulica	59
Figura 5.3.2.1.4 Piloto regulador de presión modelo 29-100 para control de válvula hidráulica	59
Figura 5.3.2.1.5 Válvula tipo “Schrader” para toma de presión	60
Figura 5.3.2.1.6 Estructura de colocación de válvula hidráulica y purga de aire	61
Figura 5.3.2.2.1 Válvula mariposa de cierre lento modelo DBV-GEAR para control de bombeo	62

Figura 5.3.2.2 Válvula mariposa de cierre lento modelo DBV-GEAR para control de bombeo _____	62
Figura 5.3.2.3.1 Válvula de retención (check) de doble ala para protección y succión de bombeo _____	63
Figura 5.3.2.4.1 Válvula de evacuación de aire y vacío en campo _____	64
Figura 5.3.2.4.2 Válvula de evacuación de aire y vacío en bombeo _____	65
Figura 5.3.2.5.1 Válvula de alivio de presión _____	66
Figura 5.3.3.1 Filtro de anillos 38 mm _____	67
Figura 5.3.3.2 Filtros auto-limpiantes para succión de bombas _____	68
Figura 5.3.4.1 Tuberías de PVC _____	69
Figura 5.3.5.1 Sistema de bombeo “El Chileno” _____	70
Figura 5.3.5.2 Curva de operación Sistema de bombeo “El Chileno”, bomba Cornell modelo 6HH _____	71
Figura 5.3.5.3 Características de bomba Cornell modelo 6HH - 111 KW (150 HP) _____	72
Figura 5.3.5.4 Curva de operación sistema de bombeo “El Jicote”, bomba Cornell modelo 5HH _____	73
Figura 5.3.5.5 Características de bomba Cornell modelo 5HH - 75 KW (100 HP) _____	74
Figura 8.1 Plano de información de campo de fincas “El Chileno” y “Jicote” con información topográfica de curvas de nivel, dimensión de canales primarios, secundarios y terciarios _____	104
Figura 8.2 Plano de información de campo de fincas “El Chileno” y “Jicote” con información topográfica de curvas de nivel, dimensión de canales primarios, secundarios y terciarios _____	105
Figura 8.4 Plano del diseño hidráulico de la red principal de la bomba N°1, “El Chileno” _____	109
Figura 8.5 Plano del diseño de operación para la bomba N°1, “El Chileno” _____	110
Figura 8.8 Plano del diseño hidráulico de la red principal de la bomba N°2, “Jicote” _____	119

Figura 8.9 Plano del diseño de operación para la bomba N°2, “Jicote” _____ 120

Resumen

Se efectuó una revisión bibliográfica de los aspectos relevantes del cultivo del banano a nivel comercial para llevar a cabo el diseño de un sistema de riego por aspersión sub-arbórea en las fincas “El Chileno y El Jicote” de la compañía Frutas Selectas del Trópico, investigándose además brevemente sobre las diferentes metodologías de riego que existen para poder determinar el uso de riego por aspersión como la metodología que mejor se adapta a las condiciones climáticas y de cultivo.

Se recopiló información climatológica de la zona y se realizaron varias visitas a campo para conocer mejor el terreno y plantear un diseño muy de la mano con las condiciones presentes, una vez determinadas las variables básicas y criterios de diseño, se procedió a efectuar el diseño agronómico del sistema de riego, para luego trazar las parcelas típicas que corresponden a una válvula de control con sus respectivas tuberías y aspersores, posteriormente se trazó la tubería principal desde las parcelas más lejanas hasta las bombas de operación.

Se efectuó el cálculo hidráulico utilizando el software de diseño de riego Irricad versión 15.08, obteniéndose los diámetros de las tuberías que cumplen hidráulicamente con los criterios de diseño como con criterios económicos para que la inversión inicial sea realista.

Se efectuó además una presupuestación y análisis económico del proyecto para confeccionar una propuesta de venta del sistema que fuera atractiva para Frutas Selectas del Trópico de manera que ellos pudieran realizar su flujo de inversión.

Por último, se plantearon dos metodologías para llevar a cabo tanto la operación del sistema como el mantenimiento preventivo y correctivo del mismo.

Abstract

A bibliographic review of the relevant aspects of commercial banana cultivation was carried out to carry out the design of a under-tree sprinkler irrigation system, investigating also briefly the different irrigation methodologies that exist to define the use of sprinkler irrigation as the best methodology for climatic and crop conditions.

Climatological information was collected from the area and several field visits were made to better understand the terrain and to propose a very handy design with the present conditions, once the basic variables and design criteria were determined, the agronomic design was carried out of the irrigation system and then tracing the typical plots corresponding to a control valve with their respective pipes and sprinklers, the main pipeline was then drawn from the farthest plots to the operating pumps.

The hydraulic calculation was carried out using the irrigation design software Irricad version 15.08, obtaining the diameters of the pipes that comply hydraulically with the design criteria as with economic criteria so that the initial investment is realistic.

An economic budgeting and analysis of the project was also made to prepare a proposal for the sale of the system that would be attractive to Selected Fruits of the Tropics so that they could realize their investment flow.

Finally, two methodologies were proposed to carry out both the operation of the system and the preventive and corrective maintenance.

Palabras Clave:

- Sistema de Riego
- Evapotranspiración
- Parcela Típica
- Aspersor
- Tubería

1. Introducción

El cultivo del banano es una agroindustria de tipo extensiva que emplea un gran número de personas, siendo el primer producto agrícola de exportación de Costa Rica, produciendo en el 2016 la suma record de 120 millones de cajas de 18,14 kilogramos por un monto de \$986 millones de dólares en ventas al exterior, a sus principales mercados Los Estados Unidos de América y Europa.

En Costa Rica según la Corporación Bananera Nacional, Corbana, para el 2015 el área sembrada de banano en todo el país fue de 43024 hectáreas, dando trabajo de forma directa a unas 40000 personas, lo que indica aproximadamente un trabajador por hectárea, siendo una de las actividades agrícolas más demandantes de personal, además de forma indirecta Corbana estima que esta actividad beneficia otras cien mil personas más.

La productividad media del país medida en cajas de 18,14 kilogramos por hectárea por año, está calculada para el año 2016 en 2847 (Corbana).

Debido a condiciones de mayor luminosidad, buen régimen de lluvias, buenos suelos y áreas libres de algunas enfermedades que representan bastante dinero para su control en la zona del Caribe, varias compañías bananeras se asentaron en la zona del Pacífico Central y Sur del país.

En esta zona del pacífico central el patrón de lluvias es bastante definido y se da desde inicios de mayo hasta mediados de diciembre, por lo que se tiene una estación seca que comprende de 4,5 a 5,0 meses, siendo esto perjudicial para la planta de banano si no se toman las medidas necesarias para minimizar el efecto de la sequía.

Es por esta razón es que las compañías que se asentaron en la vertiente del pacífico tomaron dentro de sus costos de inversión y de operación el rubro de colocar sistemas de riego que brinden la humedad necesaria a la plantación para que esta mantenga y supere los ritmos de producción.

De esta manera la compañía Frutas Selectas del Trópico S.A. se establece en Parrita en el año 2002 para iniciar la producción de banano y piña, debido a la experiencia que tienen en Guatemala donde está su casa matriz, decidieron colocar un sistema de riego por aspersión de tipo sub-arbóreo, para una primera finca de 221 hectáreas; posteriormente han venido ampliando el área de cultivo hasta llegar a un área neta de 678 hectáreas efectivas, ubicadas tanto en La Palma como en Playón Sur de Parrita.

La razón de seguir con la expansión de sus operaciones en esta zona de Parrita es debido a los buenos resultados en productividad, llegando a tener valores de hasta 3800 cajas por hectárea por año con una media en 2014 de 3068 cajas por hectárea por año, catalogándose estos valores como los mejores del país.

Resultados que los explican debido a las condiciones de luminosidad presentes en buena parte del año, los tipos de suelo que tienen en sus fincas, el buen manejo cultural de la plantación y el buen manejo de fertilización que se efectúa a través del sistema de riego, donde han comprobado que, aplicando cantidades menores de fertilizante con relación a la forma tradicional, pero con una mayor frecuencia, permite que la planta aproveche mejor los productos aplicados.

Para aprovechar algunas partes de la finca que por un periodo de varios años tuvieron alquilada a un productor de papaya y que dieron por terminada la relación, decidieron establecer una nueva plantación en un área bruta de 160 hectáreas, para la cual se diseñó el sistema de riego que es objeto de este trabajo.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de riego por aspersión sub-arbórea para una plantación de banano para un área bruta de 160 hectáreas, estableciendo el rol de operación más eficiente, así como establecer un plan preliminar de mantenimiento del sistema y sus componentes.

2.2 Objetivos Específicos

- Efectuar el diseño agronómico del sistema de riego de manera que armonice con el sistema de cable vías, sistema de drenaje y la plantación.
- Efectuar el diseño hidráulico del sistema, seleccionando el emisor, válvulas, tuberías y bombas que requiere el sistema.
- Confeccionar un rol de operación o funcionamiento del sistema para llevar a cabo el riego del cultivo de la forma más eficiente ajustándose a los tiempos y días de riego definidos por la finca.
- Confeccionar una guía de mantenimiento preventivo del sistema para ejecutar de forma preliminar al inicio de la temporada de riego, así como de mantenimiento de los componentes durante la operación del sistema.

3. Revisión de Literatura

3.1 Aspectos Generales de la planta y cultivo del Banano

Se considera que es una planta originaria del Sureste Asiático específicamente de Malasia e Indonesia y se atribuye al Reverendo Fray Tomás de Berlanga, Obispo de Panamá la introducción de las plantas a Santo Domingo, dichas plantas traídas desde las Islas Canarias en el año 1516, de allí se propagó a otras islas y luego a tierra continental.

No se tiene una fecha clara de la introducción de variedades comerciales al Caribe y Centroamérica, pero se tiene evidencia de que las primeras plantaciones se desarrollaron en Jamaica y Panamá por el año 1866.

En Costa Rica se conoce que las primeras siembras se establecieron en el valle de Zent de Limón con semillas traídas por Minor C. Keith desde Panamá en el año 1872.

El banano es una planta herbácea con seudotallos aéreos, es del género de las Musas de la especie *Musa Acuminata*, con hojas en distribución helicoidal, las cuales generan numerosas yemas laterales que al hacer la programación de cosecha, se escogen como “hijos o nietos” y así asegurar la continuidad de la producción a partir del meristemo inicialmente

sembrado, por lo anterior se le considera perenne porque precisamente del rizoma que permanece crecen yemas nuevas que pasan a producir plantas nuevas.

Es una planta de mucho vigor de crecimiento muy veloz y continuo cuando tiene las condiciones ecológicas ideales, su inflorescencia aparece cuando se detiene el crecimiento de hojas y raíces.

Son determinantes para su buen desarrollo la luminosidad de la zona, la temperatura y buenas reservas de nutrientes y humedad.

Comercialmente existen muchas variedades, sin embargo, una de las más comunes que se siembra en Costa Rica es la Cavendish Gran Enano o Musa AAA Cavendish cv gran enano.

Planta que alcanza de los 3 a los 3,50 metros de altura, con un sistema radicular que alcanza hasta los 0,90 metros de profundidad que produce racimos de forma cónica con una producción de manos de 10 a 13 y con tamaño de dedos o bananos de 0,20 a 0,25 metros.

3.1.1 Estructura Vegetativa

A la planta se le puede dividir en varias partes o estructuras que la componen siendo definidas como sigue:

- Sistema Radical
- Rizoma
- Seudotallo
- Hojas
- Hijos
- Inflorescencia

3.1.1.1 Sistema Radical

El sistema radical de la planta de banano le permite anclarse al suelo y a su vez absorber y conducir el agua y los nutrientes presentes en el suelo (Rodríguez, Costa Rica 2008).

Este sistema está compuesto por un sistema radical primario y uno secundario o adventicio, el sistema primario se origina en la superficie del rizoma y el secundario en las raíces primarias.

Las raíces tienen forma de cordón y aparece en grupos de 3 o 4, en diámetros que oscilan entre 5 y 10 mm, la variación depende del tipo de clon, son de color blanco cuando emergen y se tornan amarillentas.

Dichas raíces pueden alcanzar longitudes de 5 a 10 metros si no son obstaculizadas durante su crecimiento, el grosor disminuye en forma constante conforme se alejan de la planta (Soto y Ruíz, Costa Rica 1992).

Según los mismos autores, el número de raíces guarda relación con el tamaño del tallo, “en hijos (yemas laterales) cuyo desarrollo es inhibido por la planta madre (corno), se observa buen desarrollo de raíces”.

Durante los primeros meses de crecimiento vegetativo se tiene una buena producción de raíces siendo funcionales alrededor de un 25% a un 50%.

Conforme la planta va creciendo y acercándose a la etapa de floración, puede llegar a un máximo de 500 raíces de las cuales solo son funcionales alrededor de un 17%, luego la formación de raíces disminuye a partir de esta etapa de floración.

La planta de banano para el buen crecimiento radicular requiere de suelos profundos con textura media o ligera, bien aireados y de buen drenaje.

Las raíces de banano son de crecimiento rápido y muy sensibles al déficit o exceso hídrico ya que el 65% de ellas se encuentra en los primeros 30 centímetros de profundidad mientras que las raíces profundas pueden llegar hasta el 1,50 metros de profundidad y en distancias horizontales de hasta 2,50 a 3 metros, observándose que del 85% al 90% de las raíces se encuentran comprendidas en los primeros 60% de profundidad. (Atlas Agropecuario de Costa Rica, 1994).

Resumiendo, sobre la ubicación y porcentaje de raíces se tiene que el 65% de las mismas se ubica en los primeros 30 centímetros, del 21% al 22% entre los 30 y 60 centímetros y del

13% al 14% de los 60 a 90 centímetros de profundidad. (Shalhevet, Mantell, Bielorai, Shimshi 1976).

Las plantas de banano poseen una gran capacidad de reposición de las raíces no funcionales o dañadas por el ataque de plagas como el nematodo y algunas enfermedades.

3.1.1.2 Rizoma

El rizoma es la estructura que se encuentra bajo tierra, comúnmente se le conoce como “Cormo”, crece a partir del meristemo apical y al desarrollarse produce el seudotallo.

Contiene un eje mayor dominante que junto con las yemas laterales (retoños) se originan a cierta distancia del meristemo apical, siendo considerado como de ramificación monopódica (Torres 2012).

Como indican Soto y Ruíz 1992, los entrenudos son muy cortos por lo que el cormo crece poco en altura, sin embargo, es grueso y carnoso debido a la gran cantidad de parénquima amiláceo. Los nudos están muy agrupados y en cada uno de ellos hay una hoja cuya base foliar se extiende lateralmente hasta circundar el cormo.

Se considera como el verdadero tallo del banano por medio de cual se generan los hijos a partir de una yema vegetativa que emerge del cormo precisamente donde el cilindro central atraviesa la corteza y donde se encuentra la zona de inserción de las hojas.

Las zona exterior o cortical tiene una función de protección y en el área central o área activa se originan el sistema aéreo y el sistema radical.

3.1.1.3 Seudotallo

Es la parte superficial de la planta con semejanza a un tronco de árbol, está formado por un cúmulo apretado de vainas foliares superpuestas entre ellas.

Con forme emergen las hojas el seudotallo continúa creciendo hacia arriba hasta alcanzar su máxima altura lo que se conoce como tallo verdadero que es el tallo floral que sirve de soporte a la inflorescencia.

El seudotallo le da a la planta apoyo y le genera una gran capacidad de almacenaje de reservas amiláceas e hídricas, además le permite a la planta alcanzar altura y elevar el sistema foliar para captar mejor la luz solar, el diámetro de esta estructura puede alcanzar hasta los 50 centímetros dependiendo de la variedad y dar soporte suficiente para soportar el peso de las hojas y la inflorescencia o racimo que puede llegar a pesar hasta 75 kilogramos.

3.1.1.4 Hojas

La hoja es una estructura que consta de una vaina, un pecíolo, nervadura central y limbos, en estado maduro se le denominan hojas verdaderas.

Son los órganos fotosintéticos principales de la planta de banano, emergen desde el meristemo apical desde centro del seudotallo enrolladas en forma de cigarro, el extremo distal de la vaina que se está alargando se contrae hasta formar un pecíolo y este se convierte en la nervadura central que divide al limbo en dos hemisferios o láminas, la parte superior de la lámina u hoja se denomina superficie adaxial o haz y la parte inferior se denomina abaxial o envez, y están distribuidas en forma espiral en la parte alta del seudotallo, creciendo en forma semi-arqueadas.

Los estómas, se encuentran con menor frecuencia en la superficie adaxial que en la abxial, sin embargo, clones como el Gran Enano presentan un número muy elevado por área en ambas superficies (Soto y Ruíz 1992).

Una planta de banano puede emitir de 25 a 35 hojas con una frecuencia de emisión de 7 a 10 días, siempre y cuando se presenten las condiciones favorables para su crecimiento, al momento de la floración una planta de Gran Enano puede alcanzar un número de 15 hojas de 2,41 metros de largo y con un ancho máximo de hasta 1,02 metros para un área foliar de 28,90 metros cuadrados.

Las láminas son alargadas y divididas por una nervadura central de la cual surgen una gran cantidad de pequeñas nervaduras en forma perpendicular, la nervadura principal de la hoja termina en una punta a la que se le denomina ápice.

Además, la planta genera lo que se conoce como una “hoja bracteal” o placenta que se distingue por ser más pequeña y siempre acompaña al racimo sirviendo de protección temprana para el mismo, es una hoja de transición hacia la flor.

También la planta genera una hoja conocida como “corbata” que cubre al racimo y se suele tirar hacia atrás para efectuar el embolse del racimo.

3.1.1.5 Hijos

El hijo es un brote lateral surgido de una yema desde el rizoma, se desarrolla muy cerca de la planta madre y se le conoce como retoño, cuando está en su primera etapa de desarrollo se le conoce como hijuelo, una vez que desarrolla hojas verdaderas se la pasa a conocer como el hijo.

Se pueden desarrollar dos tipos de hijo según su morfología, el denominado hijo espada con hojas estrechas y rizoma grande y el otro que se conoce como hijo de agua cuyas hojas son anchas y rizoma pequeño, estos últimos no cuenta con una conexión fuerte con la planta madre y se suelen desechar porque no producen una planta robusta y consecuentemente no tienen valor comercial.

La cantidad de hijos producidos depende de cada variedad, pero se busca escoger el más robusto y que posea la dirección correcta para reemplazar a la planta madre y ser su sucesor.

3.1.1.6 Inflorescencia

La inflorescencia es una estructura que contiene las flores que después se desarrollan en frutos, está apoyada en el tallo verdadero o tallo floral que a su vez es producido en el punto de crecimiento terminal del rizoma, creciendo a través del seudotallo y emergiendo en la parte alta de la planta una vez que ha brotado la última hoja “cigarro”.

Primero emergen las flores pistiladas o femeninas de las cuales devienen los frutos, mediante partenocarpia (sin intervenir la polinización), el ovario se desarrolla en un fruto sin semillas, mientras va surgiendo la hoja bracteal deja al descubierto las flores femeninas que están aglomeradas y se transforman en “manos” de frutos a lo largo del raquis o “pinzote”.

El número de manos que se desarrollan en un racimo depende del genotipo de la variedad y de las condiciones ambientales en que se desarrolle la planta.

Conforme las flores femeninas se transforman en frutos, la porción distal de la inflorescencia se elonga produciendo flores estaminadas o masculinas, estas flores producen polen que puede ser fértil o no; también pueden emerger en el raquis un tercer tipo de flores llamadas hermafroditas o neutro, estas flores no devienen en frutos ni producen polen.

El racimo se puede considerar como el conjunto de frutos que aparecen a lo largo del raquis o Pinzote que es un pedúnculo o tallo que soporta la inflorescencia y la fija al rizoma.

3.1.2 Aspectos Ecológicos del Cultivo del Banano

3.1.2.1 Localización Geográfica

Por sus características fisiológicas la planta del banano se desarrolla o tiene su zona con condiciones óptimas en las regiones tropicales que presentan condiciones húmedas y cálidas.

Su ubicación geográfica natural está situada entre los 30 grados de latitud norte y los 30 de latitud sur, teniendo su mayor potencial entre los 0 y 15 grados de latitud norte y sur (Soto y Sancho 1992).

Las zonas productoras de Costa Rica tanto en el Caribe con el Pacífico están ubicadas entre las coordenadas CRTM05 (933725, 615156) hasta (1165979, 541031) sur a norte y (1053414, 652215) hasta (1056717, 457327) este a oeste.

3.1.2.2 Altitud sobre el nivel del mar

La altitud está relacionada con el desarrollo y ciclo biológico de la planta, entre más altitud sobre el nivel del mar se establezca la plantación más tiempo durará el ciclo de vida de la planta y por lo tanto se prolongará el tiempo en producir, lo que afecta económicamente la actividad.

Por lo que el rango de altitud donde mejor se comporta la planta en cuanto a su desarrollo para considerársele rentable está definido entre los 0 y 300 metros sobre el nivel del mar. (Atlas Agropecuario de Costa Rica, 1994).

3.1.2.3 Humedad ambiental requerida

Debido a su estructura botánica, la planta de banano requiere de una excelente disponibilidad de agua o humedad en el suelo, para que las cosechas sean económicamente rentables se debe suministrar de 100 a 180 milímetros de agua por mes (Soto y Sancho 1992).

3.1.2.4 Transpiración

Por tener un área foliar grande y una alta distribución de estomas sobre la misma, la planta genera altos volúmenes de transpiración, cuando las hojas están totalmente expuestas a la radiación solar y los estomas completamente abiertos, puede tener un consumo de 40 a 50 mg/dm²/minuto, lo que representa un consumo diario de 30 a 35 litros por día.

3.1.2.5 Resistencia a la sequía

La planta de banano presenta un poco resistencia a la sequía, cuando se presenta déficit hídrico los estomas tienden a cerrarse pero no en su totalidad, lo que baja en mucho el ritmo de transpiración, este proceso se produce mucho antes de que se alcance el punto de marchitez permanente (PMP) y se estima alrededor de 40 mm por mes.

Sin el adecuado suplemento de humedad ya sea por precipitaciones o por riego, las hojas se desecan, se marchitan las vainas y finalmente se produce ruptura del seudotallo, el rizoma es un poco más tolerante a la sequía y protegido por el suelo tiene la capacidad de revivir después de volver a obtener humedad.

La gran demanda hídrica que tiene el sistema foliar requiere que el sistema radical cuente con una fuente de humedad para su constante alimentación, estando este nivel cercano o igual a capacidad de campo, pero sin llegar a la saturación del suelo.

3.1.2.6 Temperatura

La temperatura es una variable climática clave para el crecimiento y desarrollo de la planta de banano, los mejores resultados se presentan cuando esta se encuentra entre los 21 y 29,5 °C, a los 30 °C el crecimiento de la planta es máximo, pero los mejores rendimientos se pueden encontrar cuando se tiene una media de 27 °C.

La temperatura mínima por debajo de la cual la planta se vuelve improductiva es de 15,6 °C y la máxima donde por encima de ella también la planta deja de rendir es de 37,8 °C.

Por debajo y por encima de esas temperaturas límite se produce deterioro y lentitud en el crecimiento.

Temperaturas por debajo de 16 °C producen efecto semejante de humedad, la planta pierde turgencia, coloración amarilla y muerte prematura.

3.1.2.7 Viento

Velocidades del viento entre 40 y 55 kilómetros por hora son resistidas por la mayoría de los clones, velocidades mayores producen caída de la planta por des-raizamiento o ruptura en el seudotallo y pueden producir daños como la destrucción total de una buena parte de la plantación, por lo que se recomienda colocar barreras rompe-viento cuando sea evidente y se hayan medido velocidades mayores a las indicadas.

3.1.2.8 Luminosidad

La radiación solar comprendida entre los 0,4 y 0,7 μm del espectro es la fuente de energía de la que utilizan las plantas verdes, depende de la ubicación geográfica (latitud y longitud), así como de la nubosidad, cobertura vegetal, polvo, ceniza volcánica.

Se sabe que el ciclo vegetativo disminuye con la ausencia de luz, la fotosíntesis se activa entre los 2000 y 10000 lux (horas luz por año).

Se ha determinado que en Costa Rica el mínimo de horas luz para tener productividad está determinado en unas 1500 horas por año lo que equivale a unas 4 horas efectivas por día.

En el caso de la planta de banano el ciclo vegetativo tiende a alargarse en condiciones de baja luminosidad pudiendo pasar de 8,5 hasta 14 meses cuando se tienen condiciones muy desfavorables.

El período de desarrollo del fruto está relacionado directamente con la cantidad luminosidad que obtenga la planta ya que el llenado de almidones en los frutos requiere de toda la capacidad fotosintética de la misma, en zonas con alta luminosidad este periodo puede estar entre 80 y 90 días, sin embargo en la zona del caribe y zona norte costarricense, donde se han

establecido la mayoría de las plantaciones del país, por efecto de la alta nubosidad en algunas épocas del año este periodo puede ir de 85 a 112 días (Soto y Sancho 1992).

3.1.2.9 Suelos para el Cultivo de Banano

El cultivo de banano de forma comercial es muy exigente en cuanto a suelo para poder brindar un ritmo de productividad que sea rentable.

Los mismos debe ser fértiles y profundos, con textura desde medias con suelos franco arenosos muy finos y finos hasta franco arcillosos.

Los suelos de las llanuras aluviales del Caribe, Pacífico Central y Sur de Costa Rica presentan buenas características, sin embargo, por la naturaleza cambiante de los cauces de los ríos, los mismos no consolidan una buena estructura que permita el buen drenaje, por lo que se deben construir buenos sistemas de drenaje para establecer las plantaciones en estas regiones.

El clon “Gran Enano” es más adaptable a las condiciones de textura variable como es lo usual en suelos aluviales, inclusive se comporta de muy buena manera en suelos de texturas medias a ligeramente pesadas o pesadas.

Los suelos aluviales de Centroamérica son profundos con algunas limitaciones texturales en el subsuelo y niveles freáticos superficiales que limitan en alguna medida el crecimiento radicular, justificándose en mayor medida el establecer sistemas de drenaje.

Indican Soto y Sancho (1992), que los suelos de alto potencial de producción para banano deben tener una profundidad no menor de 1,20 metros, los horizontes inferiores no deben ser endurecidos o impermeables ni presentar arcillas que limiten el movimiento vertical del agua, deben estar libres de gravas, piedras y estratos endurecidos que limiten el crecimiento natural de las raíces.

La retención de humedad debe ser alta ya que la planta absorbe grandes volúmenes de agua a lo largo del día, además debe haber un buen porcentaje de macro-poros que aseguren una buena aireación de las raíces y la percolación de los excesos de precipitación

3.2 Evapotranspiración

Es la combinación de la evaporación del agua presente en el suelo y superficies húmedas, así como la transpiración de las plantas a través de los estomas, en la Figura 3.2.1 se muestra

que es una forma de evaporación del agua presente en los tejidos de las plantas cuando se presenta actividad fotosintética.

