

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

VICERRECTORÍA DE DOCENCIA

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



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

Instalación de un sistema de riego por aspersión para 88 ha de banano (*Musa paradisiaca*) en
Finca Monte Blanco, San Alberto, Siquirres, Limón.

Mariela Salmerón Brenes

CARTAGO, 2018

Instalación de un sistema de riego por aspersión para 88 ha de banano (*Musa paradisiaca*) en
Finca Monte Blanco, San Alberto, Siquirres, Limón.

Mariela Salmerón Brenes

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

Fernando Watson Hernández
Asesor

Marvin Villalobos Araya
Director Escuela
Ingeniería Agrícola

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

CARTAGO, COSTA RICA
2018

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios y a mi padre que se encuentra junto a él, por haberme mostrado el camino y además acompañado durante el recorrido, también por llenarme de paciencia y darme el ánimo en los momentos difíciles.

A mis hermanos y familia que siempre han estado a mi lado independientemente de las circunstancias.

A mis amigas; Marta, Ale, Kim y July que siempre me apoyaron y me dieron palabras de aliento cuando sentía que no podía más.

También para una persona muy especial que llegó a mi vida en un momento clave y me brindó su ayuda para poder llegar al final de mi carrera.

Agradecimiento

Ante todo le agradezco a Dios por todo lo que me ha dejado vivir hasta hoy, por guiar mis pasos hasta cumplir con el objetivo y alcanzar la meta de obtener mi título profesional.

A toda mi familia, que de una u otra forma estuvieron presentes durante mi formación, me brindaron su apoyo desde el momento en el que ingrese de nuevo al colegio, después de pasar por una prueba de vida.

A todos los profesores que me han preparado para ser una excelente Ingeniera Agrícola, transmitiéndome todos los conocimientos adquiridos a lo largo de sus carreras, gracias por el tiempo invertido, la dedicación y el cariño brindado durante mi formación.

A todos mis compañeros de carrera por el tiempo compartido, por los buenos momentos, por su afecto y paciencia para superar los no tan buenos, por la amistad brindada.

A Rosi, que siempre nos hicimos compañía en los momentos más difíciles de nuestra vida estudiantil, por siempre ser un apoyo en las aulas y fuera de ellas.

A todos mis compañeros de apartamento, con los que compartí los mejores momentos, por siempre estar en el momento indicado brindándome una mano amiga.

Al Ingeniero Geovanny Chaves Villalobos, por la confianza brindada para poder realizar este proyecto.

A mi equipo de trabajo, que sin ellos no hubiera podido culminar de forma satisfactoria este trabajo, además de todos los conocimientos obtenidos por parte de ellos, ya que fuera de las aulas todo es diferente.

Muchas gracias a todos, contribuyeron de forma satisfactoria en mi formación.

Tabla de contenidos

1. Introducción	1
1.1 Objetivo general:.....	3
2. Revisión de literatura	4
2.1 El Banano.....	5
2.1.1 Origen en Costa Rica	5
2.1.2 Exportación y Economía.....	5
2.1.3 Taxonomía del banano.....	6
2.1.4 Suelos y Topografía	6
2.1.5 Aspectos climáticos del banano	6
2.1.6 Requerimientos de agua en el banano.....	7
2.1.7 Rendimientos en el banano, utilizando riego	7
2.1.8 Cambio climático	8
2.2 Riego.....	8
2.2.1 Definición	8
2.2.2 Tipos de Riego.....	9
2.2.2.1 Riego por surcos	9
2.2.2.2 Riego por melgas	9
2.2.2.3 Diseño de regaderas o canales parcelarios.....	9
2.2.2.4 Riego por goteo.....	10
2.2.2.5 Riego por aspersión	10
2.3 Instalación del sistema en el campo.....	12
2.3.1 Reconocimiento del área de trabajo.....	12
2.3.2 Cronograma de trabajo.....	13
2.3.4 Construcción de zanjas	13
2.3.5 Selección de la tubería y accesorios.....	14
2.3.6 Instalación de la tubería y accesorios en el campo	14
2.3.7 Tapado y afirmado de zanjas	14
2.3.8 Lavado de la tubería e instalación de los aspersores.....	14
2.3.9 Plano del diseño	15