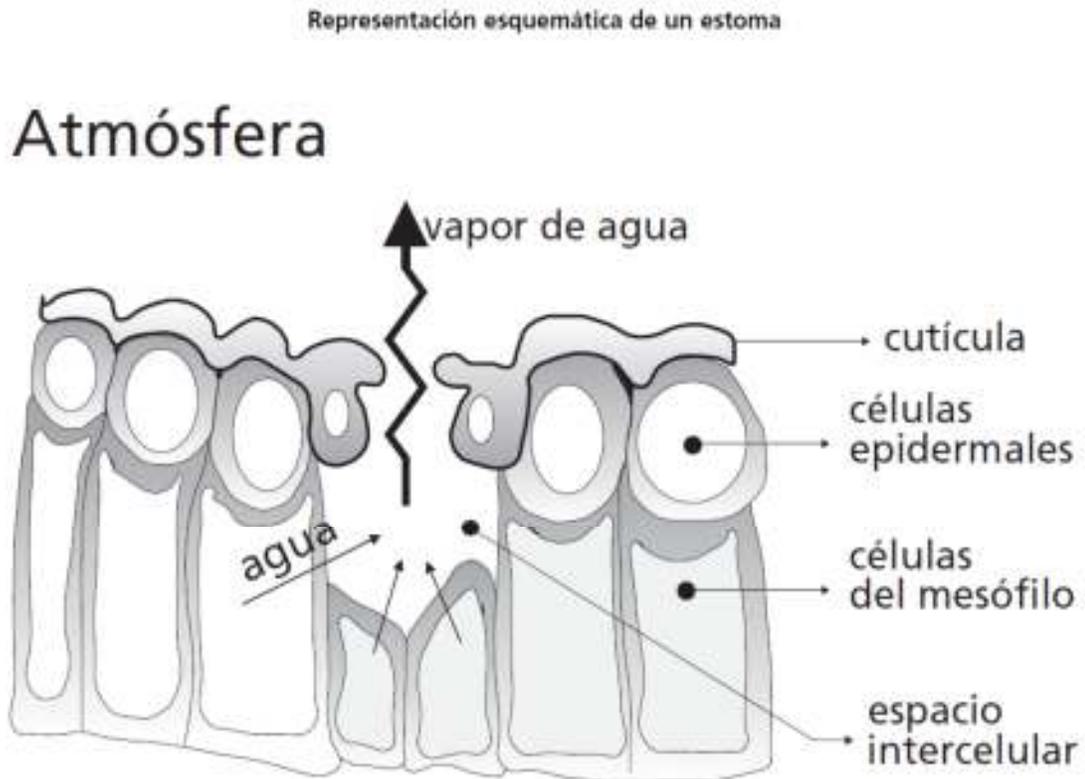


Figura 3.2.1 Representación esquemática de un estoma.

Fuente: FAO Manual #56, 2006

En síntesis, se puede considerar a la evapotranspiración como el agua que requiere la planta diariamente para efectuar sus labores metabólicas, la cual debe ser repuesta al suelo para que la planta no llegue a sufrir tratando de que el suelo se mantenga siempre en capacidad de campo.

La evapotranspiración es un proceso que se encuentra afectado por factores como el suelo, el clima y las propias plantas, por lo que la mayoría de los métodos que se utilizan para calcularla, toman en cuenta parámetros como la temperatura, humedad relativa, radiación solar, la velocidad del viento, la altitud sobre el nivel del mar y otros.

Entre las principales condiciones climática que más afectan la evapotranspiración está la temperatura del aire, la cual controla el movimiento interno del agua en la planta, en vista de

que la manifestación de temperatura del aire es dinámica y por lo tanto fluctúa a lo largo del día y afecta los procesos vegetativos como la fotosíntesis, la respiración vegetal y la reserva de alimentos de la planta.

La radiación también es un factor importante que regula el crecimiento y reproducción de la planta ya que representa el mayor suplemento de energía que potencian el metabolismo de las mismas. (O. Rojas, IICA 1985).

En la Figura 3.2.2. se muestra el comportamiento de la evapotranspiración durante el periodo de crecimiento de los cultivos anuales donde se representa el porcentaje de composición de la evapotranspiración según el estadio vegetativo.

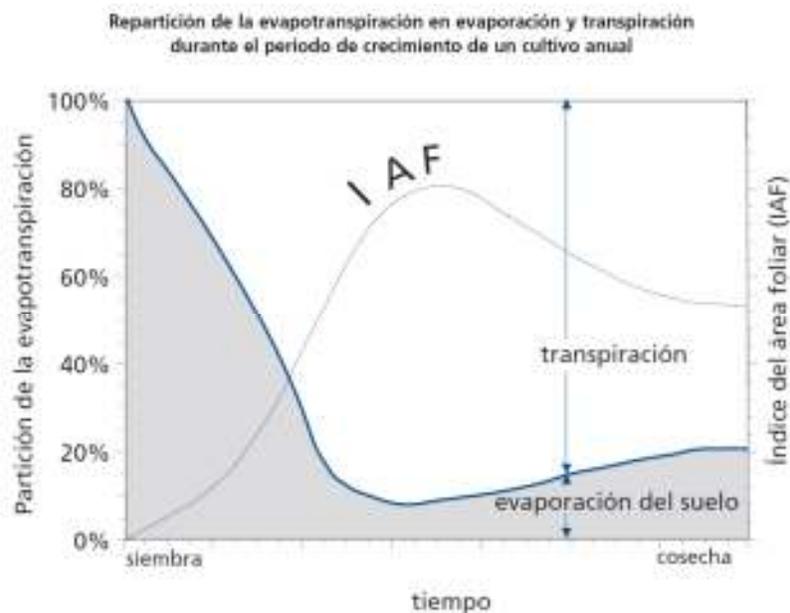


Figura 3.2.2 Comportamiento de la evapotranspiración durante período de crecimiento de cultivo anual

Fuente: FAO Manual #56, 2006

Como se aprecia en el Cuadro 3.2.1 sobre los factores de conversión para expresar la evapotranspiración al igual que la lámina de riego se da en unidades de longitud por tiempo, específicamente en milímetros o pulgadas por día, básicamente estas son representaciones de volumen de agua en un área unitaria, así un milímetro ya sea de riego o de evapotranspiración es equivalente a 1 litro por metro cuadrado o a 10 metros cúbicos por hectárea en un determinado tiempo.

Cuadro 3.2.1 Factores de conversión para expresar la evapotranspiración

Factores de Conversión para expresar evapotranspiración

	Altura de agua	Volumen por unidad de área		Energía por unidad de área *
	mm/día	m ³ /(ha-día)	l/(s-ha)	MJ/(m ² -día)
1 mm/día	1	10	0.116	2.45
1 m ³ /(ha-día)	0.1	1	0.012	0.245
1 l/(s-ha)	8.64	86.4	1	21.17
1 MJ/(m ² -día)	0.408	4.082	0.047	1

* Para el agua con densidad de 1000 kilogramos por m³, a 20 °C.

Fuente: FAO Manual #56, 2006

Se conoce como evapotranspiración potencial a la máxima evapotranspiración posible que se presenta y que se puede medir en una determinada zona cuando se tienen óptimas condiciones de humedad de suelo (capacidad de campo), se le conoce evapotranspiración potencial (ET_o), término acuñado por Penman en 1948, al ser ampliamente analizado y complementado se define como la evapotranspiración máxima que ocurre en un suelo completamente cubierto de césped bien provisionado de agua en plena fase de crecimiento.

Es básicamente una demanda climática y está gobernada por las condiciones meteorológicas como se indicó al principio, estando entre las más importantes variables climáticas: (O. Rojas, IICA 1985).

- Radiación neta
- Temperatura del Aire
- Déficit de saturación
- Movimientos del aire

Existen varios métodos para calcular la evapotranspiración potencial, dentro de los que destaca el método de la FAO conocido como FAO-Penman-Monteith; Sin embargo, cuando no se logra obtener datos de todas las variables climatológicas para lograr un cálculo bastante aproximado la FAO acepta el uso de la ecuación obtenida por Hargraeves, cuyos valores deben ser corroborados con la fórmula de la FAO.

$$ET_o = 0,0023(T_{media} + 17,8)(T_{max} - T_{min})0,5Ra \quad (1)$$

Donde:

ET_o : Evapotranspiración potencial de referencia [mm día^{-1}]

T_{media} : Temperatura media [$^{\circ}\text{C}$]

T_{max} : Temperatura máxima [$^{\circ}\text{C}$]

T_{min} : Temperatura mínima [$^{\circ}\text{C}$]

R_a : Radiación solar extraterrestre [$\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$]

La simplicidad de esta fórmula es que utiliza datos de temperaturas mínima, máxima y media, así como de radiación solar, que están más a la mano de conseguir.

La evapotranspiración normalmente se calcula utilizando los datos de las variables anteriormente indicadas y arroja un valor que está definido para un cultivo de referencia, por lo general un pasto, por lo que se debe hacer una corrección según el cultivo que se tenga, así primordialmente tenemos lo que se conoce como evapotranspiración potencial (ET_o), a la cual se le aplica un factor de corrección para obtener la evapotranspiración real o del cultivo (ET_c), algunos también le llaman uso consuntivo.

El Cuadro 3.2.2. muestra la evapotranspiración promedio a diferentes temperaturas de la subdivisión de regiones agroclimatológicas para tener idea del comportamiento de esta variable.

Cuadro 3.2.2 ET_o promedio para diferentes regiones agroclimatológicas en mm/día

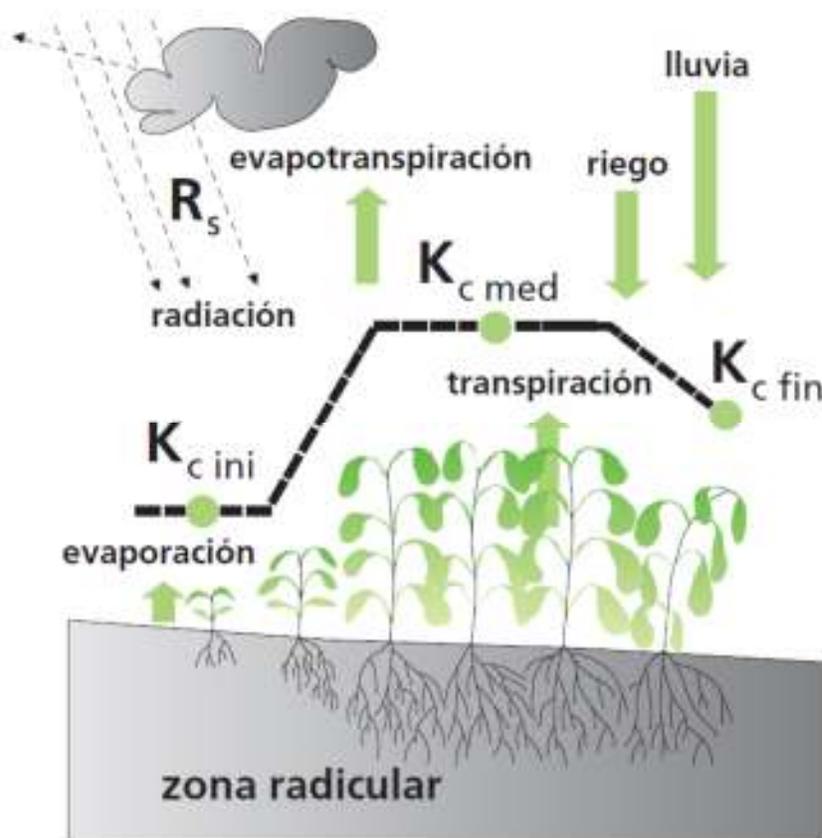
Regiones	Temperatura promedio durante el día ($^{\circ}\text{C}$)		
	Templada $\sim 10^{\circ}\text{C}$	Moderada 20°C	Caliente $> 30^{\circ}\text{C}$
Trópicos y Subtrópicos			
- húmedos y subhúmedos	2-3	3-5	5-7
- áridos y semiáridos	2-4	4-6	6-8
Regiones templadas			
- húmedos y subhúmedos	1-2	2-4	4-7
- áridos y semiáridos	1-3	4-7	6-9

FAO, manual 56, 2006

Este factor de corrección es conocido como el coeficiente de cultivo (K_c), que básicamente depende del cultivo en sí y del estadio de crecimiento que tenga a lo largo de su ciclo.

En el caso de una plantación de banano que está programada para brindar frutos a todo lo largo del año, la estimación se debe hacer incluyendo en el cálculo el valor máximo de K_c ya que es muy difícil proyectar cuando se va a producir en una planta determinada.

La Figura 3.2.3 ilustra de manera esquemática el comportamiento de la evapotranspiración a lo largo del ciclo del cultivo en términos del K_c .



FAO, Manual 56

Figura 3.2.3 Esquemización de la evapotranspiración a lo largo del ciclo del cultivo

Fuente: FAO, Manual 56, 2006

La evapotranspiración real o del cultivo (E_{Tc}), se calcula entonces a través de la evapotranspiración potencial de la zona donde se ubica el cultivo, afectada por el coeficiente del cultivo en el estadio donde mayor requerimiento hídrico tiene tal y como se aprecia en las Figuras 3.2.4 y 3.2.5:

$$ET_c = ET_o \times K_c (2)$$

Donde

ET_c : Evapotranspiración del cultivo [mm día^{-1}]

ET_o : Evapotranspiración potencial de referencia [mm día^{-1}]

K_c : Coeficiente del cultivo

El efecto de la evaporación sobre K_c . La línea horizontal representa K_c cuando la superficie del suelo es mantenida constantemente humedecida. La línea curvada corresponde a valores de K_c cuando la superficie del suelo se conserva seca pero el cultivo recibe la cantidad de agua suficiente para mantener su transpiración al máximo.

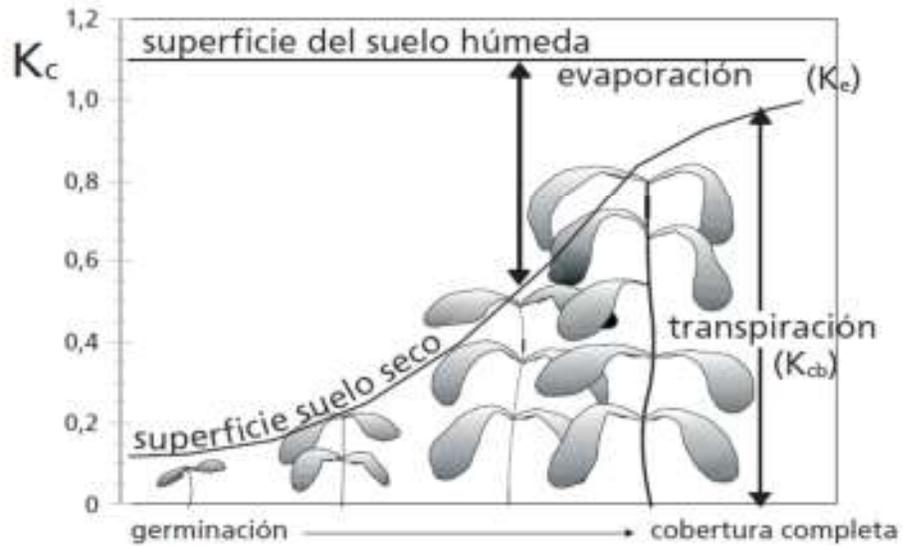


Figura 3.2.4 Efectos de la evapotranspiración sobre el K_c

Fuente: FAO, manual 56, 2006

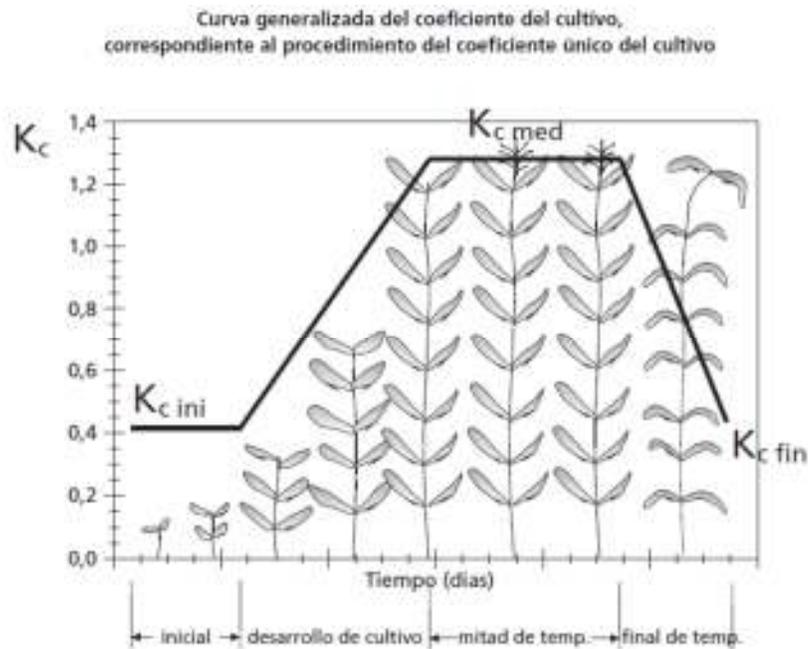


Figura 3.2.5 Curva generalizada del coeficiente de cultivo K_c
FAO, Manual 56, 2006

La FAO ha realizado el estudio de diferentes cultivos en diferentes regiones del mundo para determinar el coeficiente de cultivo de los cultivos más comúnmente sembrados, para los cuales se generó la siguiente tabla de valores presentados en el Cuadro 3.2.3., donde podemos apreciar el valor del coeficiente de cultivo para banano en sus diferentes estadios de desarrollo de la planta.

3.3 Aspectos básicos de Riego

El riego es la aplicación de agua a los cultivos o plantas a través de diferentes métodos para suplir sus diferentes necesidades fisiológicas como alimentación y facilitación de la respiración.

La lámina de riego es la dosis de agua que se debe aplicar al suelo para que quede almacenada en el mismo y esté disponible para cuando la planta la requiera, se calcula determinando la capacidad de retención del suelo en el que está establecido el cultivo a través de los parámetros de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) que son propias de cada tipo de suelo, así como de la profundidad de raíces del cultivo en cuestión.

La humedad se va agotando en el suelo a través del proceso de succión que ejerce la planta de esta agua almacenada en el suelo, esta succión se produce por la diferencia de potencial que existe entre la atmósfera y el agua almacenada en el suelo, de manera que por demanda de la atmósfera circundante a la planta se produce el movimiento del agua desde el suelo al aire, a esta cantidad de agua es la Evapotranspiración del cultivo, este flujo de agua que se establece también funciona como vehículo para transportar los diferentes nutrientes del suelo hacia la planta.

Los sistemas de riego los podemos clasificar dentro de los siguientes métodos de riego:

- Riego por Gravedad.
- Riego por Aspersión.
- Riego por Mini y Micro-aspersión.
- Riego por Goteo.

Cuadro 3.2.3 Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo, Kc y alturas medias máximas de las plantas para cultivos no estresados y bien manejados en climas sub-húmedos (HRmin ≈ 45%, u2 ≈ 2 m s-1) para usar en la fórmula de la FAO Penman-Monteith ET0.

Cultivo	Kc ini ¹	Kc med	Kc fin	Altura Max. Cultivo (h) (m)	
J. Forrajes					
Alfalfa (heno)	- efecto promedio de los cortes	0.40	0.95	0.90	0.70
	- periodos individuales de cortes	0.40	1.20	1.15	0.70
	- para semilla	0.40	0.50	0.50	0.70
Bermuda (heno)	- efecto promedio de los cortes	0.55	1.00	0.85	0.35
	- cultivo para semilla (primavera)	0.35	0.90	0.65	0.40
Trébol heno, Bersim	- efecto promedio de los cortes	0.40	0.90	0.85	0.60
	- periodos individuales de cortes	0.40	1.15	1.10	0.60
Rye Grass (heno)	- efecto promedio de los cortes	0.95	1.05	1.00	0.30
Pasto del Sudán (anual)	- efecto promedio de los cortes	0.50	0.90	0.85	1.20
	- periodo individual de corte	0.50	1.15	0.75	1.20
Pastos de pastoreo	- pastos de rotación	0.40	0.85-1.05	0.85	0.15-0.30
	- pastoreo extensivo	0.30	0.75	0.75	0.10
Pastos (césped, turfgrass)	- época fría	0.90	0.95	0.95	0.10
	- época caliente	0.80	0.85	0.85	0.10
K. Caña de Azucar	0.40	1.25	0.75	3.00	
I. Frutas Tropicales y Árboles					
Banana	- 1er año	0.50	1.10	1.00	3.00
	- 2do año	1.00	1.20	1.10	4.00
Cacao		1.00	1.05	1.05	3.00
Café	- suelo sin cobertura	0.90	0.95	0.95	2.00-3.00
	- con maleza	1.05	1.10	1.10	2.00-3.00
Palma datilera		0.90	0.95	0.95	8.00
Palmas		0.95	1.00	1.00	8.00
Piña	- suelo sin cobertura	0.50	0.30	0.30	0.60-1.20
	- con cobertura de gramíneas	0.50	0.50	0.50	0.60-1.20
Árbol de caucho		0.95	1.00	1.00	10.00
Té	- no sombreado	0.95	1.00	1.00	1.50
	- sombreado	1.10	1.15	1.15	2.00
M. Uvas y Moras					
Moras (arbusto)		0.30	1.05	0.50	1.50
Uvas	- mesa o secas (pasas)	0.30	0.85	0.45	2.00
	- vino	0.30	0.70	0.45	1.50-2.00
Lúpulo		0.30	1.05	0.85	5.00

¹ Estos son valores generales de Kc ini Considerando un manejo típico del riego y humedecimiento del suelo. Para humedecimientos frecuentes, tal como en el caso de riego por aspersión de alta frecuencia o lluvia diaria, estos valores pueden aumentar sustancialmente pudiendo acercarse de 1.00 a 1.20. El valor de Kc ini es una función del intervalo de humedecimiento y la tasa potencial de evaporación durante las etapas inicial y de desarrollo del cultivo, siendo estimado con mayor exactitud a través de las figuras 29 y 30, o la ecuación 7-3 del anexo 7 del manual 5, o usando el coeficiente dual Kcb ini + Ke. Utilice el valor de Kc ini para el grupo cuando no aparece un valor de Kc ini para el

FAO, Manual #56, 2006.

3.3.1 Riego por Gravedad

Es la aplicación de agua a los cultivos a través de una serie de canales de conducción y pequeños canales llamados surcos, melgas o terrazas, utilizando la fuerza de la gravedad para lograr el desplazamiento del agua. (Villalobos. 2008).

En recientemente se ha implementado el uso de tuberías para sustituir los canales abiertos, con los que tradicionalmente se ha efectuado esta modalidad de riego, para lo cual se aprovechó el desarrollo de tuberías de grandes diámetros de nueva generación.

Estas tuberías en diámetros de 100 mm (4 pulgadas) a 600 mm (24 pulgadas), se utilizan como conducción de grandes volúmenes de agua hasta los campos a regar, de aquí se distribuye en el campo a cada surco a regar, por medio de la tubería de compuertas de 200 mm (8 pulgadas) o 250 mm (10 pulgadas) según sea la necesidad. (Amanco, Manual técnico 2006).

Componentes:

- Fuente de agua y energía: Toma de agua con cierta elevación o sistema de bombeo.
- Tuberías corrugadas de doble pared de 150 mm (6 pulgadas) a 600 mm (24 pulgadas) para conducción.
- Tuberías de Compuertas de 150 mm (6 pulgadas), 200 mm (8 pulgadas) y 250 mm (10 pulgadas) en 9 metros de largo y con compuertas espaciadas según la separación de las líneas del cultivo a regar.
- Accesorios de conexión de la conducción como codos, tees e hidrantes, que se fabrican en hierro, pero eventualmente y si las presiones no son muy altas, se pueden fabricar en PVC, empaques para accesorios, válvulas de evacuación aire y vacío, válvula de control de flujo en la fuente.
- Accesorios para la tubería de distribución como codos, tapones, codo o tee abre hidrante, compuertas de riego.

Aplicaciones de este método

Tradicionalmente se ha utilizado en monocultivos extensivos de zonas bastante planas, como la caña de azúcar, la palma africana, pastos, melón y sandía, algodón y cualquier otro cultivo que se siembre en líneas y con suelos bien nivelados.

3.3.2 Riego por Aspersión

Esta modalidad de riego es la aplicación de agua a los cultivos en toda el área de establecimiento, simulando la lluvia a través de emisores llamados aspersores, por los cuales se dirige una determinada cantidad de agua a presión que al pasar por una boquilla y luego a la atmósfera produce que este chorro se rompa en pequeñas gotas que son impulsadas hasta cierta distancia, según la presión con la que esté operando el sistema. (Villón, 1980).

Los sistemas de esta modalidad pueden dividirse en tres tipos dependiendo del tipo de uso que se le dará, así tenemos:

3.3.2.1 Sistemas de Riego por Aspersión Fijos, esto es que todos los elementos que lo componen estarán en el mismo lugar, las tuberías tanto de conducción como de distribución estarán enterradas en los campos a regar.

Componentes:

- Fuente de agua y energía, las cuales pueden ser un río, laguna, pozo de donde se bombee o una conducción bajo presión.
- Emisores, los cuales son aspersores que manejan caudales de 0,30 m³/h hasta 275 m³/h, estos últimos llamados cañones, con presiones de funcionamiento de 15 m.c.a. hasta 100 m.c.a.
- Elementos de control como lo son: válvulas de control (compuerta, globo, bola, mariposa, hidráulicas, solenoide), válvulas de protección (evacuación de aire y vacío, retención, alivio, pascón), otros componentes como reguladores de presión y válvulas de drenaje de laterales.

- Tuberías de conducción y distribución en PVC, en diámetros que van de 12 mm (½ pulgada) a 300 mm (12 pulgadas) y los respectivos accesorios de conexión en esos diámetros.

3.3.2.2 Sistemas de Riego por Aspersión Semifijos, en este caso la conducción es fija y enterrada y cada cierta distancia se colocan hidrantes, a los cuales se acoplan tuberías de riego móvil (PVC, Aluminio o Polietileno), que a su vez tienen acoplados cada cierta distancia los aspersores, a estas tuberías se les llama laterales móviles.

Una vez finalizado el riego de una franja de cultivo, se desacopla el lateral y se traslada a otra posición, en algunas ocasiones y para agilizar las labores se coloca un lateral de espera, el cual se pone a operar una vez concluido el riego con el primer lateral, y así este se puede trasladar sin interrumpir el riego.

Componentes:

- Son los mismos que para riego fijo, pero las tuberías de distribución son sustituidas por tuberías de riego móvil de acople rápido con sus respectivos accesorios, las cuales van en diámetros de 50 mm (2 pulgadas), 75 mm (3 pulgadas), 100 mm (4 pulgadas), 150 mm (6 pulgadas) y 200 mm (8 pulgadas), se usan además trípodes para sostener los aspersores e hidrantes para conectar los laterales.

3.3.2.3 Sistemas de Riego por Aspersión completamente Móvil, en estos sistemas tanto la tubería de conducción, así como los laterales, son de riego móvil de acople rápido, lo que les permite que se puedan trasladar entre puntos distantes entre sí, en una finca; y al final de la temporada de riego se recoge todo el equipo y se guarda en una bodega.

Este tipo de sistemas se utiliza cuando las fincas a regar son alquiladas y no es conveniente dejar equipos enterrados que al final del proyecto no se puedan recoger y obtener un valor de rescate, así como fincas muy grandes que tienen varios lugares para efectuar la toma de agua y que el cultivo no requiera una frecuencia de riego muy baja.

Componentes:

- Se usan los mismos equipos que en los sistemas semifijos, pero en este caso la conducción es móvil y los hidrantes se fabrican a partir de accesorios de riego móvil en diámetros de 50 mm (2 pulgadas), 75 mm (3 pulgadas), 100 mm (4 pulgadas), 150 mm (6 pulgadas) y 200 mm (8 pulgadas).

Aplicaciones:

Los sistemas fijos se usan en cultivos bien establecidos como las plantaciones de helechos, banano, palma africana, ornamentales y cultivos de flores, frutales y jardinería (zonas verdes, jardines, canchas deportivas).

- Los sistemas semifijos se utilizan en hortalizas, pastos, frutales, sábila, piña entre otros.
- Los sistemas móviles también se utilizan en hortalizas, pastos, maíz, caña de azúcar, café y otros.

3.3.3 Riego por Mini y Micro-aspersión

Esta es una modalidad de riego similar a la de aspersión, pero con la diferencia de que los emisores son de volúmenes muy bajos, de 38 a 300 L/h (0,04 a 0,30 m³/h) con presiones de 10 a 25 m.c.a., la aplicación es más localizada sobre todo al área radicular de las plantas, como en los frutales. (Burt, Styles, 1994).

Mucha de su utilidad es la de crear microclimas específicos para ciertos cultivos o explotaciones agrícolas como granjas avícolas o plantas de empaque.

Componentes:

- Fuente de agua y energía, sistema de bombeo o conducción a presión.
- Emisores de bajo caudal.
- Elementos de control y protección iguales a los de aspersión.
- Sistema de filtrado.
- Sistema de fertirrigación (Inyector de fertilizante).

- Tuberías de conducción y distribución en PVC, desde 12 mm-½” hasta 350 mm-15” con los respectivos accesorios de conexión.
- Tuberías de polirriego de 16 a 25 mm para distribución (laterales).

Aplicaciones de este método:

- Riego para frutales en línea como cítricos, aguacate, manzana, mango
- Enraizadores, invernaderos, viveros para crear microclimas específicos.
- En granjas avícolas para controlar la temperatura en los galpones y en los techos de plantas empacadoras.
- Aspersores de complemento en áreas verdes y jardines para regar arbustos muy densos.

3.3.4 Riego por goteo

Este método consiste en la aplicación de volúmenes muy bajos de agua en la zona radicular de los cultivos, a través de emisores llamados goteros los cuales depositan gotas de agua directamente sobre el suelo y por efecto de la capilaridad del suelo, el agua se expande y profundiza hasta alcanzar el volumen equivalente de las raíces haciendo de esta manera que el agua esté disponible para la planta. (FAO, Manual #24, 1976), (Burt, Styles 1994).

Por lo general son sistemas fijos, con la excepción de los sistemas para melón, para los cuales la distribución de agua se hace a través de mangueras de polietileno con goteros termoformados llamadas cintas de goteo, cuyo espesor es muy delgado; esto hace que sean desechables, por lo que al terminar la cosecha se botan estas mangueras, se prepara el suelo y se ponen nuevas para la próxima temporada.

Componentes

- Como en los demás sistemas, este requiere de una fuente de agua y de energía, por lo general un sistema de bombeo desde un río, pozo, canal o laguna.

- Los emisores son goteros de 1 a 16 litros por hora, pueden ser auto-regulados, mangueras con goteros incorporados y cintas de goteo.
- Sistema de filtrado.
- Sistema de fertirrigación (Inyector de fertilizante).
- Elementos de control y protección igual que en aspersión y micro-aspersión.
- Tuberías de PVC de 12 mm (½ pulgadas) hasta 350 mm (15 pulgadas) con sus respectivos accesorios de conexión.
- Accesorios de riego por goteo.
- Mangueras de polirriego de 16 a 25 mm

Aplicaciones de este método

Prácticamente se puede utilizar en todo tipo de cultivo, pero al ser un método caro se limita a cultivos muy rentables como el melón y la sandía, también se ha usado en caña de azúcar y frutales como el mango y la guayaba.

4 Metodología

Para el desarrollo del diseño, operación y mantenimiento del sistema de riego de la finca El Jicote se planteó la siguiente metodología:

4.1 Se recolectó la información de campo necesaria:

4.1.1 Ubicación de la finca y plano topográfico con curvas de nivel, canales secundarios y terciarios, cables vía y ubicación del sitio de bombeo como de la planta de empaque.

4.1.2 Recolección de información sobre los tipos de suelo presentes en la finca para estimar las infiltraciones básicas.

4.2 Análisis de la información y confección de los diseños a través de:

4.2.1 Determinación de la lámina de riego.

4.2.2 Escogencia del emisor a utilizando como base los emisores utilizados anteriormente por la finca.

4.2.3 Determinación y diseño agronómico de riego de la parcela típica.

4.2.4 Determinación, diseño y cálculo hidráulico del riego de la parcela típica, utilizando la herramienta Irricad.

4.2.5 Establecimiento de los horarios y días de riego.

4.2.6 Establecimiento del modo de operación del sistema.

4.2.7 Trazado, diseño y cálculo de la red de tuberías principales, utilizando la herramienta Irricad.

4.2.8 Cálculo de los sistemas de bombeo con base en los datos finales del cálculo de red o tubería principal.

4.2.9 Presupuestación del sistema y análisis económico del mismo.

4.2.10 Confección de plan de operación del sistema.

4.2.11 Confección del plan de mantenimiento del sistema.

5 Resultados y discusión

5.1 Condiciones presentes en las zonas de El Jicote y Playón de Parrita

Las fincas “El Chileno y Jicote” de la compañía se encuentran ubicadas en las comunidades de Playón Sur y El Jicote de Parrita de Aguirre, Puntarenas, la Figura 5.5.1., corresponde a una fotografía aérea tomada de Google Earth donde se resalta con líneas de color blanco, el trazado de la finca a la que se le colocó el sistema de riego.



Figura 5.1.1. Fotografía aérea de la delimitación del área nueva de riego de Frutas Selectas del Trópico
Fuente: Google Earth, 2017

La Figura 5.1.2., corresponde a la ubiación de la finca en la hoja cartográfica Parrita, donde se ubica la finca.

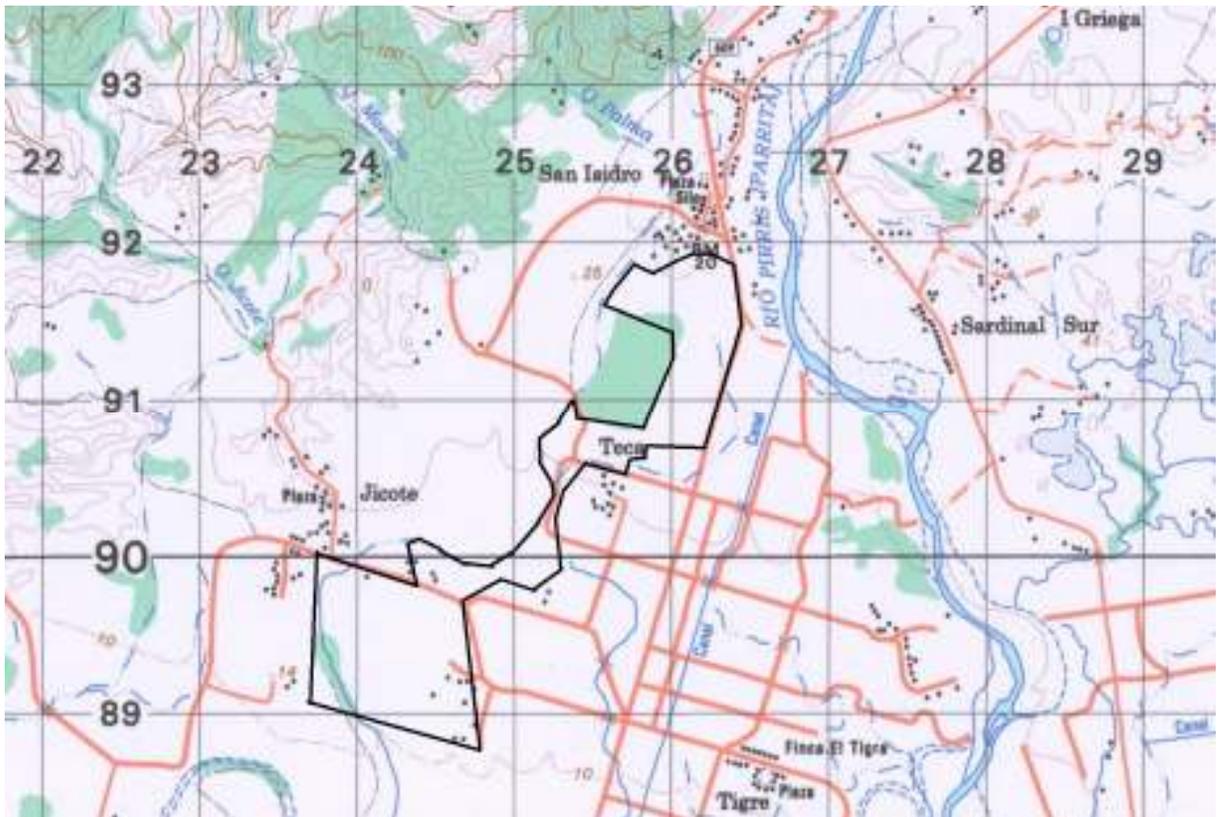


Figura 5.1.2 Ubicación cartográfica del área nueva de riego Frutas Selectas del Trópico
 Fuente: Instituto Geográfico Nacional, hoja cartográfica Parrita

5.1.1 Cultivo

Banano variedad Cavendish Gran Enano, con plantas separadas a 2,40 metros entre hileras y 2,50 metros entre plantas con plantas ubicadas en tres bolillos formando triángulos con un área de 3 metros cuadrado para una densidad de alrededor de 3340 plantas por hectárea.

La figura 5.1.3. muestra el esquema de siembra a “tres bolillos” de la plantación de banano, sirviendo los distanciamientos como guía para definir la separación entre aspersores y laterales de riego.

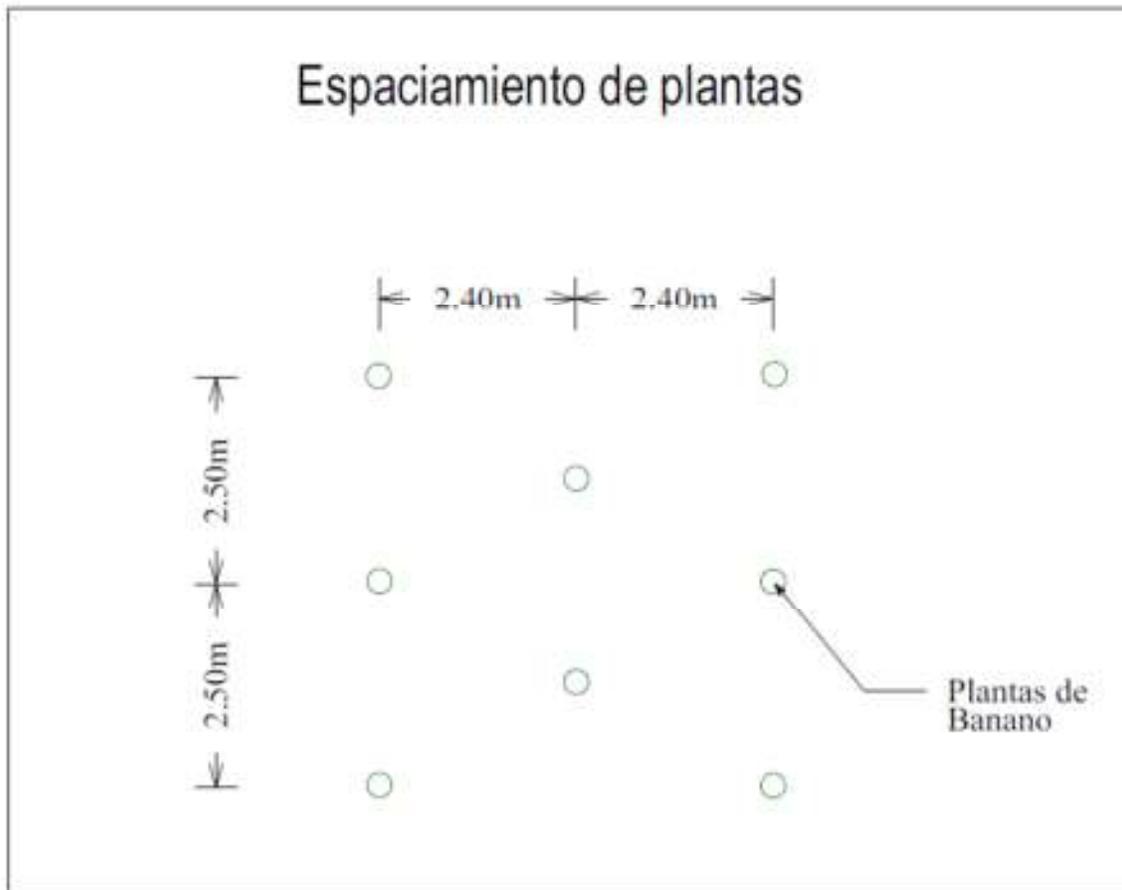


Figura 5.1.3 Espaciamiento de siembra
Fuente: Frutas Selectas del Trópico, 2003

5.1.2 Ubicación geográfica de las fincas “El Chileno” y “Jicote”

Las fincas “El Chileno” y “Jicote” se encuentran ubicadas entre las coordenadas CRTM05 (1059000, 463000) norte y (1056450, 460584) oeste.

5.1.3 Altitud sobre el nivel del mar

La finca denominada de “El Chileno” está a una elevación máxima de 28 metros y una mínima de 24 metros sobre el nivel del mar.

La finca denominada “El Jicote” está a una elevación máxima de 27 metros y una mínima de 20 metros sobre el nivel del mar.

5.1.4 Pluviometría

Se ha registrado para la zona de Parrita una precipitación acumulada anual de 3122 mm, teniéndose en el mes de febrero registros mínimos de hasta 19 mm acumulados y máximos en el mes de octubre de hasta 544 mm.

5.1.5 Temperatura

Se ha registrado una temperatura media de 28 °C, con mínima de 18 °C y máxima de hasta 33,90 °C.

5.1.6 Luminosidad

De tablas preparadas por el Instituto Meteorológico Nacional, se extrae que para la zona del Caribe y Norte el promedio anual está en 4,1 horas por día, mientras que en el Pacífico Central el promedio es de 4.6 horas por día, sin embargo, en la estación de Damas que es la más cercana a la zona de la Palma de Parrita se tiene un valor de 5,6 horas por día.

5.1.7 Tipo de Suelo

Para la cuenca del río Parrita el tipo de suelo que se presenta más comúnmente es el entisol fluvent, que se caracteriza por ser de formación reciente en planicies de inundación, teniendo poco desarrollo de horizontes, siendo el más común el horizonte A, formado del material rocoso que le dio origen y sobre el que se asienta, están relacionados con los excesos de agua de inundación y la erosión en las partes altas de la cuenca llegando a contener algún porcentaje importante de arenas.

5.1.8 Red de Drenaje

Se excavaron canales secundarios que de 6 metros de boca cada 110 metros, que dirigen las aguas hasta canales primarios o cauces naturales y finalmente al río Parrita.

Se excavaron canales terciarios cada 33,90 metros con boca de 2 metros para evacuar las aguas dentro de las parcelas o “domos” de siembra.

Se excavaron canales pequeños dentro de los domos de 0,30 metros de boca, llamados “gavetas”, para evacuar las aguas hasta los canales terciarios.

5.1.9 Red de cable-vías

Para la labor de cosecha se estará colocando un sistema de cable-vía de acero, del cual se cuelga una determinada cantidad de racimos y se transportan hasta la planta empacadora, esta red se coloca en el centro entre cada dos canales secundarios, quedando los mismos distanciados a 110 metros uno de otro y entroncando con el cable principal o cable “real” que recorre toda la finca desde sus extremos hasta la planta empacadora.

5.1.10 Horario de riego

Se estableció por parte de la dirección de la compañía que el sistema operará de lunes a sábado, esto es 6 días a la semana, por máximo 16 horas al día deteniendo la operación en las horas de consumo máximo de electricidad u horas “pico”, ya que el costo del kilowatt-hora se incrementa en estos horarios, que van de 11:00 a.m. a 2:00 p.m y de 5:00 p.m. a 8:00 p.m.

5.2 Criterios y proceso de diseño

Debido a que la planta de banano en las zonas tropicales genera un sistema radical bastante extendido a todo lo largo de la separación entre plantas e hileras de plantas, debido a la exploración que producen las raíces en búsqueda de agua y nutrientes, se considera que el sistema radical del cultivo cubre toda el área de siembra, además por efectos de que la estación lluviosa se distribuye a lo largo de 6 a 7 meses del año, es conveniente poner a disposición de las raíces el agua en toda la extensión del área de siembra, por lo que el método de riego escogido para esta aplicación es el de aspersión conocido como sub-foliar o por debajo del dosel de las plantas, lográndose una menor intersección y desviación del agua por parte del follaje y por lo tanto lográndose una mejor eficiencia de aplicación de riego.

Se han efectuado ensayos aplicando riego por goteo dando muy buenos resultados en zonas subtropicales y áridas donde el sistema radical de la planta se puede guiar para que se mantenga en una hilera y de esta manera aplicar el agua al suelo de una manera localizada con riego por goteo, sin embargo en las plantaciones comerciales de Latinoamérica, especialmente en Guatemala, Honduras, Colombia y Ecuador, se demostró que el riego por goteo no lograba

llevar el agua a toda la extensión radical de la planta por lo que no se lograba tener los mejores rendimientos de parte de la planta.

Además, debido a la densidad de colocación de las mangueras de goteo el mantenimiento del sistema se vuelve engorroso ya que, por las labores culturales diarias del cultivo, se produce mucho daño en las mangueras, con el consecuente gasto extra en mantenimiento.

Con el riego por aspersión o mini-aspersión combinado con la fertirrigación, o aplicación de fertilizantes a través del sistema de riego, si se ha logrado llegar a excelentes rendimientos de del cultivo, de manera tal que los sistemas por aspersión o mini-aspersión son los más utilizados, con la tendencia siempre y cuando el costo lo justifique, de disminuir los distanciamientos de los emisores y los caudales por emisor, alargando los tiempos de aplicación, para crear un mejor ambiente o microclima en la zona de aplicación de manera que la planta se mantenga más fresca.

El punto de partida para efectuar el diseño del sistema es la lámina de riego que se quiere aplicar para suplir las necesidades hídricas del cultivo del banano.

Al estar ubicada la finca en un área con dos estaciones climáticas muy marcadas, se debe conocer la evapotranspiración potencial de la zona donde se establece el cultivo, en la época donde se tendrá lo más riguroso de la estación seca.

En este caso con base en los estudios realizados George Hargraeves, se determinó que dicha evapotranspiración a un 100% de probabilidad es de 172 mm en el mes de abril, para una evapotranspiración diaria de 5,73 mm, según se muestra en el Cuadro 5.2.1.

Debido a que se estableció como parámetro el que los domingos no se trabaja el riego, esta lámina diaria hay que multiplicarla por 7 días y dividirla entre 6 días, que son los días de operación establecidos, dándonos una lámina de 6,69 mm por día, considerando que, en la época de máxima demanda hídrica del cultivo, el coeficiente del mismo está en 1,1, se multiplica por este valor crítico y se obtiene una lámina de riego de diseño de 7,36 mm por día.

Entre los criterios técnico-económicos de diseño, la constante más importante la constituye el distanciamiento entre aspersores y laterales que se seleccionó para cubrir de una mejor forma el patrón de siembra, siendo este patrón de 2,40 metros entre hileras y 2,50 metros entre plantas en tres bolillos y el ancho existente entre canales secundarios, esto es 110 metros entre centro y centro, con boca de canal de 6 metros.

Para lograr estos valores se estableció que el distanciamiento más conveniente es el de 9,60 metros entre laterales y 10 metros entre aspersores con arreglo en un patrón rectangular.

Con estos datos de entrada se establece que el aspersor a utilizar es aquel que permita aplicar la lámina indicada anteriormente, en un tiempo prudencial de operación al día, este tiempo fue establecido por los directores de la finca en 16 horas, dejando de operar en las horas pico de consumo eléctrico de 11:00 a.m. a 1:00 p.m. y de 5:00 p.m a 7:00 p.m.

El diseño de la parcela típica de riego va ligado al diseño agronómico del cultivo, de esta manera la compañía necesitaba colocar una densidad muy cercana a 1670 plantas por hectárea en áreas comprendidas entre canales secundarios que se excavaron cada 110 metros con bordo libre de 6 metros y entre canales terciarios con bordo libre de 2 metros, que se excavarían entre 28 y 34 metros.

Tanto del bordo del canal terciario como del canal secundario a la primera planta, debe haber una distancia de 0,30 cm.

De esta manera se determina que el espaciamiento de los aspersores debe ser un múltiplo de la distancia entre líneas de siembra, esto es 2,40 metros y la distancia entre aspersores debe ser un múltiplo de la distancia entre canales secundarios.

Acomodando las plantas y canales según las distancias indicadas anteriormente se logran ajustar las distancias de separación de canales terciarios a cada 31,90 metros y teniéndose un diseño agronómico de plantación tal como se muestra en las Figura 5.2.1. y 5.2.2.

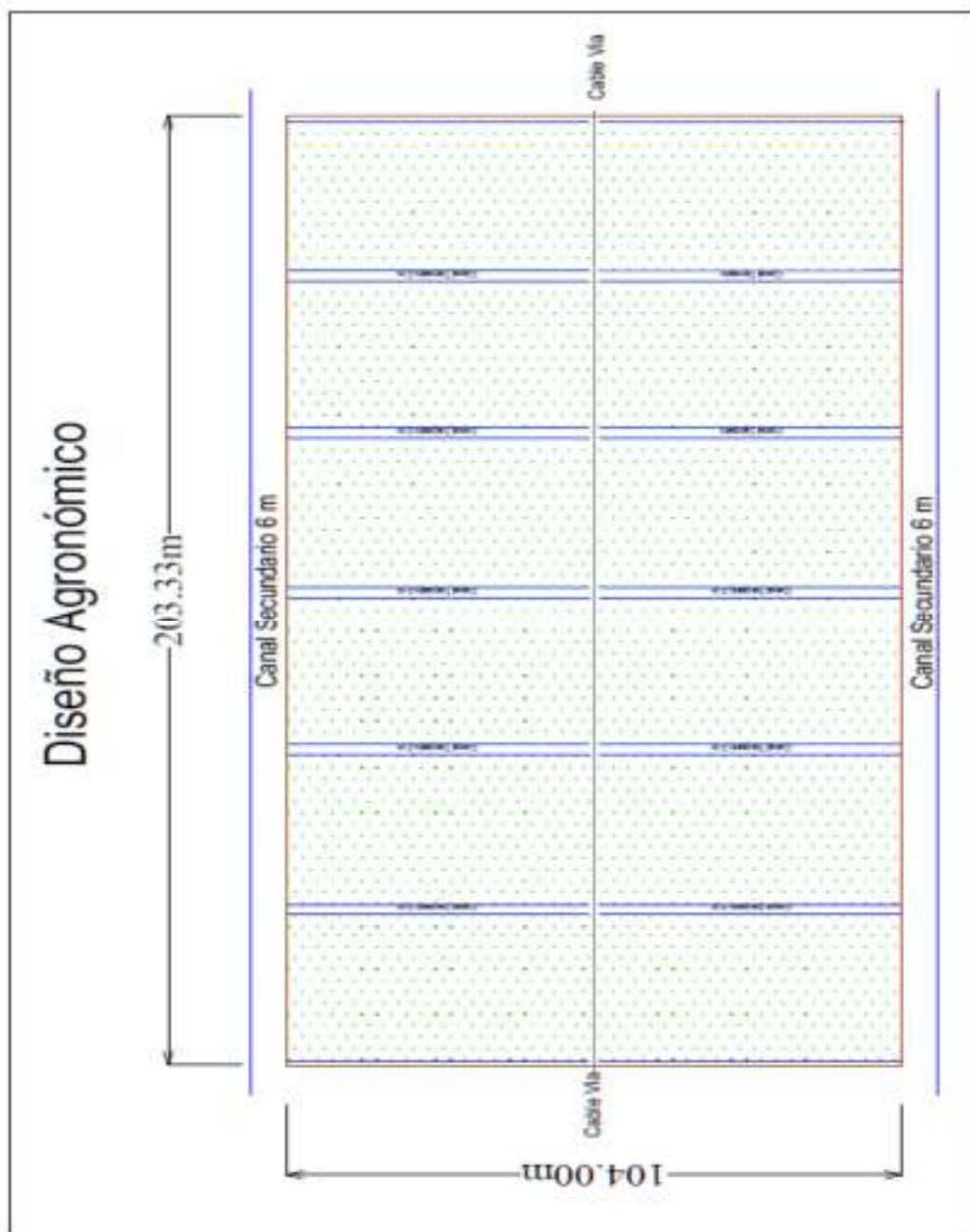


Figura 5.2.1 Diseño Agronómico para riego de la parcela típica

Fuente: Gómez E. mediante Irricad V15.08, 2017

Ubicación de Aspersores en el domo de parcela

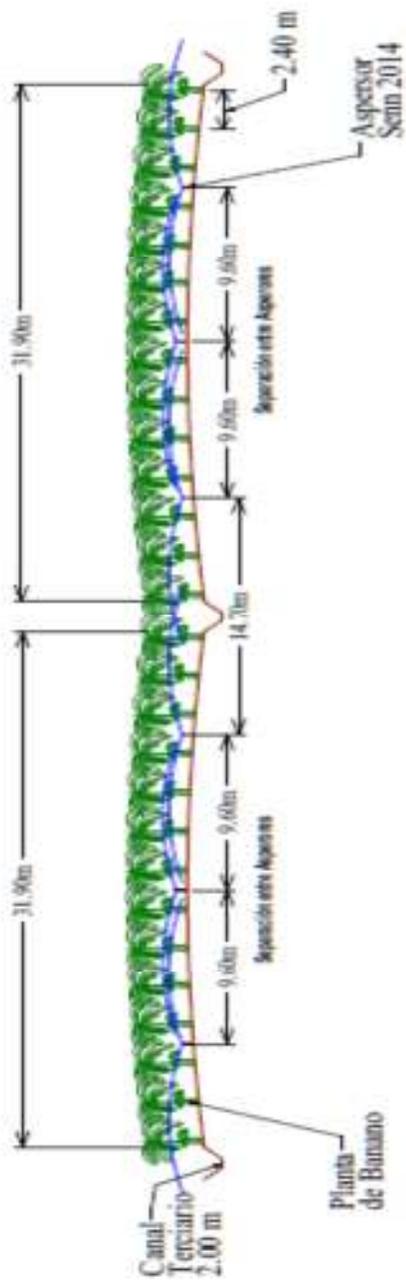


Figura 5.2.2 Diseño agronómico para riego de domos de siembra

Fuente: Gómez E. mediante Irricad V15.08, 2017

En este caso para lograr una buena simetría en campo, así como caudales manejables por válvulas de 75 mm (3 pulgadas), el área de la parcela típica queda definida Por comodidad de operación, así como de distribución de caudales se busca operar con parcelas de alrededor de 2 hectáreas en este caso de 2,11 has, con un caudal promedio de 68,30 m³/h a una presión promedio de 25,72 m.c.a. (36,60 psi).

Por último, se define la tubería principal de conducción hasta las válvulas, las cuales se determinan según el caudal total del turno crítico, los cuales andan en promedio de 550 m³/h a una carga dinámica total de 50 m.c.a. (70 psi) en la descarga para la primera bomba, 315 m³/h para la segunda bomba con una carga dinámica de 55 m.c.a. (78 psi).

5.3 Escogencia y descripción de equipos utilizados

5.3.1 Emisores

El emisor seleccionado es el aspersor Senninger 2014HD-1 boquilla #6.5 de la compañía Senninger ubicada en Orlando, Florida, dicho aspersor está diseñado especialmente para la aplicación en riego bananero, dicho aspersor a una presión de 20,70 m.c.a. (30 psi) entrega un caudal de 365,10 litros por hora (1,60 gpm), que aplicado en el área de influencia determinada por el espaciamiento entre aspersores y laterales, produce una precipitación de 3.80 milímetros por hora, cumpliendo con la lámina determinada al cabo de dos horas de aplicación, esto nos permite establecer 8 operaciones de riego por día.