2.4.1 Caudal, turnos de riego y válvulas	17
2.4.2 Aspersores.....	18
2.4.3 Construcción de los elevadores.....	19
2.4.4 Sistema de bombeo	20
3. Metodología	21
3.1 Ejecutar la instalación del sistema de irrigación según planos constructivos, considerando modificaciones requeridas según criterios técnicos tomados en campo.	22
3.1.1 Supervisión del trazado de las líneas, para la construcción de zanjas de la instalación de la tubería.	22
3.1.2 Ubicación de las válvulas en el campo	23
3.1.3 Determinar la cantidad de tubería y accesorios por cada válvula instalada en el campo..	23
3.1.4 Coordinación administrativa.....	23
3.1.5 Instalación del sistema de riego	23
3.2 Diseñar una herramienta que permita el control y la optimización de los materiales y la mano de obra de la instalación.	24
3.2.1 Control de ingreso y salida de material de la zona de almacenaje.....	24
3.2.2 Avance del trabajo por semana y rendimiento de los trabajadores.....	24
3.3 Realizar un análisis económico y ambiental de la instalación del sistema de riego.	25
3.3.1 Análisis ambiental.....	25
3.3.2 Análisis económico.....	26
4. Resultados y análisis de los resultados	28
4.1 Cronograma de Trabajo	29
4.2 Ubicación.....	30
4.3 Interpretación del plano	30
4.4 Supervisión del trazado de las líneas, para la construcción de las zanjas donde se ubicará la tubería.	30
4.5 Obstáculos presentes en el campo, para la construcción de las zanjas e instalación de la tubería.	33
4.6 Ubicación de las válvulas en el campo	35
4.7 Determinar la cantidad de tubería y accesorios por cada válvula instalada en el campo.....	38
4.8 Ingreso de la tubería al área de trabajo.	40
4.9 Instalación del sistema de riego	41
4.9.1 Distribución de la tubería en el campo	41

4.9.3 Unión de tuberías	43
4.9.1 Instalación de elevadores	50
4.10 Llevar control de entrada y salida de materiales de la zona de almacenaje	53
4.11 Avance del trabajo por semana y rendimiento de los trabajadores	55
4.11.1 Avance semanal del trabajo	55
4.11.2 Rendimiento de los trabajadores	56
4.12 Operación y funcionamiento del sistema de riego	57
4.13 Análisis ambiental.....	57
4.14 Análisis económico.....	59
5. Conclusiones y recomendaciones	60
5.1 Conclusiones	61
5.2 Recomendaciones	61
6. Bibliografía	63
7. Anexos	68

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del banano.	6
Cuadro 2. Turnos de riego.	17
Cuadro 3. Caudal requerido por cada válvula.....	19
Cuadro 4. Rangos que se aplican para la calificación de los criterios utilizados.	25
Cuadro 5. Calificación ambiental según la importancia del impacto ambiental	26
Cuadro 6. Cronograma de Trabajo	29
Cuadro 7. Materiales requeridos para la instalación, según diseño.	38
Cuadro 8. Inventario final.	54
Cuadro 9. Análisis ambiental.....	58
Cuadro 10. Resultados del análisis económico.....	59
Cuadro 11. Resumen del periodo de recuperación de la inversión inicial.....	59
Cuadro A 1. Entrada de material a la bodega	71
Cuadro A 2. Salida del material de la bodega.....	72
Cuadro A 3. Balance general.	73
Cuadro A 4. Continuación, balance general.	73
Cuadro A 5. Continuación, balance general.	73
Cuadro A 6. Calculo del VAN y la TIR	74
Cuadro A 7. Rendimiento de instaladores.	75

Índice de Figuras

Figura 1. Divisiones de los sistemas de riego	11
Figura 2. Distribución del sistema de riego por aspersión en el campo. Fuente: Propia	16
Figura 3. Curva de operación para las válvulas.	18
Figura 4. Aspersor Senninger Xcel-Wobbler.....	18
Figura 5. Boquilla seleccionada.	19
Figura 6. curva característica y de rendimiento de la bomba.....	20
Figura 7. Tubería dañada por el paso de personas.	31
Figura 8. Ubicación de zanjas en el campo. Fuente: Propia	31
Figura 9. Ubicación de las zanjas en el campo. Fuente: Propia.....	32
Figura 10. Construcción de túneles en la parte baja de la planta para la instalación de los laterales. Fuente: Propia	33
Figura 11. Zanjas mal construidas. Fuente: Propia	34
Figura 12. Presencia de piedra en las zanjas. Fuente: Propia.....	35
Figura 13. Ubicación de las válvulas. Fuente: Propia	36
Figura 14. Caja de registro para las válvulas. Fuente: Propia	37
Figura 15. Base para la instalación de la válvula. Fuente: propia.	37
Figura 16. Unión de tubos, espiga y campana. Fuente: Valco Industrias	39
Figura 17. Presencia de riachuelos en el área. Fuente: propia.	39
Figura 18. Simbología de colores, para los diferentes diámetros de tubería. Fuente: propia.....	40
Figura 19. Transporte de la tubería, hasta el área de trabajo. Fuente: propia.....	41
Figura 21. Distribución de la tubería en el campo. Fuente: propia	42
Figura 22. Distribución de la tubería en el plano. Fuente: propia.....	43
Figura 23. Tubería con campana hidráulica. Fuente: propia.....	44
Figura 24. Instalación de los tubos con unión cementada. Fuente: propia.....	44
Figura 25. Distribución de la tubería principal a la válvula. Fuente: propia.....	45
Figura 26. Reducción de 100 mm a 75 mm. Fuente: propia	46
Figura 27. Instalación de tubería y distribución de laterales en 75 mm de diámetro nominal. Fuente: propia	46
Figura 28. Sistema de lavado. Fuente: propia	47