El mismo produce un área mojada bastante uniforme pocos segundos después de entrar en operación.

La separación de aspersores tanto entre ellos como entre líneas de tuberías (laterales), depende y vienen a ser múltiplos tanto de las distancias de siembra, así como de la separación de canales secundarios y ubicación del cable vía, de esta manera el aspersor está espaciado entre si a cada 10 metros y entre líneas a 9.60 metros.

Este aspersor tiene la característica de que por la distribución tan uniforme de agua que tiene el a lo largo de su radio de alcance, se alcanzan coeficientes de uniformidad muy buenos,

lo que permite considerar que tanto el agua como los fertilizantes que se apliquen a través del sistema, se van a utilizar de una forma muy eficiente.

La Figura 5.3.1.1., muestra la eficiencia de aplicación de riego por parte del aspersor evaluándose por el coeficiente de uniformidad (CU) de un 86,89%, con una distribución de la uniformidad (DU) de 80.96% y un coeficiente relativo al tiempo de 1,40 que indica cuanto tiempo más hay que aplicar riego a las zonas menos húmedas en el área de influencia del aspersor para alcanzar la lámina media, valores menores a 1,50 son los deseados para este factor.

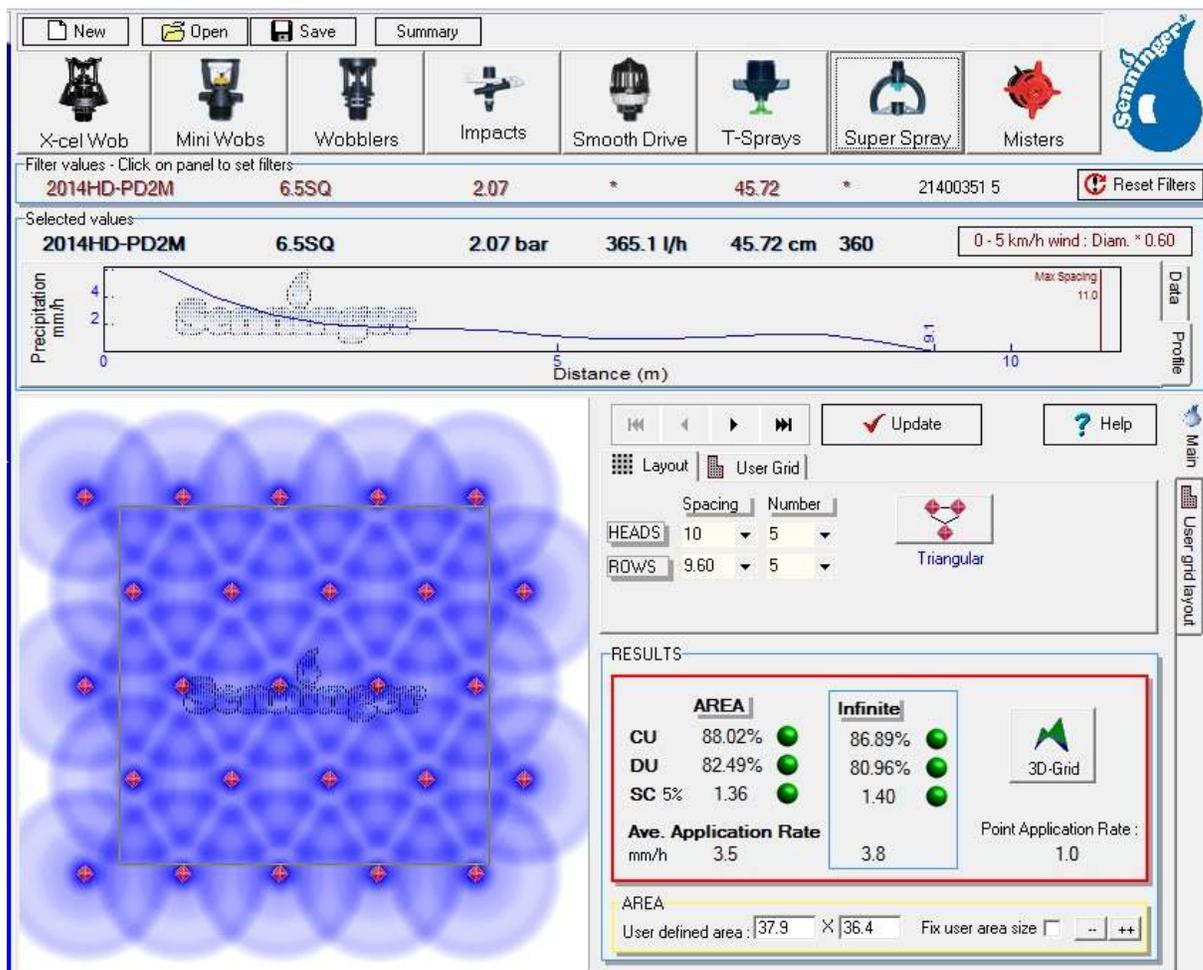


Figura 5.3.1.1 Densograma de aspersor 2014HD espaciado a 9.60 x 10.00 metros en tres bolillos

Fuente: Senninger Irrigation Co. WinSIPP2 V1.15 Software selección de aspersores

Las Figura 5.3.1.2. y 5.3.1.3, muestran las características técnicas del aspersor Senninger 2014-1, así como los rangos de uso y las prestaciones hidráulicas que ofrece.

serie20 [Aspersores de impacto]



Otros Modelos:

Aspersores wedgedrive para menores tasas de aplicación.

Los aspersores de impacto de arco completo de la serie 20 son los más económicos de la línea Senninger. Son eficaces para diversas aplicaciones foliares y subfoliares.

CARACTERÍSTICAS

- Diseño de una sola boquilla para lograr máximo alcance
- Tres trayectorias disponibles:
 - 2009 - 9° resiste la deriva por viento y la evaporación
 - 2014 - 14° ideal para riego subfoliar
 - 2023 - 23° de máximo alcance en sistemas de aspersión foliar
- Amplia gama de combinaciones de boquillas y aletas para una excelente distribución a todas las presiones
- Llave hexagonal incorporada para fácil mantenimiento a campo
- Rosca estándar de cojinete inferior: M NPT 1/2" (hembra también disponible)
- Caudales: 1,34 a 3,98 gpm [304 a 904 L/hr]
- Garantía de dos años en materiales, mano de obra y rendimiento
- Boquillas codificadas por color para fácil identificación de tamaño; con garantía de mantenimiento del tamaño correcto de orificio durante cinco años.

Figura 5.3.1.2 Aspersor Senninger modelo 2014-HD

Fuente: Senninger Irrigation Co. Folleto de aspersores, 2002.

		Presión en la base del aspersor [psi]							
		30	35	40	45	50	[bar]		
		2014							
		2.07 2.41 2.76 3.10 3.45							
		Boquilla #6 - Dorada [3/32"]							
Caudal [gpm]		1.34	1.45	1.55	1.64	-			
Diám. a 1.5' alt [pies]		66	68	70	72	-			
		Boquilla #6 - Dorada [2.38mm]							
Caudal [L/hr]		304	329	352	372	-			
Diám. a 0.46m alt [m]		20.1	20.7	21.4	22.0	-			
		Boquilla #7 - Lima [7/64"]							
Caudal [gpm]		1.84	1.99	2.12	2.25	2.37			
Diám. a 1.5' alt [pies]		68	70	72	74	75			
		Boquilla #7 - Lima [2.78mm]							
Caudal [L/hr]		418	452	481	511	538			
Diám. a 0.46m alt [m]		20.7	21.4	22.0	22.6	22.9			
		Boquilla #8 - Lavanda [1/8"]							
Caudal [gpm]		2.42	2.62	2.79	2.97	3.12			
Diám. a 1.5' alt [pies]		70	72	74	76	77			
		Boquilla #8 - Lavanda [3.18mm]							
Caudal [L/hr]		550	595	634	675	709			
Diám. a 0.46m alt [m]		21.4	22.0	22.6	23.2	23.5			
		Boquilla #9 - Gris [9/64"]							
Caudal [gpm]		3.08	3.33	3.56	3.78	3.98			
Diám. a 1.5' alt [pies]		71	73	75	77	78			
		Boquilla #9 - Gris [3.57mm]							
Caudal [L/hr]		700	756	809	859	904			
Diám. a 0.46m alt [m]		21.7	22.3	22.9	23.5	23.8			

Figura 5.3.1.3 Cartilla técnica aspersor Senninger modelo 2014-HD

Fuente: Senninger Irrigation Co. Folleto de aspersores, 2002.

5.3.2 Válvulas

5.3.2.1 Válvula de operación y control en parcela.

La Figura 5.3.2.1.1, muestra la válvula hidráulica reguladora de presión utilizada en el proyecto.



Figura 5.3.2.1.1. Válvula hidráulica reguladora de presión modelo 96-3-PR de 75 mm, fabricada en uPVC

Fuente: Gómez E. en Frutas Selectas del Trópico.

Esta válvula es la Dorot modelo 96-3-PR construida de PVC en diámetro de 75 mm (3 pulgadas) con piloto regulador de presión, la misma tiene como función principal la apertura y cierre del paso del agua a la parcela que corresponda según el turno de riego que se quiera operar, el funcionamiento es relativamente simple, tal como se muestra en la Figura 5.3.2.1.2.



Figura 5.3.2.1.2. Esquemas de funcionamiento de válvulas hidráulicas

Fuente: Dorot Valves folleto técnico, 1998.

Para la condición inicial de válvula cerrada, lo que se hace es permitir el ingreso de la línea de presión aguas arriba de la válvula hacia la cámara de la misma, por un efecto de distribución de fuerzas aunque la presión sea la misma aguas arriba y dentro de la cámara, la válvula se mantiene cerrada, este paso de la operación se da cuando en la válvula de tres vías indicada en la Figura 5.3.2.1.3., el indicador de posición está colocado en “cerrado” (closed); Cuando se quiere abrir la válvula el indicado de posición de la válvula de tres vías se coloca en “abierto” (open), esta acción lo que provoca es que el paso del agua se abra a la atmosfera y por lo tanto por efecto de una mayor presión dentro del sistema, el agua de la cámara es drenada a la atmosfera o fuera de la válvula.



Figura 5.3.2.1.3. Válvula de tres vías para control de válvula hidráulica

Fuente: Dorot Valves folleto técnico, 1998.

Debido a que por efectos hidráulicos siempre las válvulas más cercanas a la bomba van a tener una mayor presión que las más alejadas de esta y para lograr una uniformidad de caudales y presiones dentro de las parcelas operadas por las válvulas, se coloca un dispositivo llamado piloto regulador de presión, representado en la Figura 5.3.2.1.4., cuya función es regular



Figura 5.3.2.1.4. Piloto regulador de presión modelo 29-100 para control de válvula hidráulica

Fuente: Dorot Valves folleto técnico, 1998.

la entrada de agua a la cámara de la válvula, para cerrar o abrir parcialmente el paso del agua a través de la válvula, provocando una mayor o menor pérdida de presión al agua que fluye a través de la válvula hasta alcanzar un valor que se a predeterminado con anterioridad y que corresponde al valor de presión de operación de la válvula, que para este caso corresponde a 26,60 m.c.a. (38 psi); Para permitir que el piloto entre en funcionamiento mientras está en operación el turno al que corresponde esta válvula, a la hora de operar la válvula de tres vías, se coloca en la posición de “automatic” (automático), es así que cuando se abren las válvulas de turno al que le toca operar, las posiciones de las válvulas de tres vías debe ser siempre en automático, para asegurarse que se tendrá una presión uniforme en todas las válvulas.

Para lograr la calibración de las válvulas a la presión preestablecida de funcionamiento, se procede de la siguiente manera:

Se abre la válvula que se desea calibrar en la posición de automático en la válvula de tres vías, se coloca un manómetro aguas debajo de la válvula, en la pequeña válvula de toma de presión (Schrader) que está en el codo de la estructura de la válvula como lo indica la figura 5.3.2.1.5., esta válvula de toma es similar a la de los neumáticos de llanta de carro,



Figura 5.3.2.1.5. Válvula tipo “Schrader” para toma de presión

Fuente: Gómez E. en Frutas Selectas del Trópico.

se determina que presión se tiene en el manómetro y si está por encima de la presión establecida, con una “llave francesas” o una “llave coro-fija #16, se da vuelta al tornillo del piloto regulador, en contra de la dirección de las manecillas del reloj o aflojando el tornillo; En el caso de que la presión sea menor a la requerida se manipula el tornillo del piloto a la inversa de la descrita anteriormente.

La Figura 5.3.2.1.6., ilustra como queda instalado en campo el caballete de válvula de control, con sus respectivas válvulas de toma de presión y válvula evacuadora de aire.



Figura 5.3.2.1.6. Estructura de colocación de válvula hidráulica y purga de aire

Fuente: Gómez E. en Frutas Selectas del Trópico, 2013.

5.3.2.2 Válvulas de Control de Bombeo

Para efectuar la apertura y cierre del paso del agua desde la bomba hacia las tuberías principales, se colocan válvulas mariposa de apertura lenta de 300 mm (12”) de diámetro.

La figura 5.3.2.2.1. y 5.3.2.2.2., muestran las características físicas y técnicas de la válvula mariposa de apertura lenta utilizada en el proyecto.



Figura 5.3.2.2.1. Válvula mariposa de cierre lento modelo DBV-GEAR para control de bombeo

Fuente: Dorot Valves folleto técnico, 1998.

Dimensions of Series DBV-WF Valves

SIZE	ØD1	ØD2	ØD3	ØD4	4-Ød	A	B	C	D	E
DN50	51.2	55	70	90	10	218	120	20	43	60X9
DN65	65.9	55	70	90	10	231	133	20	46	60X9
DN80	79.3	55	70	90	10	267	152	20	46	60X9
DN100	101.4	55	70	90	10	305	170	20	52	11X11
DN125	125.4	55	70	90	10	325	181	20	56	14X14
DN150	149.8	55	70	90	10	353	196	20	56	14X14
DN200	200.1	55	70	90	10	440	238	41	60	17X17
DN250	248.8	70	102	125	12	490	258	41	68	19X19
DN300	296.9	70	102	125	12	577	300	41	78	22X22
DN350	333.3	70	102	125	12	618	315	41	78	22X22

Weights

Number	Name	Material	Operator
1	Body	DI	Bare shaft
2	Seal	EPDM/NBR	
3	Disc	DI	
4	Stem	SS418	
5	Bushing	Bronze	
6	O'ring	NBR	

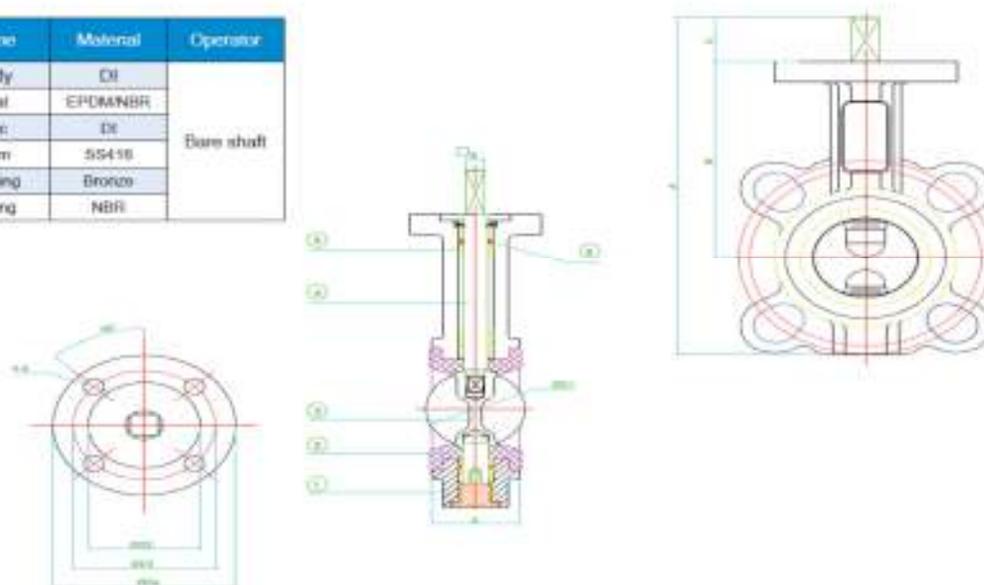


Figura 5.3.2.2.2. Características técnicas de la válvula mariposa de cierre lento modelo DBV-GEAR para control de bombeo.

Fuente: Dorot Valves folleto técnico, 1998.

Esta válvula cumple funciones de apertura y cierre del paso del agua, como se indicó anteriormente, pero sobre todo de control de llenado de las tuberías, se coloca de apertura y cierre lento ya que por los volúmenes de agua que se manejan en los sistema de bombeo, es conveniente hacer un llenado lento y controlado de las tuberías, para evitar que se produzcan golpes violentos en las tuberías de descarga de la bomba y en las de PVC.

5.3.2.3. Válvulas de retención

Se coloca en cada tubería de descarga, una válvula de retención o válvula check de 300 mm (12 pulgadas), la figura 5.3.2.3.1. muestra una válvula tipo “check” de doble ala o “flap”, que se coloca para evitar los retro-flujos de agua en el sistema.



Figura 5.3.2.3.1. Válvula de retención (check) de doble ala para protección y succión de bombeo

Fuente: Dorot Valves folleto técnico, 1998.

Dicha válvula tiene como objetivo permitir el paso del agua en un solo sentido y así evitar que por la inercia del movimiento del agua al ser cerrada la válvula de control de bombeo y apagada la bomba, se devuelva una gran masa de agua que pudiera dañar tanto la bomba como las tuberías que la acoplan, además esta válvula debe ir acompañada de una válvula de alivio que libere la presión generada por el movimiento de esta masa de agua, fenómeno conocido como golpe de ariete que puede ser sumamente destructivo si no se controla.

También estas válvulas de retención se utilizan en las tuberías de succión de las bombas, para evitar que las mismas se drenen y a su vez permitan que cuando se arranca la bomba se establezca un flujo continuo de succión.

5.3.2.4 Válvulas de evacuación de aire y vacío

Esta válvulas mostrada en la figura 5.3.2.4.1., marca Ari de fabricación israelita, modelo Barak de 50 mm (2”), se utilizan para proteger el sistema de dos fenómenos provocados por el aire y por la falta de este:



Figura 5.3.2.4.1. Válvula de evacuación de aire y vacío en campo Ari D-040

Fuente: Ari Water Works folleto técnico, 2002.

Antes de que se accione la bomba, todas las tuberías están llenas de aire, pero al comenzar a introducir agua a las tuberías, este aire es desplazado por el agua y empujado por

esta según recorre las tuberías, si no se le deja un lugar al aire por donde escapar, llegará el momento en que el aire se acumule en algunas zonas y no permita que haya flujo de agua, por esta razón se colocan las válvulas, para permitirle al aire escapar cuando se están llenando las tuberías, además como el agua en el canal está en contacto con el aire, siempre hay aire que va disuelto en el agua que entra al sistema de riego, dentro de las tuberías las partículas agua van fluyendo de una forma desordenada o turbulenta, que provoca que el aire se disocie del agua y como todo gas tienda a acumularse en las partes altas de las tuberías, de acá que estas válvulas de evacuación de aire funcionan también cuando el sistema está presurizado, precisamente para evacuar este aire que se produce por el flujo del agua.

Por otro lado, si ocurriese una ruptura o fuga en las tuberías por donde el agua salga a mucha velocidad, se puede colapsar dicha tubería, de acá que entonces esta válvulas sirven además para introducir aire a la tubería y evitar o romper el vacío que produciría el agua al drenarse súbitamente de la tubería y así evitar que estas se colapsen.

También en el sistema de bombeo se coloca una válvula de evacuación de aire y vacío para proteger dicho sistema similar a la que se muestra en la figura 5.3.2.4.2., en este caso se utiliza una válvula de 75 mm (3 pulgadas).



Figura 5.3.2.4.2. Válvula de evacuación de aire y vacío en bombeo

Fuente: Ari Water Works folleto técnico, 2002.

5.3.2.5 Válvulas de Alivio

Esta válvula como se indicó anteriormente, tiene como función la liberación de la presión acumulada en las cercanías del sistema de bombeo cuando se cierra la válvula de control de

bombeo, o cuando se apague súbitamente el sistema de bombeo por cualquier motivo como lo podría ser un corto eléctrico, acá una vez fuera de operación la bomba, como se dijo antes, hay una masa muy grande de agua en movimiento, que tenderá a devolverse y será retenida por la válvula de retención, con lo cual se aumentará la presión en las tuberías principales, la válvula de alivio tiene un dispositivo o piloto de alivio, que sensa este exceso de presión por encima de la presión que se le haya establecido, con lo cual hidráulicamente abre el paso del agua del sistema a la atmosfera liberando de esta manera el exceso de presión y protegiendo las tuberías y equipos de esa condición.

La figura 5.3.2.5.1., muestra la válvula de alivio colocada para protección del sistema de bombeo de la finca “El Chileno”.



Figura 5.3.2.5.1. Válvula de alivio de presión

Fuente: Dorot Valves folleto técnico, 1998.

Para regular o establecer la presión a la cual se debe abrir la válvula de alivio, se pones a funcionar el sistema de bombeo y al igual que con la calibración de las válvulas de control de riego, se manipula el tornillo del piloto de alivio de manera que se llegue a la presión máxima a partir de la cual se debe abrir esta válvula, para el caso de este sistema de riego y por la presión máxima de operación de las tuberías del sistema, se debe establecer en 56 m.c.a. (80 psi) dicha presión de apertura.

5.4.3. Sistemas de Filtrado.

Debido a que el agua para el sistema se está tomando de un canal de riego es común que el agua tenga muchas partículas como sedimentos y materia orgánica que pueden llegar a obstruir las boquillas de los aspersores, se colocan en las tuberías de succión filtros auto-limpiantes de 300 mm (12 pulgadas), los cuales retienen dichas partículas hasta un tamaño tal que pudieran afectar los aspersores, partículas con diámetros menores a un décimo del diámetro de la boquilla no van a ser perjudiciales para los mismos, por lo que el tamaño de los agujeros de la malla del filtro deben guardar esta proporción.

Al filtro se le conoce como auto-limpiante ya que dentro de él posee una tubería con boquillas que giran tirando un chorro de agua contra la malla y expulsando de esta manera las basuras que se adhieran a la malla por la parte de afuera.

Este chorro limpiador se logra sacando una derivación desde la descarga de la bomba y conectándola a los puertos que tienen estos filtros para tal efecto.

Como el agua que se está utilizando para limpiar estos filtros, es tomada del mismo sistema de bombeo y al ser las boquillas de limpieza dentro del filtro auto-limpiante de un diámetro mucho menor que el de las boquillas de los aspersores, es necesario filtrar esta agua a un grado mayor, por lo que se colocaron filtros de anillos de 120 mesh de capacidad de filtrado de 38 mm (1 ½ pulgadas) similar al mostrado en la figura 5.3.3.1., para mejorar la calidad del agua con la que se limpia el filtro auto-limpiante.



Figura 5.3.3.1 Filtro de anillos 38 mm

Fuente: Amiad Filtration folleto técnico, 2008.

Los filtros auto-limpiantes mostrados en la figura 5.3.3.2., son de la marca Clemons de fabricación norteamericana, modelo CW1750, con una capacidad para 360 m³/h (1584 gpm), por lo que para el caudal total se colocan dos unidades por sistema de bombeo.



Figura 5.3.3.2. Filtros auto-limpiantes para succión de bombas

Fuente: Clemmons folleto técnico, 2003.

5.4.4 Tuberías

Toda la red de tuberías utilizada del sistema, son fabricadas en PVC en diámetros que van de 18 mm ($\frac{3}{4}$ pulgadas) con presión máxima de operación de 112 m.c.a (160 psi), para las tuberías “laterales” o tuberías que portan los aspersores; las tuberías que conectan las laterales dentro de la parcela de riego o “manifolds” son de 50 y 75 mm (2 y 3 pulgadas), las tuberías que componen la red principal de conducción van en diámetros desde 75 mm (3 pulgadas) hasta 385 mm (15 pulgadas) con presión máxima de operación de 56 m.c.a. (80 psi), según sea la cantidad de agua que se vaya a conducir por ellas en un turno cualquiera de riego.

En la figura 5.3.4.1., se muestra el almacenaje, etiquetado y el proceso de instalación en campo de la tubería de PVC.



Figura 5.3.4.1. Tuberías de PVC

Fuente: Gómez E. en Frutas Selectas del Trópico.

5.3.5. Sistemas de Bombeo

Para impulsar el agua hacia los aspersores a la presión requerida en los mismos, se requiere impulsar el agua por medio de un sistema de bombeo, que además de impulsar el agua hasta los aspersores, debe vencer las pérdidas de presión que se producen al fluir el agua a través de las tuberías, ya que estas, aunque internamente tienen una superficie muy lisa, siempre una pequeña imperfección sobre esta superficie que aunado a la cantidad de agua que se debe transportar a través de los diferentes diámetros de tubería, generan esta pérdida.

Así tenemos que para poder impulsar el agua para el sistema controlado por la bomba #1, para el turno crítico que demanda un caudal de 550 m³/h (2420 gpm), se deben sumar las pérdidas de presión que provoca este caudal fluyendo hasta los aspersores, así tenemos que la presión de operación en el aspersor debe ser 20,07 m.c.a (28,50 psi), en la descarga de la válvula se debe tener una presión de 26,60 m.c.a. (38 psi), la válvula con el caudal de la parcela típica pierde 2,20 m.c.a. (3.15 psi), por lo que como se indicó en el apartado de válvulas de control, la presión en la válvula más alejada debe ser de 26,60 m.c.a. (38 psi), sumando además las pérdidas primarias y secundarias hasta la bomba se requiere un presión de 47 m.c.a. (67 psi).

Siguiendo el procedimiento anterior, se calculó para la bomba #2 que el caudal máximo del turno crítico será de 315 m³/h (1390 gpm) a una presión de 55 m.c.a. (79 psi).

Cada una de estas bombas tiene sus respectivos equipos de protección y operación, se hace la aclaración que los sistemas de bombeo #1, la finca ya la tenía por lo que el sistema de riego se ajustó a dicho sistema de bombeo.

La figura 5.3.5.1., muestra uno de los sistemas de bombeo con sus respectivas tuberías de succión y descarga, así como la ubicación de la válvula mariposa de control de bombeo y la válvula de retención o tipo “check”.



Figura 5.3.5.1. Sistema de bombeo “El Chileno”

Fuente: Gómez E. en Frutas Selectas del Trópico

Las figuras 5.3.5.2. a la 5.3.5.5., muestran las curvas características de las bombas seleccionadas para el proyecto, mostrando a su vez sus puntos de operación y la demanda de potencia de cada una.

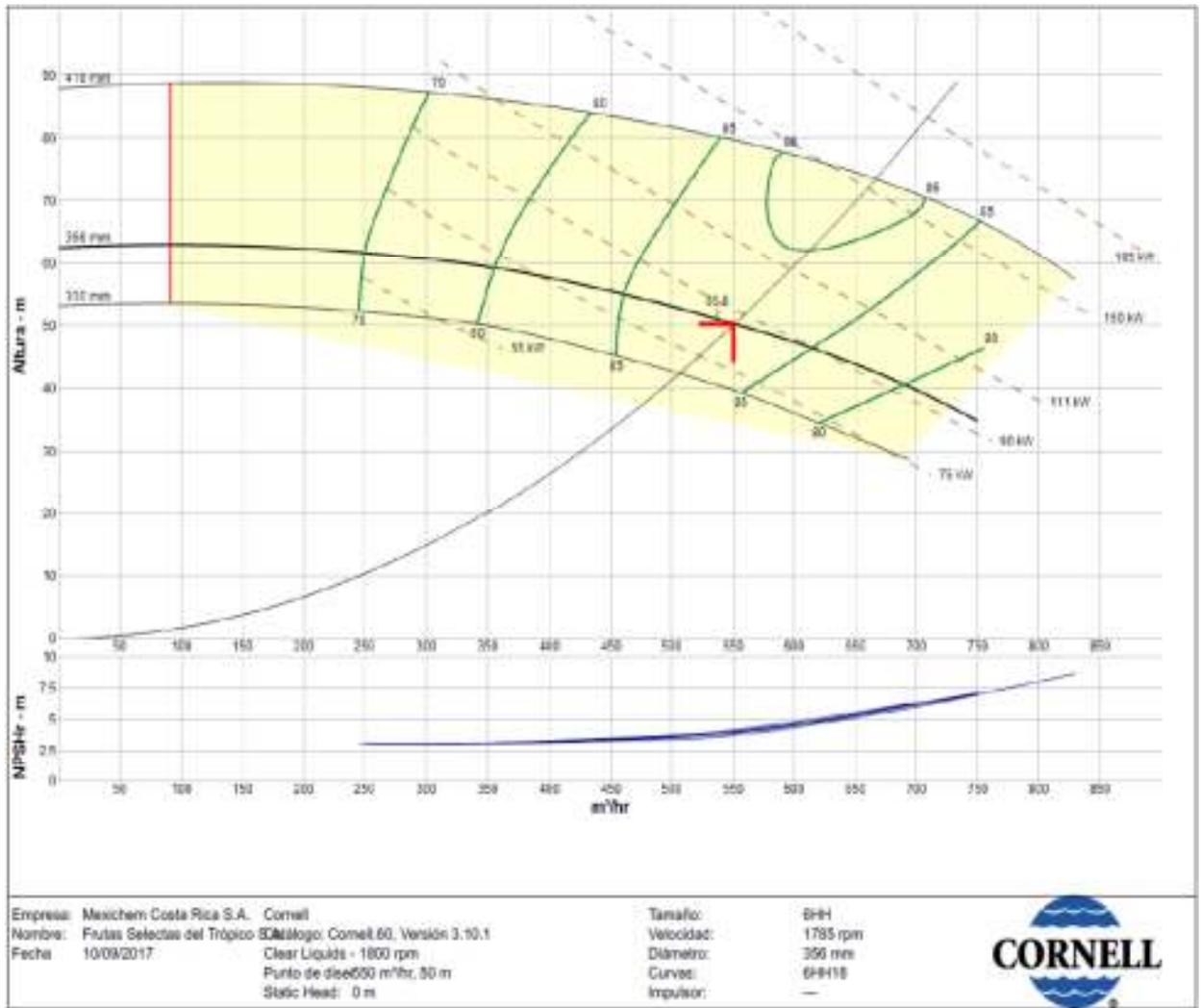


Figura 5.3.5.2., Curva de operación Sistema de bombeo “El Chileno”, bomba Cornell modelo 6HH

Fuente: Cornell Pumps, software selección de bomba, 2002.

Hoja de datos de la bomba - Cornell

Empresa: Mexchem Costa Rica
 Nombre: Frutas Selectas del Trópico S.
 Fecha: 10/09/2017



Bomba:			
Tamaño:	6HH	Dimensiones:	Aspiración: 200 m
Tipo:	Clear Liquids		Descarga: 150 m
Velocidad de r:	1800 rpm		
Diámetro:	356 mm		
Curvas:	6HH18		

Fluido:			
Nombre:	Water	Presión de vapor:	1.77 kPa a
SG:	1	Presión atm:	101 kPa a
Densidad:	999 kg/m ³		
Viscosidad:	1.1 cP		
Temperatura:	15.6 °C		

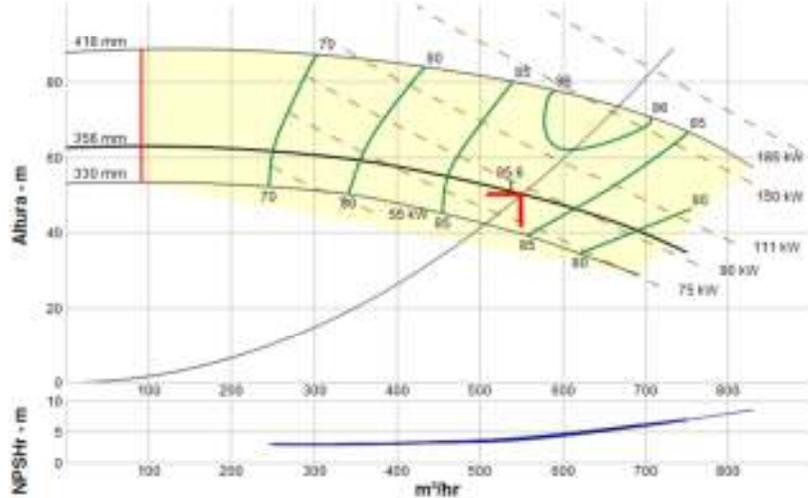
Criterios de busque			
Caudal:	550 m ³ /hr	Casi un fallo:	—
Altura:	50 m	Static Head:	0 m

Límites de la bomba:	
Temperatura:	121 °C
Tamaño de la esfera:	31 mm
Wvg Pressure:	1068 kPa g

Motor:			
Estándar:	IEC	Potencia:	111 kW
Caja:	TEFC	Velocidad:	1800 rpm
Tamaño m:	260M		
Criterio de medición: Potencia máxima en la curva característica			

Advertencias para la selección de bo:
 None

--- Datos del punto	
Caudal:	551 m ³ /hr
Altura:	50.1 m
Rend:	85%
Potencia:	87.7 kW
NPSHr:	4.03 m
Velocid:	1785 rpm
--- Curva característica:	
altura v. cerrada:	62.5 m
dP v. cerrada:	612 kPa
Caudal mínimo:	90.8 m ³ /hr
BEP:	85.6% @ 538 m ³ /hr
Potencia NOL:	95.1 kW @ 650 m ³ /hr
--- Curva máxima -	
Potencia máxima:	101 kW @ 751 m ³ /hr



Evaluación de rendimiento:						
Caudal	Velocida	Altura	Rendimiento	Potencia	NPSHr	
m ³ /hr	rpm	m	%	kW	m	
660	1785	42.8	82	93.5	5.56	
550	1785	50.2	86	87.6	4.02	
440	1785	55.7	84	79	3.37	
330	1785	59.7	78	68.6	3.07	
220	1785	61.7	67	56.4	3.05	

Seleccionado del catálogo: Cornell.60, Versión 3.10.1

Figura 5.3.5.3. Características de bomba Cornell modelo 6HH - 111 KW (150 HP)

Fuente: Cornell Pumps, software selección de bomba, 2002.

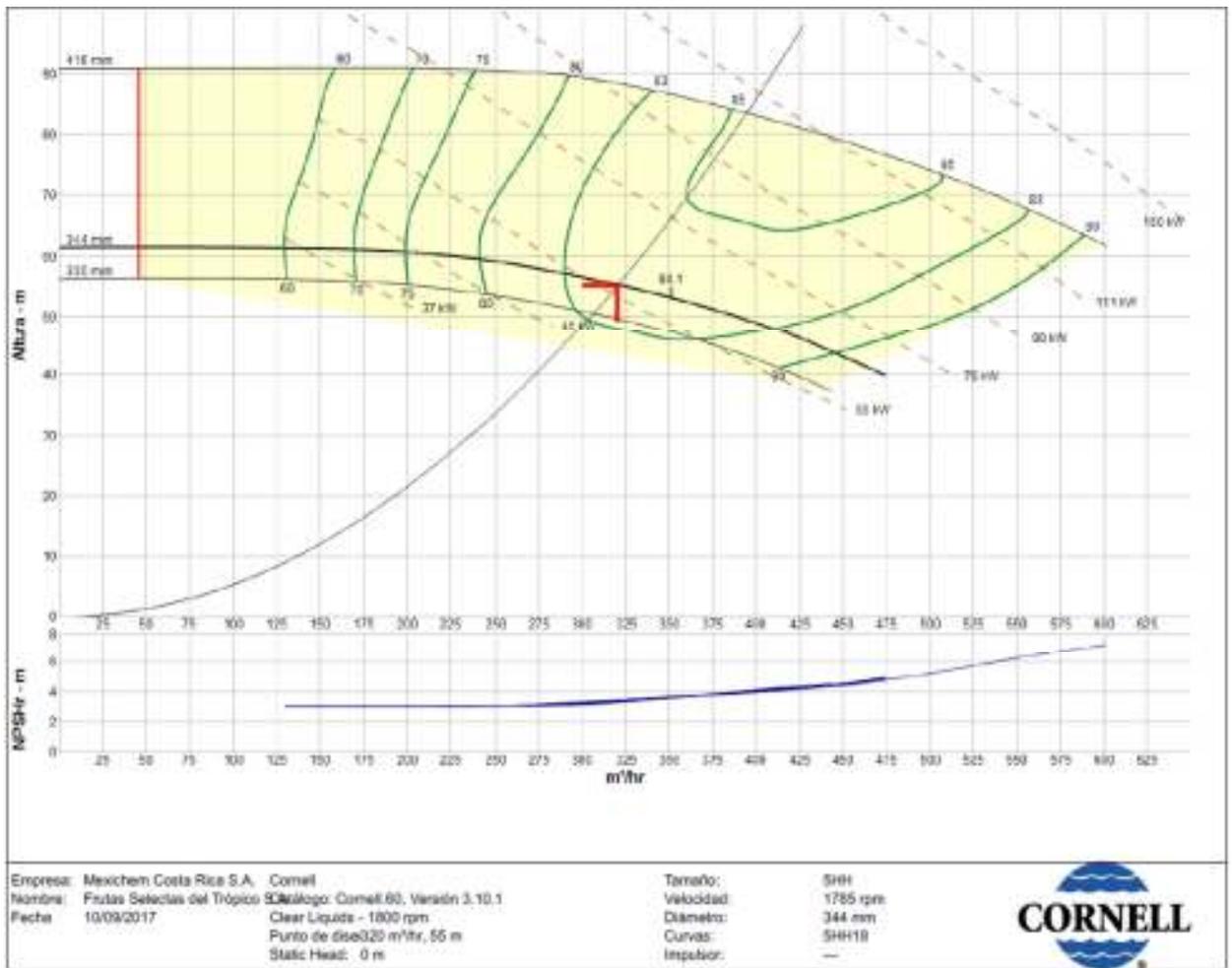


Figura 5.4.5.4. Curva de operación sistema de bombeo “El Jicote”, bomba Cornell modelo 5HH

Fuente: Cornell Pumps, software selección de bomba, 2002.

Hoja de datos de la bomba - Cornell

Empresa: Masichem Costa Rica
 Nombre: Frutas Selectas del Trópico S.
 Fecha: 10/09/2017



Bomba:		Dimensiones:	
Tamaño:	5HH	Aspiración:	200 m
Tipo:	Clear Liquida	Descarga:	125 m
Velocidad de r:	1800 rpm		
Diámetro:	344 mm		
Curvas:	5HH10		

Fluido:	
Nombre:	Water
SG:	1
Densidad:	998 kg/m ³
Viscosidad:	1.1 cP
Temperatura:	15.6 °C
Presión de vapor:	1.77 kPa a
Presión atm:	101 kPa a

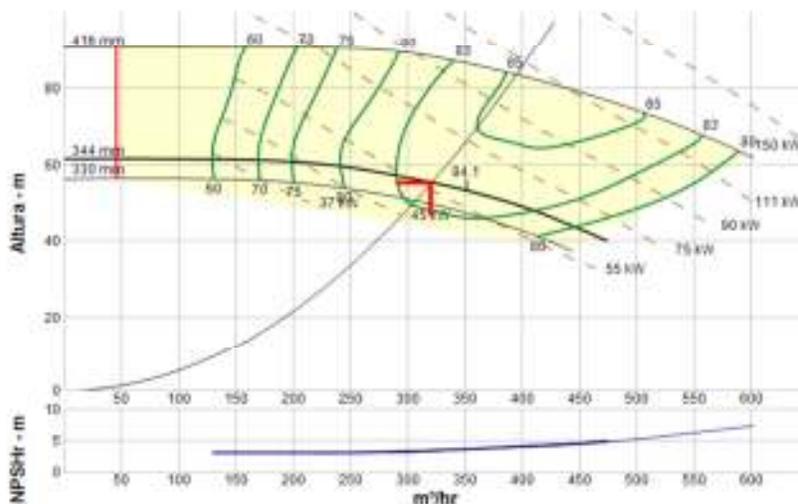
Criterios de búsqueda:		
Caudal:	320 m ³ /hr	Casi un fallo: —
Altura:	55 m	Static Head: 0 m

Límites de la bomba:	
Temperatura:	121 °C
Tamaño de la esfera:	25.4 mm
Wkg Pressure:	1207 kPa g

Motor:	
Estándar:	IEC
Caja:	TEFC
Tamaño m:	250M
Potencia:	75 kW
Velocidad:	1800 rpm
Crterio de medición:	Potencia máxima en la curva característica

Advertencias para la selección de bo.
 None

--- Datos del punto	
Caudal:	320 m ³ /hr
Altura:	55 m
Rend:	84%
Potencia:	57.2 kW
NPSHr:	3.42 m
Velocid:	1785 rpm
--- Curva característica	
altura x. cerrada:	61.3 m
dP x. cerrada:	601 kPa
Caudal mínimo:	45.4 m ³ /hr
BEP:	84.1% @ 351 m ³ /hr
Potencia NOL:	
	66.8 kW @ 474 m ³ /hr
--- Curva máxima	
Potencia máxima:	120 kW @ 601 m ³ /hr



Evaluación de rendimiento:					
Caudal	Velocida	Altura	Rendimiento	Potencia	NPSHr
m ³ /hr	rpm	m	%	kW	m
384	1785	50.1	83	62.5	3.03
320	1785	55.1	84	57.2	3.42
230	1785	59.7	81	60.4	3.1
192	1785	60.7	74	42.9	3.05
128	1785	61.2	60	35.7	3.05

Seleccionado del catálogo: Cornell.85, Versión 3.10.1

Figura 5.3.5.5. Características de bomba Cornell modelo 5HH - 75 KW (100 HP)

Fuente: Cornell Pumps, software selección de bomba, 2002.

Resumen de Criterios de Diseño

Cuadro 5.3.2 Valores de entrada para diseño, condiciones de cultivo

A. Generales		
A1	Cultivo:	Banano
A2	Distancias de Siembra entre líneas:	2,40 metros en tres bolillos
A2	Distancias de Siembra entre plantas:	2,50 metros
A2	Sistema de Riego:	Subarbóreo por aspersión
A4	Área de Riego:	159,66 hectáreas
A5	Fuente de Energía:	Electricidad
A6	Frecuencia de Riego:	Diaria
A7	Horas de Riego:	16 horas por día
A8	Lámina de Riego diaria:	7,36 milímetros
A9	Turnos de riego por día:	8
A10	Días de Riego por Semana:	6 días
A11	Modalidad de Operación:	Por cables y bloques
A12	Área cubierta por turno:	19,96 has

Cuadro 5.3.3 Valores de entrada para diseño, características del aspersor, ubicación de tuberías en parcela típica

B. Aspersor		
B1	Aspersor Seleccionado	
B1.1	Marca y modelo:	Senninger 2014-1
B1.2	Boquilla:	#6.5
B1.3	Presión de Operación:	20,07 m.c.a. (30 psi)
B1.4	Caudal entregado:	365,10 l/h (1.60 gpm)
B1.4	Diámetro de cobertura:	18,20 metros
B2	Espaciamiento entre aspersores:	10,00 metros
B3	Espaciamiento entre laterales:	9,60 metros
B4	Precipitación del aspersor:	3,80 milímetros

Cuadro 5.3.4 Valores de salida del diseño, cantidad de aspersores, caudales y tuberías en parcela típica

C. Parcela de Riego		
C1	Número Aspersores por Lateral:	11 Aspersores
C2	Número Laterales por Parcela:	18 Laterales
C3	Número Aspersores por Parcela:	189 Aspersores
C4	Diámetro Lateral:	18 mm (3/4" SDR21)
C5	Caudal por Lateral:	4.02 m3/h
C6	Diámetro de Divisor:	50 mm y 75 mm (2" y 3" SDR50)
C7	Caudal por Parcela:	68,30 m3/h
C8	Diámetro de Válvula de Control:	75 mm PRV (3")
C9	Tiempo de Riego por Parcela:	2 horas

Cuadro 5.3.5 Valores de salida del diseño, bombas y sus características

D. Sistema de Bombeo		
D1	Caudal de Diseño	
D1.1	Bomba #1	550 m3/h (2420 gpm)
D1.2	Bomba #2	315 m3/h (1386 gpm)
D2	Carga Dinámica Total	
D2.1	Bomba #1	50 m.c.a. (71 psi)
D2.2	Bomba #2	55 m.c.a. (78 psi)
D3	Bombas Seleccionadas	
D3.1	Bomba #1	Cornell 6HH
D3.2	Bomba #2	Cornell 5HH
D4	Tamaño del Impulsor	
D4.1	Bomba #1	356 mm (14.02")
D4.2	Bomba #2	344 mm (13.54")
D5	Potencia de Motores Seleccionados	
D4.1	Bomba #1	110 Kw (150 HP)
D4.2	Bomba #2	75 Kw (100 HP)

5.4 Operación del Sistema

Descripción:

La operación del sistema se plantea por bloques, esto es que el total del agua se envía a 8 bloques diferentes por cada bomba, de esta manera se la operación de apertura y cierre de

válvulas para cada turno, se facilita, ya que las válvulas de cada bloque están relativamente cercanas unas de otras.

Se adjuntan planos de la finca con las áreas coloreadas por operación de riego, las cuales se deberán abrir y cerrar como se indica para evitar que las presiones se bajen y teniendo consecuentemente una mala práctica de riego.

5.4.1 Generalidades:

Al ser el sistema de riego una herramienta de producción que representa una alta inversión, es imperativo seguir ciertas normas para asegurarse el correcto funcionamiento y el mayor aprovechamiento de esa inversión.

Por lo que se recomienda se sigan estas simples reglas cuando se comience con la operación del equipo:

- a) Asegurarse en la medida de lo posible que el personal encargado de la operación del sistema, haya estado presente durante la instalación de modo que conozca a fondo la ubicación y funcionamiento de los componentes y piezas básicas del sistema.
- b) Cerciorarse de que el personal este bien motivado y evitar los reemplazos frecuentes para no perder la experiencia ganada.

5.4.2 Revisión antes de iniciar la operación

Se recomienda cerciorarse de que todos los componentes del sistema estén funcionales y en operación.

- Verificar que los filtros de la succión estén limpios y que el flujo de limpieza este llegando bien, para que accione correctamente el mecanismo de limpieza.
- Verificar que las válvulas check de la succión retengan el agua para que la ceba de la tubería sea efectiva.
- Verificar que haya corriente eléctrica y que los motores arranquen.
- Verificar que las válvulas de control de bombeo estén completamente cerradas.

- Verificar que tanto las válvulas de aire como de alivio que están a la descarga, no tengan ningún obstáculo que les impida funcionar correctamente.
- Verificar en campo que las válvulas de apertura tengan los respectivos comandos bien conectados.

5.4.3 Operación en campo

Para iniciar la operación, primero se abren las válvulas de la operación que corresponde, para luego proceder con el encendido de las bombas.

Una vez completada la operación, para realizar el cambio a la siguiente operación, se abren las válvulas de esta siguiente operación, en los sistemas de bombeo se manifestará una baja en la presión ya que se le está demandando más agua a los sistemas al estar abiertas más válvulas; posteriormente se cierran las válvulas de la primera operación y se comenzará a notar un alza en las presiones de los sistemas de bombeo, hasta recuperar la presión de trabajo antes definida.

Este procedimiento se sigue hasta completar las 8 operaciones de riego al día, realizando las aperturas y cierres de válvulas cada dos horas.

5.4.4 Operación de Bombas

Para efectuar el arranque de las bombas se debe primero proceder con el cebado de las succiones, esto es llenar con agua las tuberías de succión para que la bomba al ser arrancada pueda establecer el flujo continuo de agua.

Se debe asegurar que la válvula mariposa esté completamente cerrada y que haya corriente en los paneles de control.

Una vez verificado lo anterior se acciona el botón verde del panel de control y se escuchará el sonido donde comienza a trabajar el motor, unos segundos después el sonido cambia por otro más bajo y constante, en ese momento el operador de bombeo comienza a abrir

lentamente la válvula mariposa de control de bombeo, este procedimiento puede tardar unos 5 minutos para dar tiempo al sistema para que se vaya ajustando lentamente.

No se recomienda encender las bombas con la válvula mariposa abierta, ya que al estar las tuberías vacías o no presionadas, hay una demanda mayor de caudal que puede provocar un fenómeno destructivo de los impulsores de las bombas, llamado cavitación, que produce la erosión de los impulsores y les acorta grandemente la vida útil.

Para efectuar el apagado del sistema se debe proceder de la forma inversa, esto es una vez cumplido con la operación diaria, se comienza a cerrar lentamente la válvula de mariposa también demorando unos 5 minutos para completar el cerrado total, una vez realizada esta labor, se procede a accionar el botón rojo del panel de control para apagar los motores.

No se recomienda apagar la bomba sin haber cerrado la válvula mariposa, ya que al interrumpir el flujo de repente, se produce un retro-flujo de agua que puede causar otro fenómeno destructivo llamado golpe de ariete, que podría dañar seriamente las tuberías y bombas si llegara a producirse.

En caso de fallar una de las bombas, se debe determinar dónde está la falla, esto es si la misma está en el motor o en el panel de control.

La mayor parte de las veces estas fallas se darán en el panel de control, por activación de los sistemas de seguridad y protección para los motores de las bombas, por lo que se recomienda revisar el manual de operación y mantenimiento del panel de control

En caso de tener que darle mantenimiento a una de las bombas o motores, se puede continuar con la operación de riego, cerrando el paso del agua de la bomba en operación, abriendo la válvula de interconexión de tuberías de bombeo y abriendo la válvula de control de bombeo de la bomba a la que se le está dando mantenimiento, la válvula de detención “check” de esta última bomba evitará que el agua se devuelva, esto asegura poderle dar por lo menos la mitad de la lámina de riego al cultivo y no exponerlo a un estrés muy extenso.

El operador de las bombas debe cerciorarse que entre los prensa-estopas o sellos de la bomba con el eje del motor, siempre haya un leve goteo, que de esta manera es como se lubrica dicho eje para evitar el recalentamiento y posterior fallamiento del material.

Debido a lo irregular de la finca y la forma en que se balancearon las operaciones, para que existiese el mínimo de variación en la presión y caudal de las bombas, no se habla de un número exacto de válvulas por operación, pero si de un número lo más exacto posible de aspersores, dicho número promedio anda alrededor de 1500 aspersores para la bomba #1, 1860 para la bomba #2.

Para la apertura de un turno de riego, se deben abrir las válvulas correspondientes a ese turno, en el selector de la válvula existen tres posiciones; abierto, cerrado y automático.

Estas posiciones de abierto y cerrado son para la operación manual, cuando se opera el riego normalmente, este selector debe pasarse de cerrado a automático, ya que en esta posición estará operando el piloto regulador de presión, cuya función es mantener una presión constante aguas abajo de la válvula, para lograr que el caudal indicado sea el que esté llegando a los aspersores.

Se recomienda durante la operación que los operadores revisen visualmente en caso de que se produzcan fugas.

En caso de presentarse una fuga en las tuberías parcelarias, si afecta en demasía la operación de esa válvula, se debe cerrar la válvula y proceder a su reparación.

De no afectar en gran medida la operación, se marca el lugar donde se produjo y se procede con la reparación una vez terminado el turno de riego en el que está esa válvula.

En el caso de que la fuga sea en la tubería principal, se debe interrumpir la operación del sistema, se apague la bomba y se proceda con la reparación.

Cuando se observen aspersores obstruidos, el operador de campo debe limpiarlos, utilizando herramienta especial para desmontar las boquillas, evitando que estas mismas se extravíen por efecto del impulso que produce el agua una vez restablecido el flujo en el aspersor.

Estas herramientas son de fabricación “casera” en la finca, se pueden fabricar a base de varilla de construcción.

Cuando el agua presente una turbiedad mayor que lo habitual, se recomienda durante el proceso de operación, que se efectúe un lavado de las tuberías ya que las partículas que causan esta turbiedad pueden sedimentarse y provocar obstrucciones tanto en las tuberías como en los aspersores, para efectuar esta labor se remueven los tapones de lavado de las tuberías divisoras (manifolds), y se permite que fluya el agua por un rato hasta que esta cambie a un color más claro.

Un aspecto importante es que solamente el jefe de riego y los operadores de campo deben tener la autorización para abrir y/o cerrar válvulas, pues al hacerlo personas ajenas a la operación del riego tales como cortadores, embolsadores, fumigadores y todo aquel que efectúe una actividad dentro de la plantación, ponen en peligro la correcta operación y funcionamiento del sistema.

5.5 Análisis económico del proyecto de Inversión

Para determinar la factibilidad del proyecto de inversión, se preparó un flujo de caja por un periodo igual a la depreciación del sistema de riego, siendo este de 10 años según el Ministerio de Hacienda del Gobierno de Costa Rica.

En dicho análisis se hace una comparación de las medias de producción que se tienen en la zona del Caribe Costarricense de 2339 caja por hectárea por año contra el incremento que representa el producir en la zona del Pacífico Central Costarricense utilizando un sistema de riego para suplir las necesidades hídricas en la estación seca que se presenta en la zona, teniéndose acá una media de producción de 3068 cajas por hectárea por año sin tomar en cuenta que hubiese una variación en ninguna de las medias de producción.

Los costos del sistema de riego se obtuvieron de la cotización que en su momento el proveedor del sistema de riego le presentó a la finca bananera, siendo el mismo la suma de tuberías y accesorios PVC, aspersores, válvulas, bombas, casetas de bombas, tuberías de succión y descarga de las bombas, panel de control y protección de las bombas, mano de obra de

instalación y supervisión, zanjea y tapado y puesta en marcha, ascendiendo este monto a un valor de \$ 1,000,223.69 (Un millón doscientos veintitrés USD\$ Dólares con 69/100).

El valor de venta del banano producido en Costa Rica según Según decreto No. 35825-MEIC-MAG-COMEX del 18 de marzo del 2010 es de \$ 7,69 (Siete US\$ Dólares con 69/100) por caja de 18.14 kilogramos (Corbana 2018).

Además, cada caja producida le paga al gobierno un impuesto de exportación de ₡1.50 (Un Colón con 50/100).

Por exportación también se tiene un tributo de \$0.07 (Siete centavos de US\$ Dólar) por cada caja exportada de 18.14 kilos, desglosado en: US\$0.04 (cuatro centavos de US\$ Dólar) por caja, que va a las Municipalidades de los cantones productores de banano, \$0.01 (Un centavo de US\$ Dólar) por caja a seguridad de las zonas productoras de banano y \$0.02 (Dos centavos de US\$ Dólar) por cada caja exportada de 18.14 kilos, se destina a obras de prevención e infraestructura (Diques, recabas de ríos).

También, Corbana recibe una contribución de \$0.05 (Cinco centavos de US\$ Dólar) por cada caja exportada para su mantenimiento y gastos de operación.

En cuanto a los costos de energía, el sistema estaría operando un promedio de 5 meses al año, 25 días por mes, durante 14 horas diarias, de lunes a sábado, teniéndose las siguientes tarifas por parte del ICE según el horario de operación del sistema:

3:00 am – 10:00 am \$0.1446 (Catorce punto cuarenta y seis centavos de USD\$ Dólar) por kilowatt-hora

1:00 pm – 5:00 pm \$0.1446 (Catorce punto cuarenta y seis centavos de US\$ Dólar) por kilowatt-hora

8:00 pm – 11:00 pm \$0.067 (Seis punto setenta centavos de US\$ Dólar) por kilowatt-hora.

Sumando para el total de operación de las dos bombas un monto de \$50.111,62 (Cincuenta mil ciento once USD\$ con 62/100) para el primer año.

Se prevee un incremental de un 1% por cada año de operación del sistema por efecto de ajuste de tarifas de la compañía eléctrica.

En cuanto a la mano de obra de operación y mantenimiento, se considera que el sistema se operará con un ingeniero supervisor que estará parcialmente en la inspección del riego, un supervisor de campo que velará por la aplicación del programa de riego además de asignar el personal a las diferentes tareas de mantenimiento durante los tiempos muertos de la operación del sistema.

Se tendrá un operador de bombeo, que velará porque los sistemas de bombeo estén funcionando correctamente y además efectuará las mezclas e inyección de los fertilizantes en el sistema.

Por último, para la apertura y cierre de válvulas cada vez que hay un cambio de turno, así como efectuar las labores de mantenimiento que se requieran, se contará con 6 operarios.

Todo el rubro de mano de obra de operación tiene un costo de \$ 41,259.19 (Cuarenta y un mil doscientos cincuenta y nueve USD\$ con 19/100) para el primer año y se está considerando un incremental del 2.5% para prever los aumentos del salario mínimo interanualmente.

El monto de mantenimiento corresponde al gasto que se debe efectuar para asegurarse el correcto funcionamiento del sistema a través de las refacciones y cambio de elementos ya sea de PVC, aspersores o válvulas, con un valor inicial de \$ 5,000.00 (Cinco mil USD\$) para el primer año y un incremental del 5% para prever aumentos de materias primas a lo largo del tiempo.

Con base en el trabajo de tesis del Ingeniero Gerardo Martín Azofeifa Fernández de 2006, se determinaron los costos de mantenimiento de una finca bananera en forma dolarizada y se actualizaron con base en la inflación sufrida por el dólar desde 2006 a la fecha, siendo la misma de un 25% dicho ajuste, se obtiene un monto de \$1.34 (Un USD\$ Dólar con 34 centavos) por caja producida.

La depreciación se definió en 10 años sin valor residual según la tabla para sistemas de riego de modalidad aspersión del Ministerio de Hacienda del Gobierno de Costa Rica, quedando el monto en \$ 100,022.27 (Cien mil veintidós USD\$ Dólares con 27/100) anualmente.

Se considera además el rubro del impuesto de renta a las utilidades que asciende a un 30%.

Existen varias formas de medir la viabilidad financiera de un proyecto, para este caso se utilizará el Valor Actual Neto de los flujos futuros de fondos (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), ambos indicadores permiten evaluar el proyecto para determinar si es rentable o no, con el fin de permitir una mejor toma de decisión para invertir en el proyecto.

El VAN es un indicador que se basa en el hecho de que el valor del dinero cambia a lo largo del tiempo, por esto se toman en consideración los flujos positivos (ingresos) y negativos (costos) del proyecto.

Dichos flujos se traen a valor presente mediante una tasa de descuento, que viene representar el rendimiento mínimo esperado de la inversión, para determinar a su vez si el proyecto ofrece un “premio adicional” de si se decidiera colocar el dinero en otra inversión.

El VAN se expresa en términos monetarios absolutos, para este caso en dólares y la forma de calcularlo en términos matemáticos se expresa de la siguiente manera:

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+i)^j} \quad (3)$$

Donde:

- I_0 es la inversión que se realiza en el momento inicial ($T=0$).
- n es el número de períodos de tiempo o vida útil del proyecto.
- i es la tasa de descuento que como mínimo se le está exigiendo a la inversión.

El criterio empleado para determinar si una inversión es viable o rentable en términos económicos es como se indica a continuación:

$VAN > 0$: El valor actualizado de los flujos de entradas y salidas de dinero actuales y futuros, a la tasa de descuento elegida, generará recursos adicionales.

$VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, por lo que su realización es indiferente.

$VAN < 0$: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que debe ser rechazado.

Para este proyecto de inversión al evaluar el VAN se está haciendo con una tasa de descuento del 15% que se estima debe ser el mínimo que debe cubrir el proyecto, de tal manera que los excedentes por encima de esta tasa llevan al dueño a estar dispuestos a realizar la inversión en el sistema de riego.

Con dicha tasa el resultado de los flujos es el siguiente que se muestra en el Cuadro 5.5.1.

Cuadro 5.5.1 Flujos netos del proyecto de Inversión

Año	Flujo Neto USD\$
0	-\$1,000,223.69
1	\$391,579.78
2	\$390,307.07
3	\$389,003.42
4	\$387,667.91
5	\$386,299.55
6	\$384,897.33
7	\$383,460.22
8	\$381,987.13
9	\$380,476.93
10	\$378,928.47

El valor actual neto resultante a una tasa de descuento del 15% es de USD\$ 819,257.23 (Ochocientos diecinueve mil doscientos cincuenta y siete Dólares con 23/100), lo que significa en dólares y a precios actuales, que la inversión por USD\$ 1,000,223.69 (Un millón doscientos

veintitrés dólares con 69/100), genera un rendimiento positivo por lo cual el proyecto es rentable, de esta manera aplicando el VAN agregando uno a uno los flujos anuales, se tiene que para el tercer año se recupera la inversión inicial y a partir de allí todo es rentabilidad pura.

Efectuando el análisis a través de la Tasa Interna de Retorno, que es aquella que no agrega ni resta valor, esto es, la tasa que hace que el VAN sea igual a cero o que los flujos netos traídos a valor presente igualan a la inversión inicial.

Se acepta la inversión si la TIR del proyecto está por encima de la tasa de descuento, esto indica que, si la TIR es mayor que la tasa de descuento es proyecto es recomendable.

Así si la TIR es igual a la tasa de descuento, es indiferente efectuar la inversión y si la TIR es menor a la tasa de descuento, el proyecto no es recomendable.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece la inversión, indicando el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá el proyecto de inversión.

La TIR es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actual Neto (VAN) y se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero y se calcula con la siguiente expresión:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0 \quad (4)$$

Donde:

- F_n es el flujo neto de efectivo
- n el tiempo del flujo de caja
- i la tasa de descuento (tasa de rendimiento que se podría ganar en una inversión en los mercados financieros con un riesgo similar).

Cuanto mayor sea la TIR de un proyecto, más deseable será llevar a cabo dicho proyecto.

En el caso de este trabajo la TIR es de 37% según se puede observar en el Cuadro 5.5.2., lo cual indica que la inversión es rentable pues es superior a la tasa de descuento propuesta.

Por lo que se concluye al ver el Cuadro 5.5.1. el proyecto es exitoso y rentable a lo largo del tiempo pagándose la inversión del sistema de riego en los primeros dos años, seis meses y veintidós días.

Cuadro 5.5.2 Flujo de caja del proyecto de Inversión

RUBRO	PERIODO DE EVALUACIÓN										
	Año 0	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10
Producción Cajas de Banano /ha/año Con Riego	0	3068	3068	3068	3068	3068	3068	3068	3068	3068	3068
Producción Cajas de Banano /ha/año Sin Riego	0	2339	2339	2339	2339	2339	2339	2339	2339	2339	2339
Diferencial de Producción	0	729	729	729	729	729	729	729	729	729	729
Total de cajas producidas en Area de expansión	0	99144	99144	99144	99144	99144	99144	99144	99144	99144	99144
Precio Producción Total \$	\$0.00	\$762,417.36	\$762,417.36	\$762,417.36	\$762,417.36	\$762,417.36	\$762,417.36	\$762,417.36	\$762,417.36	\$762,417.36	\$762,417.36
Costo Sistema de Riego \$	\$1,000,223.69										
Costo de Energía eléctrica para sistema de riego \$		\$50,111.62	\$50,612.74	\$51,118.86	\$51,630.05	\$52,146.35	\$52,667.82	\$53,194.49	\$53,726.44	\$54,263.70	\$54,806.34
Costo Mano de Obra Operación \$		\$42,681.92	\$43,748.97	\$44,842.69	\$45,963.76	\$47,112.85	\$48,290.68	\$49,497.94	\$50,735.39	\$52,003.78	\$53,303.87
Costo mantenimiento del sistema \$		\$5,000.00	\$5,250.00	\$5,512.50	\$5,788.13	\$6,077.53	\$6,381.41	\$6,700.48	\$7,035.50	\$7,387.28	\$7,756.64
Costo Mantenimiento de la plantación (\$ 1.34/caja)		\$132,852.96	\$132,852.96	\$132,852.96	\$132,852.96	\$132,852.96	\$132,852.96	\$132,852.96	\$132,852.96	\$132,852.96	\$132,852.96
Depreciación sistema de riego \$		\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37
Contribución a Corbana (\$0.05/caja)		\$4,957.20	\$4,957.20	\$4,957.20	\$4,957.20	\$4,957.20	\$4,957.20	\$4,957.20	\$4,957.20	\$4,957.20	\$4,957.20
Total de costos \$		\$335,626.07	\$337,444.23	\$339,306.59	\$341,214.47	\$343,169.27	\$345,172.43	\$347,225.44	\$349,329.86	\$351,487.29	\$353,699.38
Utilidad Antes de Impuestos \$		\$426,791.29	\$424,973.13	\$423,110.77	\$421,202.89	\$419,248.09	\$417,244.93	\$415,191.92	\$413,087.50	\$410,930.07	\$408,717.98
Impuesto producción por caja de banano (¢1.50/caja)		\$256.41	\$256.41	\$256.41	\$256.41	\$256.41	\$256.41	\$256.41	\$256.41	\$256.41	\$256.41
Impuesto exportación por caja de banano (\$0.07/caja)		\$6,940.08	\$6,940.08	\$6,940.08	\$6,940.08	\$6,940.08	\$6,940.08	\$6,940.08	\$6,940.08	\$6,940.08	\$6,940.08
Impuesto sobre la renta (30% utilidades)		\$128,037.39	\$127,491.94	\$126,933.23	\$126,360.87	\$125,774.43	\$125,173.48	\$124,557.57	\$123,926.25	\$123,279.02	\$122,615.39
Utilidad después de impuestos \$		\$291,557.42	\$290,284.70	\$288,981.06	\$287,645.54	\$286,277.18	\$284,874.97	\$283,437.85	\$281,964.76	\$280,454.57	\$278,906.10
Depreciación sistema de riego \$		\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37	\$100,022.37
FLUJO NETO DE EFECTIVO	-\$1,000,223.69	\$391,579.78	\$390,307.07	\$389,003.42	\$387,667.91	\$386,299.55	\$384,897.33	\$383,460.22	\$381,987.13	\$380,476.93	\$378,928.47
VAN	\$819,257.23										
TIR	37%										
TASA DE DESCUENTO	15%										

5.6 Mantenimiento del sistema

5.6.1 Generalidades

A continuación, se presenta en forma tabular las recomendaciones para efectuar los procedimientos de mantenimiento más usuales en los sistemas de riego por aspersión.

En el Cuadro 5.6.1. se incluye el tratamiento recomendado para cada componente o subsistema, la frecuencia y el método.

Esta tabla es recomendable guardarla junto con el equipo correspondiente y junto con una bitácora diaria de la operación y el mantenimiento que se efectuó, esto para poder establecer la cronología de eventos ocurridos y actividades realizadas, y a la vez sirva como calendario para efectuar los procedimientos de rutina, los preventivos y los correctivos.

Cuadro 5.6.1. Guía para realizar el mantenimiento del sistema de riego

Componente/ Subsistema	Período de Inspección	Tratamiento requerido	Método de tratamiento / Equipo	Notas
Canal de Riego	Fin de la temporada de lluvias, antes de la temporada de riego	Examinar las orillas y estabilizarlas cuando sea necesario	Maquinaria para movimiento de tierras	
Fosa de Bombeo	Fin de la temporada de lluvias, antes de la temporada de riego	Limpieza de sedimentos acumulados	Abrir tapón de drenaje de la fosa y vaciarla	

	Durante temporada de riego	Limpieza de algas, hojas y basura que se pudiera acumular en el agua	Usar escobones y redes para lavar las algas y recoger las hojas y basura	Restregar las algas y desaguarlas en el drenaje
Sistema de Bombeo	Fin de la temporada de lluvias, antes y durante de la temporada de riego, cada 3 a 5 semanas	Engrasado de cojinetes (roles) del motor	Engrasadora, según recomendación manual de fabricante	Dicho manual se adjunta
	Antes de temporada de riego	Cambio cordón grafitado amortiguador del prensaestopas	Trozo de cordón grafitado	Este se desgasta con el uso
	Fin temporada de riego	Ponga a prueba eficiencia de la bomba, compare con curva de la bomba	Manómetros y aspersores en campo	Se adjuntan las respectivas curvas
		Verificar vibraciones y ruidos poco usuales, examinar transmisión entre motor y bomba	Visual	

Panel de Control	Inicio y durante la temporada de riego	Limpiar de insectos y malezas	Manualmente	Revisar manual de operación y mantenimiento del panel de control
Manómetro	Por Temporada	Verifique desempeño	Visual y comparativo	
	Cada Segundo año	Calibre	Desmontar, limpiar o cambiar	
Válvulas de Retención	Por Temporada	Verificar desempeño, verificar sellos y lubricar partes móviles	Generar presión del lado ascendente de la válvula y verificar si hay pérdidas bajo presión positiva	
Válvulas de descarga de Aire	Inicio y durante la Temporada de riego	Desmonte y limpie orificios, verificar partes móviles	Desensamblar carcasa	Utilizar llave de correa
Válvula de Alivio	Inicio y durante la temporada de riego	Colocar manómetro y ajustar el tornillo de cierre cuando se aplica presión de la bomba	Manualmente	
Válvulas reguladoras de presión	Aspersores	Por Temporada	Manómetros con conector a válvula tipo “schrader”	

Aspersores	Inicio de temporada de riego	Verifique que todos los elevadores tengan aspersores	Visualmente	
	Durante temporada	Detecte y limpie boquillas obstruidas	Visualmente y herramienta para quitar boquillas	

La obstrucción de los aspersores por agentes químicos, físicos o biológicos se consideran el principal problema de mantenimiento en los sistemas de riego, por esta razón se recomienda efectuar lavados preventivos con cierta frecuencia, abriendo los tapones de lavado en los extremos de los divisores o manifold de la operación correspondiente, dejando correr el agua por espacio de unos minutos, para que el arrastre del agua, transporte los sedimentos y basuras que eventualmente ocasionarían obstrucciones.

Las frecuencias de estos lavados pueden estimarse en un principio en una vez al mes, dependiendo de la calidad del agua, el encargado de riego podrá discernir según su propia experiencia, esta frecuencia una vez efectuado los primeros lavados.

Localización y reparación de fallas

En forma tabular en el Cuadro 5.6.2., también se presentan instrucciones para localizar y reparar las fallas más comunes que se pueden presentar.

Cuadro 5.6.2 Instrucciones para localización y reparación de fallas

Naturaleza de la falla	Causa Probable	Proceda de la siguiente manera
Eje de la Bomba no gira	Falla del motor en la fuente eléctrica	Haga girar manualmente el eje de la bomba o despiécela

	Arena o material foráneo en el impulsor	Despiece la bomba y límpiela
	Empaquetadura de la caja de prensaestopas demasiado apretada	Saque parte de la empaquetadura (Cordón grafitado)
La Bomba no descarga agua o descarga por debajo de la capacidad normal	No hay continuidad de la columna entre la fuente y la bomba, la válvula de pie probablemente tenga pérdidas cuando se genera la succión	
	Impulsor o filtro de succión obstruido	Retro-lave o despiece la bomba para limpiarla
	Eje roto y energía no transmitida al impulsor	Despiece la bomba y reemplace el eje
Motor Eléctrico de la bomba sobrecargado	La bomba no opera según diseño	Compare caudales y presiones del sistema “verdaderos y planificados”
	La dirección de rotación del eje es opuesta a la indicada por la flecha	Invierta la dirección de rotación
	El impulsor está mal regulado y causa alta fricción con la carcasa	Cortar el impulsor
	Altas revoluciones por minuto	Mida las rpm y compárelas con las especificaciones del fabricante

	Empaquetadura de la caja de prensaestopas demasiado apretada	Saque parte de la empaquetadura (Cordón grafitado)
	Problema mecánico	Despiece la bomba, halle el problema, determine la causa y compóngala como corresponda
Vibraciones y/o ruidos poco usuales en la bomba	Mantenimiento incorrecto de la bomba	Ejecute el mantenimiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante
	Cojinetes (Roles) fallados, tienen arena o requieren lubricación	Despiece la bomba, halle el problema, determine la causa y compóngala como corresponda
	Succión pobre o malla obstruida	Retro-lave o despiece
	Problema mecánico (Eje desviado, impulsores obstruidos o bases inapropiadas)	Despiece la bomba, halle el problema, determine la causa y compóngala como corresponda
En campo las válvulas no cierran	El sistema de control no funciona	Cerciórese de que hay paso de agua hacia la cámara del diafragma
	Hay un elemento extraño que obstruye el diafragma de la válvula	Despiece o desarme la válvula y extraiga ese elemento extraño
En campo las válvulas no abren	El sistema de control no funciona	Cerciórese de que el agua está saliendo de la cámara del diafragma

	El diafragma está trabado porque estuvo inoperante durante mucho tiempo	Despiece y limpie la válvula
El piloto regulador permanece abierto (alta presión aguas debajo de la válvula)	Filtro obstruido	Desacople las mangueras y extraiga el filtro para limpiarlo
	Válvula de tres vías colocada en “open”, abierto	Coloque el selector en auto
	Diafragma trabado por un cuerpo extraño	Despiece o desarme la válvula y extraiga ese elemento extraño
	Piloto sucio u obstruido	Desacople el piloto y límpielo
El piloto regulador permanece cerrado (no hay flujo de agua)	Tornillo del regulador completamente abierto	Cierre el tornillo y con ayuda de un manómetro regule la presión de trabajo de la válvula
	La regulación no es la prefijada	Con ayuda de un manómetro regule la presión de trabajo de la válvula
	Válvula de tres vías colocada en cerrado “close”.	Coloque el selector en auto
	Piloto sucio u obstruido	Desacople el piloto y límpielo
Respuesta lenta a variación de presión	Filtro obstruido	Limpie el filtro

Variaciones en la presión aguas debajo de la válvula	Caudal del sistema por debajo del límite de diseño	Verifique la secuencia de operación y bombee a la presión indicada
Presión excesivamente baja	Excesiva demanda de flujo en el sistema	Cerciórese de que los extremos de los divisores estén con su respectivo tapón
El resorte del piloto regulador se salió de sus límites	Selección incorrecta del resorte	Reemplace el resorte según el código de colores del fabricante
Excesiva presión en los laterales	Caudales y/o presiones incorrectas	Verifique los caudales y presiones de diferentes aspersores
	Emisores parcialmente obstruidos	Extraiga las boquillas y límpielas
Emisores obstruidos	Obstrucción debido a alto contenido de materia orgánica en el agua	Clorine y lave el sistema
		Lave con ácido
	Obstrucción debido a partículas de arena	Lave las tuberías principales, divisoras y laterales
	Obstrucción debida a óxidos, ocre y fango	Lave el sistema con ácido
Con altos niveles de hierro, inyecte gas de cloro		

6. Conclusiones y Recomendaciones

- Se concretó el diseño e implementación del sistema de riego que actualmente está en operación.
- Se estableció un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para el sistema y sus componentes, para asegurar la vida útil del proyecto.
- El proyecto es viable financieramente, su análisis de indicadores así lo demuestra recuperándose la inversión en dos años y seis meses.
- Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, se recomienda seguir al pie de la letra el protocolo de encendido de las bombas y la apertura así como cierre de las válvulas.
- En cuanto al mantenimiento preventivo es recomendable efectuar el mismo tanto al inicio como a media temporada de riego, para que las tuberías y elementos hidráulicos se encuentren en óptimas condiciones para su operación.
- Se recomienda además efectuar una limpieza de tuberías por lo menos dos veces durante la temporada, de riego para asegurar las condiciones hidráulicas dentro de las tuberías, como la menor incidencia de taponamiento de boquillas de los aspersores.

7. Bibliografía

1) Agüero R. Pérez L. Guzmán M. (1998), Crecimiento y Rendimiento del Banano (Musa AAA) Bajo Ciclos Consecutivos de Aspersión con Glifosato. Agronomía Mesoamericana, Centro de Investigación en Protección de Cultivos (CIPROC), Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Corporación Bananera Nacional, San José, Costa Rica.

Disponible en:

www.mag.go.cr/rev_mesov09n02_105.pdf

2) Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M. (2006), Estudio FAO Riego y Drenaje, Manual 56 Evapotranspiración, Del cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, Utah State, University, U.S.A. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: Roma.

3) Álvarez Cubillo W. (2013), Efectos del raquis floral de banano procesado sobre el vigor de la planta y la incidencia del desorden fisiológico conocido como “Balastro” en banano (Musa sp. AAA Gran Nain) en Río Frío, Sarapiquí, Heredia. Trabajo final de graduación presentando a la Escuela de Agronomía como requisito parcial para optar al grado de licenciatura en Ingeniería Agronómica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

4) Amanco, (2000), Manual de Operación y Mantenimiento, Sistema de Riego por Aspersión Maravillas, Folleto: San Marcos, Guatemala.

5) Amanco, (2007), Manual Técnico Tubosistemas, San José, Costa Rica.

6) Amiad Filtration Systemas Ltd., (2008), Plastic Filter Series, Folleto: Galil Elion, Israel.

7) Ari Flow Control Accesories (2002), Manual Técnico, Folleto: Kfar Charuv, Israel.

8) Arias Gavilanez E. L. (2014). Estudio financiero para la producción de banano (Musa Sapientum), en Pueblo Viejo, Los Ríos, Ecuador. Proyecto de graduación para optar por el título

de Ingeniero en Administración de Agronegocios en el grado académico de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

9) Arias P. Dankers C. Liu P. Pilkauskas P. (2004). La Economía Mundial del Banano 1985-2002. Grupo de Ventas y Comercialización, Dirección de Información, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.

10) Azofeifa Fernández G. M. (2006). Programación y costos de renovación de una plantación de banano (Musa spp) en finca Triple Tres de Compañía Bananera Atlántica, Limón, Costa Rica. Trabajo de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía como requisito parcial para optar al grado de Bachillerato en Ingeniería en Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos Alajuela, Costa Rica.

11) Bonilla Aragón O. (2006). Análisis de costos de operación de dos tipos de sistema de riego, en el cultivo de banano, Tiquisate, Escuintla. Tesis de grado para optar por el título de Licenciado en Sistemas de Producción Agrícola, Universidad de San Carlos, Guatemala.

12) Burt C. M., Styles S. W. (1994), Drip and Microirrigation for Trees, Vines, and Row Crops (with special sections on buried drip), Irrigation Training and Research Center (ITRC), California Polytechnic State University (Cal Poly), San Luis Obispo, California, U.S.A.

13) Cámara Nacional de Bananeros, CANABA 2017.

Disponible en:

www.canabacr.com

14) Clemmons Filtration (2003), Manual Técnico, Folleto: Boise, Idaho, USA.

15) Cornell Pump Co. (2002), Instalation, Operation and Maintenance Manual, Folleto: Portland, Oregón, U.S.A.

16) Corporación Bananera Nacional, Corbana (2011). Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas para Reducir el Escurrimiento de Plaguicidas en el Cultivo del Banano de la Región Caribe Costarricense, Reporte de Caso de Estudio, San José, Costa Rica.

Disponible en:

www.bananotecnia.com/articulos/implementacion-de-buenas-practicas-agricolas-para-reducir-el-escurrimiento-de-plaguicidas-en-el-cultivo-del-banano-de-la-region-caribe-costarricense/

17) Corporación Bananera Nacional, Corbana 2017.

Disponible en:

www.corbana.co.cr

18) Cubero Fernández D. PhD (2015), Suelos de Costa Rica, Orden Entisol, Boletín Técnico N°2, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia Tecnológica Agropecuaria (INTA – COSTA RICA): San José, Costa Rica.

Disponible en:

<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1822.PDF>.

19) Doorenbos I., Pruitt W.O. (1976), Estudio FAO: Riego y Drenaje, Manual 24, Las necesidades de agua de los cultivos, Organización de las Naciones Unidas para La Agricultura y La Alimentación, Roma, Italia.

20) Dorot Valves (1998), Manual Técnico, Folleto: Kibbutz Dorot, Israel.

21) Fundación Hondureña de Investigación Agrícola FHA, (2002). Programa Banano y Plátano, Informe Técnico, La Lima, Cortés, Honduras.

Disponible en:

www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/itecnicobyp2002.PDF

22) Galán Saúco Víctor, Robinson C. J. (2013), Fisiología, Clima y Producción de Banano; Physiology, Climate and Production of Bananas, XX Reunión Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos), Fortaleza, Brasil.

Disponible en:

<https://agroislas.com/blog/3-cursos/>

23) Gómez Marín E. (1991), Riego por Miniaspersión, Microaspersión y Goteo, Informe 300 horas de Servicio Profesional, Instituto Tecnológico de Costa Rica: Cartago, Costa Rica.

24) Guevara Ramia R.B. (2015). Analizar los costos de producción de una caja de banano convencional de la Hacienda “Los Tamarindos” del sitio Jumón, Santa Rosa. Trabajo de Titulación para optar por el grado de Economista Agropecuario, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

25) Hargraeves G. H. (1975), Climate and moisture availability for Costa Rica, Utah State, University: U.S.A.

26) Herinch Bettoni K., Pacheco Cubero P., Flores Solera M. Alfaro Hernández M. (2013), Series de Brillo Solar en Costa Rica, Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas, Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional: San José, Costa Rica.

Disponible en:

<https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Series+de+Brillo+Solar+en+Costa+Rica>.

27) Ibañez Asencio S., Gisbert Blanquer J., Moreno Ramón H. Entisoles, Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural: Valencia, España.

Disponible en:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12883/Entisoles.pdf?sequence=3>.

28) López Morales. (2013), Diseño de riego localizado utilizando el Software Irricad en Interacción con herramientas de Google Earth. Tesis, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Navarro”, División de Ingeniería, Departamento de Riego y Drenaje: Coahuila, México.

29) Plastro, (1989), Sistemas de Riego de bajo volumen: Instalación, Operación y Mantenimiento, Folleto técnico: Kibbutz Gvat, Israel.

30) Rodríguez García M. López Seija T. (2014), Comportamiento de la zona radical activa del banano en un ferrasol bajo riego por goteo superficial y subsuperficial, Behavior of the active área of roots of the banana tree in a Ferrasol irrigated for surface and subsurface drip irrigation. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol 23, No. 3, Suelo y Agua, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), La Habana, Cuba.

31) Rojas, N. (2011), Cuenca Río Parrita, Minaet, Instituto Meteorológico Nacional, PNUD Costa Rica: San José, Costa Rica.

32) Rojas O. (1985), Estudio Agroclimático de Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, Proyecto de Agroclimatología: San José, Costa Rica.

33) Salas F. J.C. (1998), Proyección de Mercado de Sistemas de Riego y Drenaje de Acuerdo con la Demanda Potencial al año 2000 y al 2005, Estudio de mercado preparado para Amanco, San José, Costa Rica.

34) Sánchez San Ramón F.J. Cálculo de la Evapotranspiración Potencial mediante la fórmula de Hargraeves, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca: España.

Disponible en:

http://hidrologia.usal.es/practicas/ET/ET_Hargreaves.pdf.

35) Senninger Irrigation Inc. (2002), Manual Técnico, Folleto: Orlando, Florida, U.S.A.

36) Shalhevet J. et al. (1981). Irrigation of field and orchard crops under semi-arid conditions, International Irrigation Information Center, Publication No. 1, 2nd revised edition. Bet Degan, Israel.

37) Solano J., Villalobos R., Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional: San José, Costa Rica.

Disponible en:

<https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Regionalizaci%C3%B3n+clim%C3%A1tica+de+Costa+Rica>.

38) Soto Ballester M. (1992), Bananos, cultivo y comercialización, Litografía e Imprenta LIL, S.A.: San José, Costa Rica.

39) Soto Zúñiga B. (2013), Las condiciones de sequía y estrategia de gestión en Costa Rica, Instituto Meteorológico Nacional: San José Costa Rica.

Disponible en:

http://www.droughtmanagement.info/literature/UNW-PC_NDMP_Country_Report_Costarica_2013.pdf.

40) Torres S. (2012), Guía práctica para el manejo del banano orgánico en el valle del Chira, Proyecto Norte Emprendedor – Swisscontact, Piura, Perú.

41) Villalobos Araya M. (2005), Riego por Melgas, Primera Edición, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

42) Villalobos Araya M. (2008), Riego por Surcos, Primera Edición, Ediciones Centro de Desarrollo de Material Bibliográfico (CDBM), Cartago, Costa Rica.

43) Villón Bejar M. (1980), Riego Por Aspersión. Editorial Tecnológica: Cartago, Costa, Rica.

8.2 Anexo N° 2: Plano de diseño de parcela típica de riego



Figura 8.2 Plano de información de campo de fincas “El Chileno” y “Jicote” con información topográfica de curvas de nivel, dimensión de canales primarios, secundarios y terciarios.

Fuente: Gómez E. mediante Irricad V15.08

8.3 Anexo N° 3: Muestra de cálculo hidráulico parcela típica

Cuadro 8.3.1 Caudal y presión requeridos en la válvula de la parcela típica utilizando Irricad V15.08.

Irricad Version 15.08 System Duty Report 10/10/2017

Company : Ing. Eduardo Gómez M. Designer : E. Gómez M.
Client : Mexichem Costa Rica S.A. Design Date : 23 setiembre 2017
Site : Jicote de Parrita, Puntarenas Report Date : 10/10/2017 08:57:59
Notes :
File : Diseño Agronomico-Parcela Tipica.dez

Water Supply : Supply no. 1

Duty Number	On time	Off time	Pressure (m)	Flow (m3/h)
1	1 : 0 : 0	1 : 1 : 0	26.57	68.30

Cuadro 8.3.2 Muestra de cálculos hidráulicos para la parcela típica utilizando Irricad V15.08.

Irricad Version 15.08 Zone Design Report 10/10/2017

Company : Ing. Eduardo Gómez M. Designer : E. Gómez M.
Client : Mexichem Costa Rica S.A. Design Date : 23 setiembre 2017
Site : Jicote de Parrita, Puntarenas Report Date : 10/10/2017 08:27:02
Notes :
File : Diseño Agronomico-Parcela Tipica.dez

Zone Name : Zone no. 1 Valve Description : Válvula Hid. 75 mm 96-3" P.R.
Zone Flow : 68.30 (m3/h)
Zone Head (D/S) : 23.50 (U/S) : 25.72 Valve Headloss: 2.22 (m)
Run Type : Normal Analysis

Pipes										
X From	Y	X To	Y	Size	Code	Flow 1	Flow 2	Max. Vel	Length	Headloss
(m)	(m)	(m)	(m)	(mm)		(m ³ /h)		(m/s)	(m)	(m)
205.9	-119.9	213.2	-119.9	75.00	PVC	34.0	34.0	1.6	7.4	0.32
213.2	-119.9	222.8	-119.9	75.00	PVC	30.4	30.4	1.5	9.6	0.33
222.8	-119.9	232.4	-119.9	75.00	PVC	26.4	26.4	1.3	9.6	0.25
232.4	-119.9	247.3	-119.9	75.00	PVC	22.8	22.8	1.1	14.8	0.26
247.3	-119.9	256.8	-119.9	75.00	PVC	18.8	18.8	0.9	9.5	0.13
256.8	-119.9	266.4	-119.9	75.00	PVC	15.2	15.2	0.7	9.6	0.09
266.4	-119.9	281.1	-119.9	50.00	PVC	11.2	11.2	1.2	14.7	0.43
281.1	-119.9	290.7	-119.8	50.00	PVC	7.6	7.6	0.8	9.6	0.15
290.7	-119.8	300.3	-119.8	50.00	PVC	3.6	3.6	0.4	9.6	0.04
205.9	-119.9	198.5	-119.9	75.00	PVC	34.3	34.3	1.7	7.4	0.33
198.5	-119.9	188.9	-119.9	75.00	PVC	30.4	30.4	1.5	9.6	0.33
188.9	-119.9	179.3	-120.0	75.00	PVC	26.7	26.7	1.3	9.6	0.26
179.3	-120.0	164.6	-120.0	75.00	PVC	22.8	22.8	1.1	14.6	0.26
164.6	-120.0	155.0	-120.0	75.00	PVC	19.2	19.2	0.9	9.6	0.14
155.0	-120.0	145.4	-120.0	75.00	PVC	15.2	15.2	0.7	9.6	0.09
145.4	-120.0	130.8	-120.0	50.00	PVC	11.6	11.6	1.2	14.6	0.45
130.8	-120.0	121.2	-120.0	50.00	PVC	7.6	7.6	0.8	9.6	0.15
121.2	-120.0	111.6	-120.0	50.00	PVC	4.0	4.0	0.4	9.6	0.04

Spraylines and Tapes										
X From	Y	X To	Y	Pressure (m)				Outlet flow	Outloss	
(m)	(m)	(m)	(m)	Actual	Min	Max	Min	Max	(lph)	(m)
213.2	-119.9	213.2	-162.9	21.7	22.5	19.0	22.4	361.37	1.0	
213.2	-119.9	213.2	-72.9	21.6	22.3	19.0	22.4	361.37	1.0	
222.8	-119.9	222.8	-167.9	21.2	21.9	19.0	22.4	361.37	1.0	
222.8	-119.9	222.8	-67.9	20.6	22.2	19.0	22.4	361.37	1.0	
232.4	-119.9	232.4	-162.9	21.1	21.9	19.0	22.4	361.37	1.0	
232.4	-119.9	232.4	-72.9	21.0	21.7	19.0	22.4	361.37	1.0	
247.3	-119.9	247.3	-167.9	20.7	21.4	19.0	22.4	361.37	1.0	
247.3	-119.9	247.3	-67.9	20.1	21.6	19.0	22.4	361.37	1.0	
256.8	-119.9	256.8	-162.9	20.7	21.5	19.0	22.4	361.37	1.0	
256.8	-119.9	256.8	-72.9	20.6	21.3	19.0	22.4	361.37	1.0	
266.4	-119.9	266.4	-167.9	20.5	21.1	19.0	22.4	361.37	1.0	
266.4	-119.9	266.4	-67.9	19.9	21.4	19.0	22.4	361.37	1.0	
281.1	-119.9	281.1	-162.9	20.2	21.0	19.0	22.4	361.37	1.0	
281.1	-119.9	281.1	-72.9	20.1	20.8	19.0	22.4	361.37	1.0	
290.7	-119.8	290.7	-167.9	19.9	20.6	19.0	22.4	361.37	1.0	

290.7	-119.8	290.7	-67.9	19.3	20.8	19.0	22.4	361.37	1.0
300.3	-119.8	300.3	-162.9	20.0	20.8	19.0	22.4	361.37	1.0
300.3	-119.8	300.3	-72.9	19.9	20.6	19.0	22.4	361.37	1.0
198.5	-119.9	198.5	-167.9	21.5	22.2	19.0	22.4	361.37	1.0
198.5	-119.9	198.5	-67.9	21.0	22.5	19.0	22.4	361.37	1.0
188.9	-119.9	188.9	-162.9	21.3	22.1	19.0	22.4	361.37	1.0
188.9	-119.9	188.9	-72.9	21.2	21.9	19.0	22.4	361.37	1.0
179.3	-120.0	179.3	-167.9	21.0	21.6	19.0	22.4	361.37	1.0
179.3	-120.0	179.3	-67.9	20.4	21.9	19.0	22.4	361.37	1.0
164.6	-120.0	164.6	-162.9	20.8	21.6	19.0	22.4	361.37	1.0
164.6	-120.0	164.6	-72.9	20.7	21.4	19.0	22.4	361.37	1.0
155.0	-120.0	155.0	-167.9	20.6	21.2	19.0	22.4	361.37	1.0
155.0	-120.0	155.0	-67.9	20.0	21.5	19.0	22.4	361.37	1.0
145.4	-120.0	145.4	-162.9	20.6	21.4	19.0	22.4	361.37	1.0
145.4	-120.0	145.4	-72.9	20.5	21.2	19.0	22.4	361.37	1.0
130.8	-120.0	130.8	-167.9	20.0	20.7	19.0	22.4	361.37	1.0
130.8	-120.0	130.8	-67.9	19.4	20.9	19.0	22.4	361.37	1.0
121.2	-120.0	121.2	-162.9	20.0	20.8	19.0	22.4	361.37	1.0
121.2	-120.0	121.2	-72.9	19.9	20.6	19.0	22.4	361.37	1.0
111.6	-120.0	111.6	-167.9	19.8	20.5	19.0	22.4	361.37	1.0
111.6	-120.0	111.6	-67.9	19.2	20.7	19.0	22.4	361.37	1.0

Outlets and Inflows

Location (x,y,z)			Out Loss	Flow	Pressure	Minimum	Maximum	
(m)	(m)	(m)						(lph)
						(m)	(m)	
205.9	-119.9	0.0	C.valve	0.0	-68299.2	23.5	0.0	0.0

8.4 Anexo N° 4: Plano del sistema riego de bombeo N° 1 “El Chileno”



Figura 8.4 Plano del diseño hidráulico de la red principal de la bomba N°1, “El Chileno”

Fuente: Gómez E. mediante Irricad V15.08

8.5 Anexo N° 5: Distribución de turnos de operación bomba N° 1

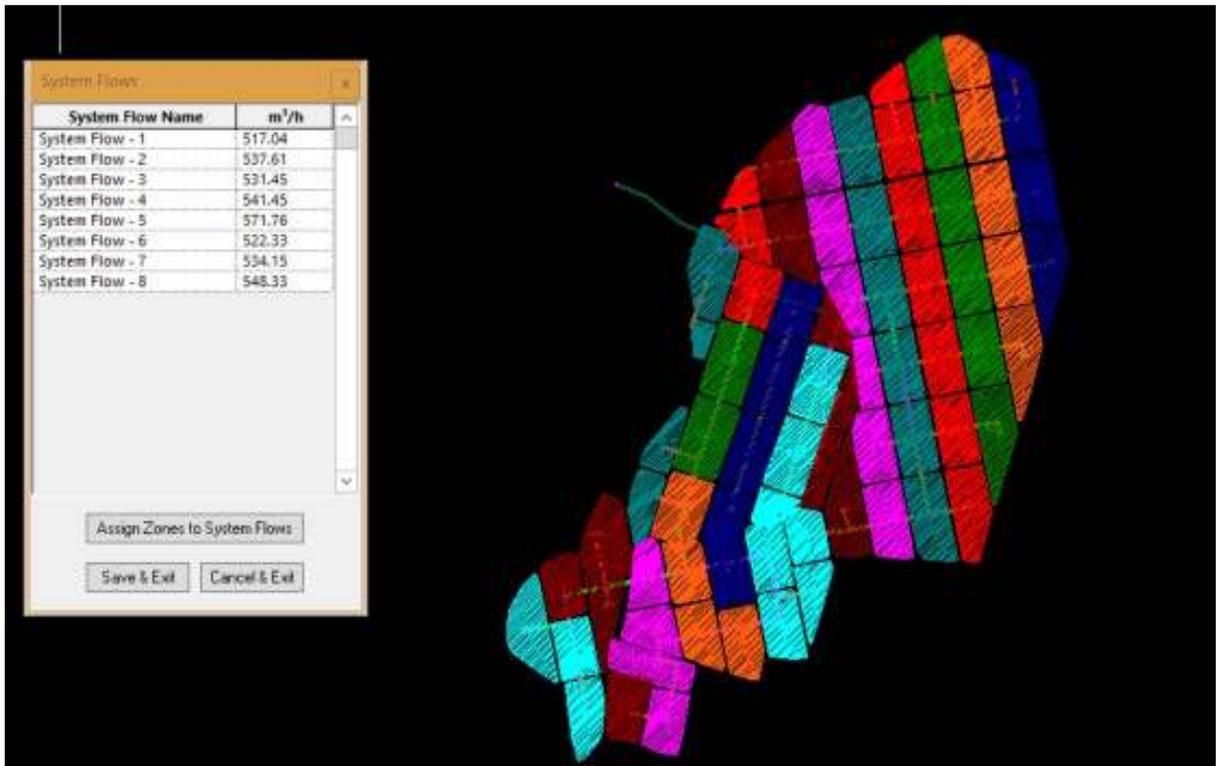


Figura 8.5 Plano del diseño de operación para la bomba N°1, “El Chileno”

Fuente: Gómez E. mediante Irricad V15.08

8.6 Anexo N° 6: Caudales y presiones para turnos de operación, bomba N° 1

Cuadro 8.6.1 Caudal y presión requeridos en el sistema de bombeo N°1 “El Chileno”, Irricad V15.08

Irricad Version 15.08 System Duty Report		10/10/2017		
--	--	------------	--	--

Company :	Ing. Eduardo Gómez M.	Designer :	E. Gómez M.	
Client :	Frutas Selectas del Trópico	Design Date :	24/09/2017	
Site :	Playón Sur de Parrita	Report Date :	10/10/2017 09:21:35	
Notes :				
File :	Finca El ChilenoOpc3-24-09-2017-Bomba1			

Water Supply : Supply no. 1

Duty Number	On time	Off time	Pressure (m)	Flow (m3/h)
1	1 : 0 : 0	1 : 1 : 0	39.58	517.04
2	1 : 1 : 0	1 : 2 : 0	44.99	537.61
3	1 : 2 : 0	1 : 3 : 0	43.54	531.45
4	1 : 3 : 0	1 : 4 : 0	40.60	541.65
5	1 : 4 : 0	1 : 5 : 0	38.82	571.76
6	1 : 5 : 0	1 : 6 : 0	43.22	522.33
7	1 : 6 : 0	1 : 7 : 0	43.34	534.15
8	1 : 7 : 0	1 : 8 : 0	47.00	548.33

8.7 Anexo N° 7: Muestra cálculo hidráulico de la principal bomba, N° 1

Cuadro 8.7.1 Muestra de cálculos hidráulicos para la conducción principal de la bomba N°1 “El Chileno”, Irricad V15.08.

Irricad Version 15.08 Mainline Design Report 9/10/2017

Company : Ing. Eduardo Gómez M. Designer : E. Gómez M.
 Client : Frutas Selectas del Trópico Design Date : 24/09/2017
 Site : Playón Sur de Parrita Report Date : 9/10/2017 22:14:02
 Notes :
 File : Finca Papayal-Opc3-24-09-2017-

System flow - 1
 Main Supply : Supply no. 1
 Flow : 517.04 (m3/h) Pressure : 39.58 (m)

Pipes

X	From Y	X To Y	Size	Code	Flow1	Flow2	Max.	Vel	Length	Headloss
(m)	(m)	(m)	(m)	(mm)	(m3/h)	(m3/h)	(m3/h)	(m/s)	(m)	(m)
501745.9	171619.3	501815.6	171588.6	300.00	PVC	517.0	517.0	1.9	76.3	0.67
501815.6	171588.6	501899.5	171528.2	300.00	PVC	517.0	517.0	1.9	103.3	0.93
501899.5	171528.2	501994.4	171480.1	300.00	PVC	517.0	517.0	1.9	106.4	0.96
501994.4	171480.1	501987.4	171458.1	300.00	PVC	517.0	517.0	1.9	23.1	0.28
501987.4	171458.1	501971.7	171408.7	300.00	PVC	374.6	374.6	1.4	51.9	0.28
501971.7	171408.7	501968.5	171398.8	300.00	PVC	374.6	374.6	1.4	10.3	0.1
501968.5	171398.8	501928.8	171277.3	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	127.9	0
501928.8	171277.3	501934.4	171247.6	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	30.2	0
501968.5	171398.8	502082.3	171362.8	300.00	PVC	374.6	374.6	1.4	119.4	0.58
502082.3	171362.8	502077.6	171349.7	250.00	PVC	53.2	53.2	0.3	14.0	0.01
502077.6	171349.7	502025.1	171189.2	250.00	PVC	53.2	53.2	0.3	168.9	0.05
502025.1	171189.2	502025.0	171188.9	250.00	PVC	26.6	26.6	0.1	0.2	0
502025.0	171188.9	501963.6	171007.2	150.00	PVC	26.6	26.6	0.4	191.8	0.16
501963.6	171007.2	501963.4	171006.6	150.00	PVC	26.6	26.6	0.4	0.6	0.01
501963.4	171006.6	501945.7	170953.0	150.00	PVC	26.7	26.7	0.4	56.4	0.05
501945.7	170953.0	501944.7	170953.4	150.00	PVC	0.3	0.3	0.0	1.1	0
501944.7	170953.4	501866.2	170982.6	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	83.8	0
501944.7	170953.4	501962.7	171006.8	150.00	PVC	-26.5	-26.5	0.4	56.3	-0.05
501962.7	171006.8	502024.6	171189.4	150.00	PVC	-26.6	-26.6	0.4	192.8	-0.16

502024.6	171189.4	502025.1	171189.2	150.00	PVC	-26.6	-26.6	0.4	0.6	-0.01
501962.7	171006.8	501963.4	171006.6	50.00	PVC	0.2	0.2	0.0	0.8	0
501944.7	170953.4	501908.2	170843.4	150.00	PVC	26.7	26.7	0.4	115.9	0.1
501908.2	170843.4	501829.9	170869.1	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	82.4	0
501908.2	170843.4	501910.3	170842.7	200.00	PVC	26.7	26.7	0.2	2.2	0
501910.3	170842.7	501911.9	170848.5	150.00	PVC	-26.5	-26.5	0.4	6.0	-0.01
501911.9	170848.5	501945.7	170953.0	150.00	PVC	-26.5	-26.5	0.4	109.9	-0.09
501910.3	170842.7	501895.8	170792.9	250.00	PVC	53.2	53.2	0.3	51.8	0.02
501895.8	170792.9	501914.4	170687.0	250.00	PVC	53.2	53.2	0.3	107.6	0.03
501914.4	170687.0	501817.3	170668.4	250.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	98.9	0
501817.3	170668.4	501719.3	170648.3	250.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	100.0	0
501719.3	170648.3	501621.4	170628.2	250.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	100.0	0
501621.4	170628.2	501617.2	170649.3	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	21.5	0
501621.4	170628.2	501634.4	170561.7	200.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	67.8	0
501634.4	170561.7	501647.5	170495.2	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	67.8	0
501647.5	170495.2	501677.6	170340.4	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	157.7	0
501634.4	170561.7	501531.2	170542.3	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	105.0	0
501719.3	170648.3	501694.5	170775.2	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	129.3	0
501719.3	170648.3	501728.6	170601.0	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	48.2	0
501914.4	170687.0	501915.6	170687.2	200.00	PVC	53.2	53.2	0.4	1.2	0.01
501915.6	170687.2	502014.1	170705.9	200.00	PVC	53.2	53.2	0.4	100.3	0.09
502014.1	170705.9	502112.7	170724.8	200.00	PVC	-4.2	-4.2	0.0	100.4	-0
502112.7	170724.8	502107.9	170749.3	150.00	PVC	-4.2	-4.2	0.1	25.0	0
502107.9	170749.3	502205.8	170767.5	150.00	PVC	-4.2	-4.2	0.1	99.6	-0
502205.8	170767.5	502305.5	170786.0	150.00	PVC	-4.2	-4.2	0.1	101.4	-0
502305.5	170786.0	502401.7	170803.9	150.00	PVC	-4.2	-4.2	0.1	97.9	-0
502401.7	170803.9	502500.0	170823.0	150.00	PVC	-4.2	-4.2	0.1	100.1	-0
502500.0	170823.0	502500.8	170823.1	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	0.8	0
502500.8	170823.1	502596.5	170841.1	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	97.4	0
502500.0	170823.0	502463.5	171006.6	150.00	PVC	-4.2	-4.2	0.1	187.2	-0.01
502463.5	171006.6	502365.9	170987.3	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	99.4	0
502463.5	171006.6	502464.5	171006.8	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	1.0	0
502464.5	171006.8	502560.9	171024.9	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	98.1	0
502560.9	171024.9	502665.1	171046.1	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	106.4	0
502665.1	171046.1	502671.2	171016.0	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	30.8	0
502463.5	171006.6	502429.5	171180.0	200.00	PVC	-4.2	-4.2	0.0	176.7	-0
502429.5	171180.0	502344.1	171163.7	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	87.0	0
502283.4	171286.1	502234.2	171136.6	200.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	157.5	0
502234.2	171136.6	502232.4	171131.2	200.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	5.7	0
502232.4	171131.2	502177.4	170963.2	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	176.7	0
502177.4	170963.2	502133.4	170830.2	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	140.1	0
502232.4	171131.2	502277.8	171116.2	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	47.8	0
502277.8	171116.2	502221.7	170942.7	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	182.4	0
502286.6	171296.5	502181.6	171329.6	300.00	PVC	-68.6	-68.6	0.3	110.0	-0.02
502181.6	171329.6	502175.7	171311.4	200.00	PVC	154.6	154.6	1.2	19.2	0.16

502175.7	171311.4	502175.5	171310.9	150.00	PVC	94.6	94.6	1.3	0.5	0.05
502175.5	171310.9	502122.9	171146.8	150.00	PVC	97.6	97.6	1.3	172.3	1.6
502122.9	171146.8	502122.7	171146.3	150.00	PVC	22.6	22.6	0.3	0.6	0
502122.7	171146.3	502064.7	170970.0	150.00	PVC	117.8	117.8	1.6	185.6	2.43
502064.7	170970.0	502018.7	170833.4	150.00	PVC	46.9	46.9	0.6	144.1	0.34
502122.7	171146.3	502120.3	171146.8	150.00	PVC	-95.1	-95.1	1.3	2.4	-0.07
502120.3	171146.8	502175.1	171311.0	150.00	PVC	-95.1	-95.1	1.3	173.1	-1.53
502175.1	171311.0	502181.3	171329.7	150.00	PVC	-98.2	-98.2	1.3	19.6	-0.23
502181.3	171329.7	502181.6	171329.6	300.00	PVC	223.2	223.2	0.8	0.4	0.02
502181.3	171329.7	502082.3	171362.8	300.00	PVC	-321.4	-321.4	1.2	104.3	-0.38
502175.1	171311.0	502175.5	171310.9	150.00	PVC	3.0	3.0	0.0	0.4	0
502305.5	170786.0	502295.0	170833.2	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	48.4	0
502205.8	170767.5	502204.7	170774.8	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	7.4	0
502112.7	170724.8	502114.3	170716.9	200.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	8.0	0
502114.3	170716.9	502133.1	170620.4	200.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	98.3	0
502133.1	170620.4	502142.8	170570.9	200.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	50.5	0
502142.8	170570.9	502146.3	170553.0	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	18.2	0
502142.8	170570.9	502044.5	170552.1	200.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	100.1	0
502044.5	170552.1	501946.3	170533.2	200.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	100.1	0
501946.3	170533.2	501846.5	170514.7	200.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	101.5	0
501846.5	170514.7	501842.2	170543.0	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	28.6	0
501846.5	170514.7	501848.8	170495.5	200.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	19.4	0
501848.8	170495.5	501843.8	170478.1	200.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	18.1	0
501843.8	170478.1	501893.9	170462.0	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	52.6	0
501893.9	170462.0	501865.8	170326.6	150.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	138.3	0
501865.8	170326.6	501767.1	170345.5	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	100.5	0
501767.1	170345.5	501770.7	170365.1	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	19.9	0
502044.5	170552.1	502051.9	170514.0	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	38.7	0
502133.1	170620.4	502230.9	170639.7	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	99.7	0
502014.1	170705.9	502019.7	170678.5	100.00	PVC	57.4	57.4	1.7	28.0	0.66
501987.4	171458.1	502055.8	171468.8	200.00	PVC	142.5	142.5	1.1	69.3	0.38
502055.8	171468.8	502057.1	171469.0	150.00	PVC	62.2	62.2	0.8	1.3	0.03
502057.1	171469.0	502165.2	171489.8	150.00	PVC	62.2	62.2	0.8	110.1	0.45
502165.2	171489.8	502263.4	171508.6	150.00	PVC	62.2	62.2	0.8	100.0	0.41
502263.4	171508.6	502361.7	171527.5	150.00	PVC	62.2	62.2	0.8	100.1	0.41
502361.7	171527.5	502460.0	171546.0	150.00	PVC	62.2	62.2	0.8	100.0	0.41
502460.0	171546.0	502559.0	171565.3	150.00	PVC	62.2	62.2	0.8	100.9	0.42
502559.0	171565.3	502656.8	171583.8	150.00	PVC	62.2	62.2	0.8	99.5	0.41
502656.8	171583.8	502755.3	171602.4	150.00	PVC	62.2	62.2	0.8	100.2	0.4
502055.8	171468.8	502037.3	171599.5	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	132.0	0.86
502037.3	171599.5	502034.2	171630.8	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	31.4	0.24
502034.2	171630.8	502055.7	171651.2	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	29.6	0.23
502055.7	171651.2	502131.5	171667.0	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	77.5	0.52
502131.5	171667.0	502229.3	171685.5	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	99.5	0.66
502229.3	171685.5	502326.7	171703.9	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	99.1	0.66

502326.7	171703.9	502425.1	171722.7	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	100.2	0.66
502425.1	171722.7	502425.8	171722.9	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	0.7	0.04
502425.8	171722.9	502523.3	171741.7	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	99.3	0.66
502523.3	171741.7	502524.3	171741.9	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	1.0	0.04
502524.3	171741.9	502621.9	171760.7	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	99.4	0.66
502621.9	171760.7	502622.4	171760.8	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	0.6	0.04
502622.4	171760.8	502720.1	171779.4	150.00	PVC	80.3	80.3	1.1	99.5	0.66
502720.1	171779.4	502721.1	171779.6	150.00	PVC	62.2	62.2	0.8	1.0	0.01
502720.1	171779.4	502698.8	171895.5	100.00	PVC	18.2	18.2	0.5	118.0	0.31
502621.9	171760.7	502594.0	171911.1	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	153.0	0
502523.3	171741.7	502495.4	171892.1	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	153.0	0
502425.1	171722.7	502401.8	171848.4	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	127.9	0

Location (x,y,z)		Outlets and Inflows						
(m)	(m)	Out Loss (m)	Flow (m3/h)	Pressure (m)	Min (m)	Pressure (m)	Max (m)	Pressure (m)
502175.7	171311.4	0.0	C.valve 1.7	60.0	34.7	21.3	0.0	
502122.9	171146.8	0.0	C.valve 2.7	75.0	33.1	22.8	0.0	
502064.7	170970.0	0.0	C.valve 2.4	70.9	30.6	22.3	0.0	
502018.7	170833.4	0.0	C.valve 1.0	46.9	30.3	20.6	0.0	
502721.1	171779.6	0.0	C.valve 1.8	62.2	29.9	3.8	0.0	
502698.8	171895.5	0.0	C.valve 0.6	18.2	29.6	29.6	0.0	
502755.3	171602.4	0.0	C.valve 1.8	62.2	32.9	30.8	0.0	
502790.0	171428.4	0.0	C.valve 1.9	64.3	33.0	30.9	0.0	
502019.7	170678.5	0.0	C.valve 1.5	57.4	34.1	30.5	0.0	
501815.6	171588.6	0.0	0.0	0.0	39.8	0.0	0.0	
501899.5	171528.2	0.0	0.0	0.0	38.9	0.0	0.0	
501994.4	171480.1	0.0	0.0	0.0	37.9	0.0	0.0	
501987.4	171458.1	0.0	0.0	0.0	37.6	0.0	0.0	
501971.7	171408.7	0.0	C.valve 0.0	0.0	36.0	0.0	0.0	
501968.5	171398.8	0.0	0.0	0.0	37.3	0.0	0.0	
501928.8	171277.3	0.0	0.0	0.0	37.3	0.0	0.0	
501934.4	171247.6	0.0	C.valve 0.0	-0.0	35.9	0.0	0.0	
502082.3	171362.8	0.0	0.0	0.0	36.7	0.0	0.0	
502077.6	171349.7	0.0	C.valve 0.0	0.0	35.3	0.0	0.0	
502025.1	171189.2	0.0	0.0	0.0	36.6	0.0	0.0	
502025.0	171188.9	0.0	C.valve 0.0	0.0	35.2	0.0	0.0	
501963.6	171007.2	0.0	C.valve 0.0	0.0	35.1	0.0	0.0	
501963.4	171006.6	0.0	0.0	0.0	36.5	0.0	0.0	
501945.7	170953.0	0.0	0.0	0.0	36.4	0.0	0.0	
501944.7	170953.4	0.0	0.0	0.0	36.4	0.0	0.0	
501866.2	170982.6	0.0	C.valve 0.0	-0.0	35.0	0.0	0.0	
501962.7	171006.8	0.0	0.0	-0.0	36.5	0.0	0.0	

502024.6	171189.4	0.0		0.0	-0.0	36.6	0.0	0.0
501908.2	170843.4	0.0		0.0	0.0	36.3	0.0	0.0
501829.9	170869.1	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.9	0.0	0.0
501910.3	170842.7	0.0		0.0	0.0	36.3	0.0	0.0
501911.9	170848.5	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.9	0.0	0.0
501895.8	170792.9	0.0		0.0	0.0	36.3	0.0	0.0
501914.4	170687.0	0.0		0.0	0.0	36.3	0.0	0.0
501817.3	170668.4	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.9	0.0	0.0
501719.3	170648.3	0.0		0.0	0.0	36.3	0.0	0.0
501621.4	170628.2	0.0		0.0	0.0	36.3	0.0	0.0
501617.2	170649.3	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.9	0.0	0.0
501634.4	170561.7	0.0		0.0	0.0	36.3	0.0	0.0
501647.5	170495.2	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.9	0.0	0.0
501677.6	170340.4	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.9	0.0	0.0
501531.2	170542.3	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.9	0.0	0.0
501694.5	170775.2	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.9	0.0	0.0
501728.6	170601.0	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.9	0.0	0.0
501915.6	170687.2	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.9	0.0	0.0
502014.1	170705.9	0.0		0.0	-0.0	36.2	0.0	0.0
502112.7	170724.8	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502107.9	170749.3	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502205.8	170767.5	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502305.5	170786.0	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502401.7	170803.9	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
502500.0	170823.0	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502500.8	170823.1	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
502596.5	170841.1	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
502463.5	171006.6	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502365.9	170987.3	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
502464.5	171006.8	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
502560.9	171024.9	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
502665.1	171046.1	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502671.2	171016.0	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
502429.5	171180.0	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502344.1	171163.7	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
502430.3	171180.1	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
502527.3	171198.4	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
502630.0	171218.0	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
502724.1	171235.0	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502730.2	171207.3	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
502394.9	171354.0	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502395.9	171354.2	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
502493.6	171372.4	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.3	0.0	0.0
502594.5	171391.7	0.0	C.valve	0.0	0.0	33.9	0.0	0.0
502690.7	171409.8	0.0	C.valve	0.0	-0.0	33.4	0.0	0.0

502312.8	171337.3	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
502297.6	171334.1	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502286.6	171296.5	0.0		0.0	0.0	36.3	0.0	0.0
502283.4	171286.1	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.9	0.0	0.0
502234.2	171136.6	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.9	0.0	0.0
502232.4	171131.2	0.0		0.0	0.0	36.3	0.0	0.0
502177.4	170963.2	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.9	0.0	0.0
502133.4	170830.2	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.9	0.0	0.0
502277.8	171116.2	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.9	0.0	0.0
502221.7	170942.7	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.9	0.0	0.0
502181.6	171329.6	0.0		0.0	-0.0	36.3	0.0	0.0
502175.5	171310.9	0.0		0.0	-0.0	36.1	0.0	0.0
502122.7	171146.3	0.0		0.0	-0.0	34.5	0.0	0.0
502120.3	171146.8	0.0		0.0	0.0	34.6	0.0	0.0
502175.1	171311.0	0.0		0.0	-0.0	36.1	0.0	0.0
502181.3	171329.7	0.0		0.0	-0.0	36.3	0.0	0.0
502295.0	170833.2	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
502204.7	170774.8	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
502114.3	170716.9	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
502133.1	170620.4	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502142.8	170570.9	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502146.3	170553.0	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
502044.5	170552.1	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
501946.3	170533.2	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
501846.5	170514.7	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
501842.2	170543.0	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
501848.8	170495.5	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
501843.8	170478.1	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
501893.9	170462.0	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
501865.8	170326.6	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.8	0.0	0.0
501767.1	170345.5	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
501770.7	170365.1	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
502051.9	170514.0	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
502230.9	170639.7	0.0	C.valve	0.0	-0.0	34.8	0.0	0.0
502055.8	171468.8	0.0		0.0	0.0	37.3	0.0	0.0
502057.1	171469.0	0.0	C.valve	0.0	0.0	35.8	0.0	0.0
502165.2	171489.8	0.0	C.valve	0.0	0.0	35.4	0.0	0.0
502263.4	171508.6	0.0	C.valve	0.0	0.0	35.0	0.0	0.0
502361.7	171527.5	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.6	0.0	0.0
502460.0	171546.0	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.1	0.0	0.0
502559.0	171565.3	0.0	C.valve	0.0	0.0	33.7	0.0	0.0
502656.8	171583.8	0.0	C.valve	0.0	-0.0	33.3	0.0	0.0
502037.3	171599.5	0.0	C.valve	0.0	0.0	35.0	0.0	0.0
502034.2	171630.8	0.0		0.0	0.0	36.2	0.0	0.0
502055.7	171651.2	0.0		0.0	0.0	35.9	0.0	0.0

502131.5	171667.0	0.0	C.valve	0.0	0.0	34.0	0.0	0.0
502229.3	171685.5	0.0	C.valve	0.0	0.0	33.4	0.0	0.0
502326.7	171703.9	0.0	C.valve	0.0	0.0	32.7	0.0	0.0
502425.1	171722.7	0.0		0.0	0.0	33.4	0.0	0.0
502425.8	171722.9	0.0	C.valve	0.0	0.0	32.0	0.0	0.0
502523.3	171741.7	0.0		0.0	0.0	32.7	0.0	0.0
502524.3	171741.9	0.0	C.valve	0.0	0.0	31.3	0.0	0.0
502621.9	171760.7	0.0		0.0	0.0	32.0	0.0	0.0
502622.4	171760.8	0.0	C.valve	0.0	0.0	30.6	0.0	0.0
502720.1	171779.4	0.0		0.0	-0.0	31.3	0.0	0.0
502594.0	171911.1	0.0	C.valve	0.0	-0.0	30.6	0.0	0.0
502495.4	171892.1	0.0	C.valve	0.0	-0.0	31.3	0.0	0.0
502401.8	171848.4	0.0	C.valve	0.0	-0.0	32.0	0.0	0.0
501745.9	171619.3	0.0		0.0	-517.0	39.6	0.0	0.0

8.8 Anexo N° 8: Plano del sistema de riego para bombeo N° 2, “Jicote”



Figura 8.8 Plano del diseño hidráulico de la red principal de la bomba N°2, “Jicote”

Fuente: Gómez E. mediante Irricad V15.08

8.9 Anexo N° 9: Distribución de turnos para operación bomba N° 2

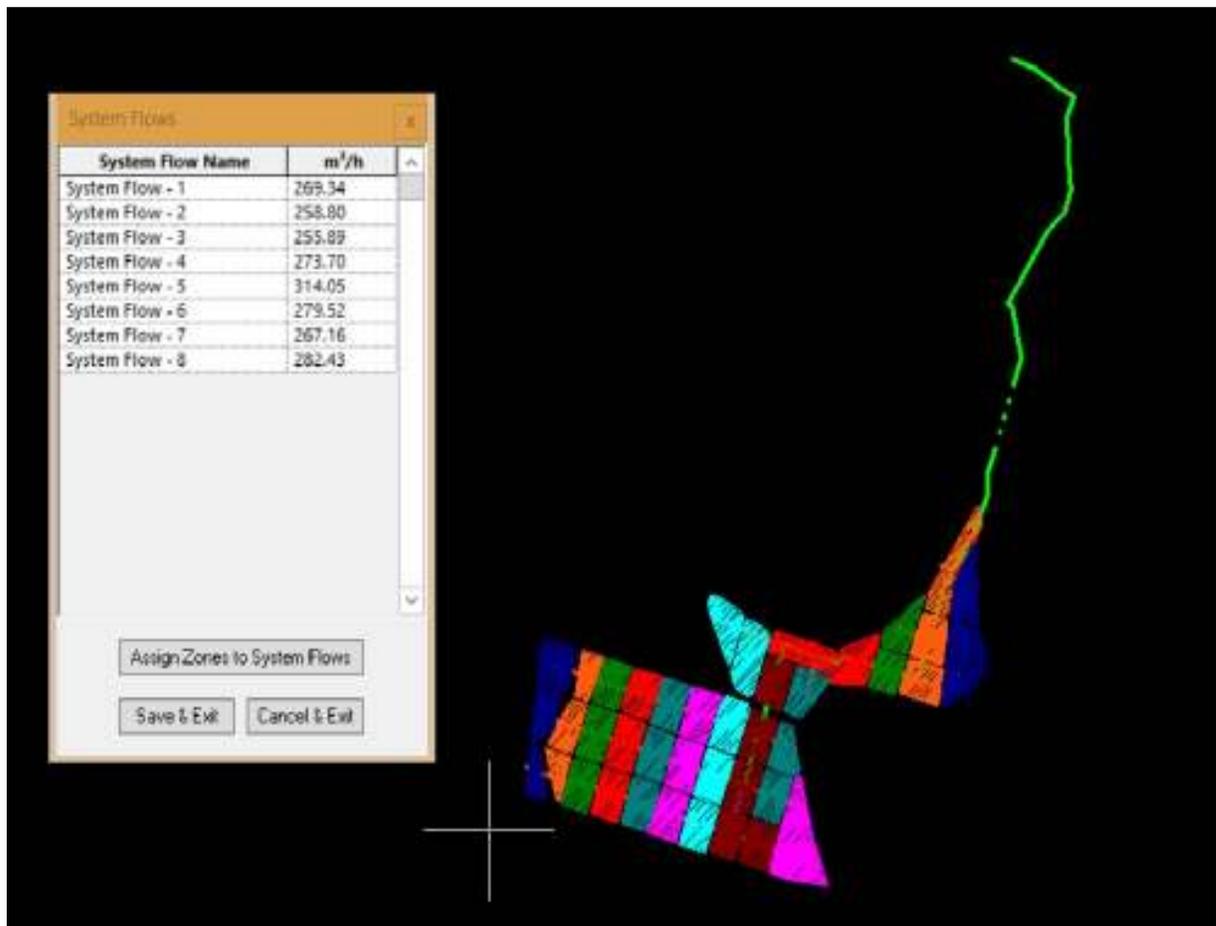


Figura 8.9 Plano del diseño de operación para la bomba N°2, “Jicote”

Fuente: Gómez E. mediante Irricad V15.08

8.10 Anexo N° 10: Caudales y presiones para turnos de operación, bomba N° 2

Cuadro 8.10.1 Caudal y presión requeridos en el sistema de bombeo N°2, “Jicote”, Irricad V15.08

Irricad Version 15.08 System Duty Report 10/10/2017

Company : Ing. Eduardo Gómez M. Designer : E. Gómez M.
Client : Frutas Selectas del Trópico Design Date : 24/09/2017
Site : Playón Sur de Parrita Report Date : 10/10/2017 09:21:35
Notes :
File : Finca Papayal-Opc3-24-09-2017-Bomba2-1-G

Water Supply : Supply no. 1

Duty Number	On time	Off time	Pressure (m)	Flow (m3/h)
1	1 : 0 : 0	1 : 1 : 0	50.80	269.34
2	1 : 1 : 0	1 : 2 : 0	44.14	258.80
3	1 : 2 : 0	1 : 3 : 0	46.68	255.89
4	1 : 3 : 0	1 : 4 : 0	48.99	273.70
5	1 : 4 : 0	1 : 5 : 0	54.56	314.05
6	1 : 5 : 0	1 : 6 : 0	53.75	279.52
7	1 : 6 : 0	1 : 7 : 0	48.71	267.16
8	1 : 7 : 0	1 : 8 : 0	51.23	282.43

8.11 Anexo #11: Muestra cálculo tubería principal bomba N° 2

Cuadro 8.11.1 Muestra de cálculos hidráulicos para la conducción principal de la bomba N°1 “Jicote”, Irricad V15.08.

 Irricad Version 15.0 Mainline Design Report 10/10/2017

 Company : Ing. Eduardo Gómez M. Designer : E. Gómez M.
 Client : Frutas Selectas del Trópico Design Date : 24/09/2017
 Site : Playón Sur de Parrita Report Date : 10/10/2017 09:49:05
 Notes :
 File : Finca Papayal-Opc3-29-01-2013-

 System flow - 1
 Main Supply : Supply no. 1
 Flow : 269.34 (m3/h) Pressure : 50.80 (m)

Pipes

X	From Y	X To Y	Size	Code	Flow1	Flow2	Max.	Vel	Length	Headloss
(m)	(m)	(m)	(m)	(mm)	(m3/h)	(m3/h)	(m3/h)	(m/s)	(m)	(m)
501745.9	171619.3	501815.6	171588.6	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	76.3	0.45
501815.6	171588.6	501899.5	171528.2	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	103.3	0.63
501899.5	171528.2	501947.2	171504.1	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	53.4	0.35
501947.2	171504.1	501919.6	171441.8	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	68.1	0.44
501919.6	171441.8	501934.2	171230.7	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	211.6	1.23
501934.2	171230.7	501913.9	171163.2	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	70.5	0.45
501913.9	171163.2	501857.9	171098.5	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	85.5	0.53
501857.9	171098.5	501731.6	170883.3	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	249.5	1.44
501731.6	170883.3	501745.9	170878.5	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	15.1	0.14
501745.9	170878.5	501774.7	170720.6	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	160.6	0.95
501774.7	170720.6	501664.2	170364.9	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	372.4	2.13
501664.2	170364.9	501666.7	170309.1	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	55.9	0.37
501666.7	170309.1	501615.6	170187.7	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	131.7	0.79
501615.6	170187.7	501531.7	170053.3	250.00	PVC	269.3	269.3	1.4	158.5	0.93
501531.7	170053.3	501531.3	170053.4	250.00	PVC	222.5	222.5	1.1	0.4	0.04
501531.3	170053.4	501482.7	169893.2	250.00	PVC	222.5	222.5	1.1	167.5	0.69
501482.7	169893.2	501477.0	169874.6	250.00	PVC	173.0	173.0	0.9	19.4	0.07
501477.0	169874.6	501476.8	169874.0	250.00	PVC	173.0	173.0	0.9	0.6	0.02
501476.8	169874.0	501453.0	169800.2	250.00	PVC	173.0	173.0	0.9	77.6	0.21

501453.0	169800.2	501437.6	169752.6	250.00 PVC	125.0	125.0	0.6	50.0	0.08
501437.6	169752.6	501346.3	169781.4	250.00 PVC	125.0	125.0	0.6	95.7	0.14
501346.3	169781.4	501241.4	169814.5	250.00 PVC	125.0	125.0	0.6	110.0	0.16
501241.4	169814.5	501216.1	169823.0	250.00 PVC	125.0	125.0	0.6	26.7	0.05
501216.1	169823.0	501177.0	169804.5	250.00 PVC	125.0	125.0	0.6	43.3	0.07
501177.0	169804.5	501118.2	169822.1	250.00 PVC	125.0	125.0	0.6	61.4	0.09
501118.2	169822.1	501082.3	169710.6	100.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	117.1	0
501118.2	169822.1	501118.3	169822.4	250.00 PVC	125.0	125.0	0.6	0.4	0.01
501118.3	169822.4	501015.2	169858.1	250.00 PVC	125.0	125.0	0.6	109.1	0.16
501015.2	169858.1	500920.8	169890.4	150.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	99.8	0
500920.8	169890.4	500815.7	169926.5	100.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	111.1	0
500920.8	169890.4	500897.8	169821.9	150.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	72.3	0
501015.2	169858.1	500977.9	169744.1	250.00 PVC	125.0	125.0	0.6	120.0	0.17
500977.9	169744.1	500930.1	169588.0	250.00 PVC	125.0	125.0	0.6	163.2	0.23
500930.1	169588.0	500835.4	169619.1	150.00 PVC	59.2	59.2	0.8	99.7	0.38
500835.4	169619.1	500740.0	169647.6	150.00 PVC	59.2	59.2	0.8	99.6	0.38
500740.0	169647.6	500644.9	169678.9	150.00 PVC	59.2	59.2	0.8	100.1	0.38
500644.9	169678.9	500549.8	169710.5	150.00 PVC	59.2	59.2	0.8	100.2	0.38
500549.8	169710.5	500453.6	169739.6	150.00 PVC	59.2	59.2	0.8	100.5	0.38
500453.6	169739.6	500362.6	169767.0	100.00 PVC	59.2	59.2	1.7	95.1	2.33
500362.6	169767.0	500267.4	169798.2	100.00 PVC	59.2	59.2	1.7	100.1	2.4
500930.1	169588.0	500931.1	169587.7	150.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	1.0	0
500931.1	169587.7	501030.1	169555.1	100.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	104.3	0
500930.1	169588.0	500880.0	169434.3	250.00 PVC	65.8	65.8	0.3	161.7	0.07
500880.0	169434.3	500786.0	169465.0	150.00 PVC	36.7	36.7	0.5	98.9	0.16
500786.0	169465.0	500691.2	169498.0	150.00 PVC	36.7	36.7	0.5	100.4	0.16
500691.2	169498.0	500597.4	169528.9	150.00 PVC	36.7	36.7	0.5	98.7	0.15
500597.4	169528.9	500500.4	169561.0	150.00 PVC	36.7	36.7	0.5	102.2	0.16
500500.4	169561.0	500404.8	169590.0	150.00 PVC	36.7	36.7	0.5	99.9	0.16
500404.8	169590.0	500313.8	169617.5	100.00 PVC	36.7	36.7	1.1	95.1	0.96
500313.8	169617.5	500218.7	169648.5	100.00 PVC	36.7	36.7	1.1	100.0	0.99
500880.0	169434.3	500881.4	169433.8	150.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	1.4	0
500881.4	169433.8	500980.2	169401.7	150.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	103.9	0
500980.2	169401.7	501070.9	169374.1	150.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	94.8	0
501070.9	169374.1	501056.5	169335.7	150.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	41.0	0
500880.0	169434.3	500833.5	169289.7	200.00 PVC	29.1	29.1	0.2	151.9	0.04
500833.5	169289.7	500739.3	169320.5	150.00 PVC	29.1	29.1	0.4	99.1	0.1
500739.3	169320.5	500639.0	169354.1	150.00 PVC	29.1	29.1	0.4	105.8	0.11
500639.0	169354.1	500551.3	169383.0	150.00 PVC	29.1	29.1	0.4	92.4	0.09
500551.3	169383.0	500451.4	169412.8	150.00 PVC	29.1	29.1	0.4	104.2	0.11
500451.4	169412.8	500354.6	169436.3	150.00 PVC	29.1	29.1	0.4	99.7	0.1
500354.6	169436.3	500277.5	169459.2	100.00 PVC	29.1	29.1	0.9	80.4	0.53
500277.5	169459.2	500186.9	169488.8	100.00 PVC	29.1	29.1	0.9	95.3	0.61
500833.5	169289.7	500834.7	169289.3	150.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	1.3	0
500834.7	169289.3	500932.8	169257.2	150.00 PVC	-0.0	-0.0	0.0	103.2	0

500932.8	169257.2	501025.6	169230.8	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	96.5	0
501453.0	169800.2	501571.5	169762.5	100.00	PVC	48.0	48.0	1.4	124.4	2
501476.8	169874.0	501385.1	169903.5	100.00	PVC	-0.0	-0.0	0.0	96.4	0
501482.7	169893.2	501601.0	169856.9	100.00	PVC	49.4	49.4	1.5	123.7	2.1
501531.7	170053.3	501603.0	170030.9	100.00	PVC	46.9	46.9	1.4	74.7	1.16

Outlets and Inflows										
Location (x,y,z)	Out Loss	Flow	Pressure	Min	Pressure	Max	Pressure			
(m)	(m)	(m3/h)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)			
501603.0	170030.9	0.0	C.valve	1.0	46.9	38.3	30.0	0.0		
501601.0	169856.9	0.0	C.valve	1.1	49.4	36.6	30.1	0.0		
501571.5	169762.5	0.0	C.valve	1.0	48.0	36.4	30.0	0.0		
500186.9	169488.8	0.0	C.valve	0.3	29.1	35.5	29.3	0.0		
500218.7	169648.5	0.0	C.valve	0.6	36.7	34.4	29.6	0.0		
500267.4	169798.2	0.0	C.valve	1.6	59.2	30.6	30.6	0.0		
501815.6	171588.6	0.0		0.0	0.0	51.2	0.0	0.0		
501899.5	171528.2	0.0		0.0	0.0	50.6	0.0	0.0		
501947.2	171504.1	0.0		0.0	0.0	50.3	0.0	0.0		
501919.6	171441.8	0.0		0.0	0.0	49.8	0.0	0.0		
501934.2	171230.7	0.0		0.0	0.0	48.6	0.0	0.0		
501913.9	171163.2	0.0		0.0	0.0	48.1	0.0	0.0		
501857.9	171098.5	0.0		0.0	0.0	47.6	0.0	0.0		
501731.6	170883.3	0.0		0.0	0.0	46.2	0.0	0.0		
501745.9	170878.5	0.0		0.0	0.0	46.0	0.0	0.0		
501774.7	170720.6	0.0		0.0	0.0	45.1	0.0	0.0		
501664.2	170364.9	0.0		0.0	0.0	43.0	0.0	0.0		
501666.7	170309.1	0.0		0.0	0.0	42.6	0.0	0.0		
501615.6	170187.7	0.0		0.0	0.0	41.8	0.0	0.0		
501531.7	170053.3	0.0		0.0	-0.0	40.9	0.0	0.0		
501531.3	170053.4	0.0	C.valve	0.0	0.0	39.4	0.0	0.0		
501482.7	169893.2	0.0		0.0	-0.0	40.1	0.0	0.0		
501477.0	169874.6	0.0	C.valve	0.0	0.0	38.7	0.0	0.0		
501476.8	169874.0	0.0		0.0	0.0	40.0	0.0	0.0		
501453.0	169800.2	0.0		0.0	-0.0	39.8	0.0	0.0		
501437.6	169752.6	0.0	C.valve	0.0	0.0	38.3	0.0	0.0		
501346.3	169781.4	0.0	C.valve	0.0	0.0	38.2	0.0	0.0		
501241.4	169814.5	0.0	C.valve	0.0	0.0	38.0	0.0	0.0		
501216.1	169823.0	0.0		0.0	0.0	39.4	0.0	0.0		
501177.0	169804.5	0.0		0.0	0.0	39.3	0.0	0.0		
501118.2	169822.1	0.0		0.0	0.0	39.2	0.0	0.0		
501082.3	169710.6	0.0	C.valve	0.0	-0.0	37.8	0.0	0.0		
501118.3	169822.4	0.0	C.valve	0.0	0.0	37.8	0.0	0.0		
501015.2	169858.1	0.0		0.0	0.0	39.1	0.0	0.0		

500920.8	169890.4	0.0	0.0	0.0	39.1	0.0	0.0
500815.7	169926.5	0.0 C.valve	0.0	-0.0	37.7	0.0	0.0
500897.8	169821.9	0.0 C.valve	0.0	-0.0	37.7	0.0	0.0
500977.9	169744.1	0.0 C.valve	0.0	0.0	37.5	0.0	0.0
500930.1	169588.0	0.0	0.0	0.0	38.6	0.0	0.0
500835.4	169619.1	0.0 C.valve	0.0	0.0	36.9	0.0	0.0
500740.0	169647.6	0.0 C.valve	0.0	0.0	36.5	0.0	0.0
500644.9	169678.9	0.0 C.valve	0.0	0.0	36.1	0.0	0.0
500549.8	169710.5	0.0 C.valve	0.0	0.0	35.7	0.0	0.0
500453.6	169739.6	0.0 C.valve	0.0	0.0	35.4	0.0	0.0
500362.6	169767.0	0.0 C.valve	0.0	-0.0	33.0	0.0	0.0
500931.1	169587.7	0.0 C.valve	0.0	0.0	37.2	0.0	0.0
501030.1	169555.1	0.0 C.valve	0.0	-0.0	37.2	0.0	0.0
500880.0	169434.3	0.0	0.0	0.0	38.6	0.0	0.0
500786.0	169465.0	0.0 C.valve	0.0	0.0	37.0	0.0	0.0
500691.2	169498.0	0.0 C.valve	0.0	0.0	36.9	0.0	0.0
500597.4	169528.9	0.0 C.valve	0.0	0.0	36.7	0.0	0.0
500500.4	169561.0	0.0 C.valve	0.0	0.0	36.6	0.0	0.0
500404.8	169590.0	0.0 C.valve	0.0	0.0	36.4	0.0	0.0
500313.8	169617.5	0.0 C.valve	0.0	-0.0	35.4	0.0	0.0
500881.4	169433.8	0.0 C.valve	0.0	0.0	37.2	0.0	0.0
500980.2	169401.7	0.0 C.valve	0.0	0.0	37.2	0.0	0.0
501070.9	169374.1	0.0	0.0	0.0	38.6	0.0	0.0
501056.5	169335.7	0.0 C.valve	0.0	-0.0	37.2	0.0	0.0
500833.5	169289.7	0.0	0.0	0.0	38.5	0.0	0.0
500739.3	169320.5	0.0 C.valve	0.0	0.0	37.0	0.0	0.0
500639.0	169354.1	0.0 C.valve	0.0	0.0	36.9	0.0	0.0
500551.3	169383.0	0.0 C.valve	0.0	0.0	36.8	0.0	0.0
500451.4	169412.8	0.0 C.valve	0.0	0.0	36.7	0.0	0.0
500354.6	169436.3	0.0 C.valve	0.0	0.0	36.6	0.0	0.0
500277.5	169459.2	0.0 C.valve	0.0	-0.0	36.1	0.0	0.0
500834.7	169289.3	0.0 C.valve	0.0	0.0	37.1	0.0	0.0
500932.8	169257.2	0.0 C.valve	0.0	0.0	37.1	0.0	0.0
501025.6	169230.8	0.0 C.valve	0.0	-0.0	37.1	0.0	0.0
501385.1	169903.5	0.0 C.valve	0.0	-0.0	38.6	0.0	0.0
501745.9	171619.3	0.0	0.0	-269.3	50.8	0.0	0.0