Figura 29. Construcción de laterales. Fuente: propia.....	48
Figura 30. Paso de la tubería por los túneles (debajo de la planta). Fuente: propia.	48
Figura 31. Unión de lateral a la múltiple. Fuente: propia.	49
Figura 20. Elevador instalado en el campo. Fuente: propia.....	50
Figura 32. Nivel de las marcas de la cinta, para la distribución de los elevadores. Fuente: propia.	51
Figura 33. Instalación de elevador sobre el espejo de agua de un canal. Fuente: propia.....	52
Figura 34. Tubería para la distribución del agua en el área de trabajo. Fuente: propia.	53
Figura 35. Avance del trabajo en el campo de forma gráfica. Fuente: propia.	55
Figura 36. Control y rendimiento de la mano de obra.	56
Figura A 1. Ubicación del sistema en la Finca	68
Figura A 2. Diseño constructivo del sistema de riego	70

Resumen

El presente Trabajo Final de Graduación se realizó en la provincia de Limón, específicamente en San Alberto de Siquirres, en la Finca bananera Monte Blanco, que pertenece al grupo de productores independientes San Alberto S.A.

El proyecto consiste en la instalación de un sistema de riego por aspersión en 88 hectáreas de la finca antes mencionada, con el fin de mejorar y aumentar la producción de la fruta.

Primero se reconoció la finca y el plano de instalación, se tuvo que iniciar con la supervisión del sistema de zanjas, que estas cumplieron con los requerimientos y dimensiones correctas.

Después, de que el sistema de zanjas ya estuviera adelantado se inició con la instalación del sistema de tuberías que componen el diseño, esto según planos y manejo del área de trabajo.

En el campo se tuvieron que tomar decisiones para realizar modificaciones la diseño, con el fin de eliminar alguna falla cuando se realicé la puesta en marcha del sistema de riego.

El manejo y coordinación del espacio para trabajar y trasladar los materiales, fue sumamente importante, debido a la utilización de los cables vía, por donde se transporta la fruta

Abstract

The present Final Graduation Work was carried out in the province of Limón, specifically in San Alberto de Siquirres, in the Monte Blanco banana plantation, which belongs to the group of independent producers San Alberto S.A

The project involves the installation of a sprinkler irrigation system on 88 hectares of the aforementioned farm, in order to improve and increase the production of the fruit

First the farm and the installation plan were recognized, it had to start with the supervision of the trench system, which complied with the correct requirements and dimensions

After that, the ditch system was already in place and began with the installation of the piping system that makes up the design, according to plans and management of the work area

In the field, decisions had to be made to make modifications to the design, in order to eliminate some failure when the irrigation system was commissioned

The management and coordination of the space to work and move the materials, was extremely important, due to the use of the cables via, where the fruit is transported.

1. Introducción

El empleo del agua y su gestión es un factor esencial para la producción agrícola. En el caso de la región Caribe de Costa Rica, se ha identificado que en algunos meses del año se presenta un déficit hídrico ocasionado por la disminución de las precipitaciones, generando una disminución en el rendimiento de los cultivos (Sánchez, 2007). Por esto, bananeras de la zona, específicamente Siquirres de Limón, están implementando sistemas de riego que cubran las necesidades que se pueden presentar.

Como lo es, la finca Monte Blanco perteneciente al Grupo San Alberto, formado de tres fincas bananeras ubicadas en el Cantón de Siquirres, Provincia de Limón.

El Grupo San Alberto está formado por; Finca La Estrella, Finca Monte Blanco y Finca Los Laureles, estas fincas se fundaron en el año 1979, pero se unieron 1989 en una sola administración, como La Empresa de Servicios de San Alberto S.A., cuya misión, es brindarles servicios a las tres fincas del grupo, sumando alrededor de 700 hectáreas de producción de banano. (Grupo Productores Asociados de San Alberto, 2018).

Este Grupo, está implementando sistemas de riego por aspersión, tratando así de aportar el agua necesaria en los tiempos en donde las precipitaciones disminuyen, esto durante 4,8 meses al año, específicamente del 7 de diciembre al 2 de mayo. (Weathers Park, 2017).

Según InfoAgro (2015), el banano requiere grandes cantidades de agua, debido a que es muy sensible a largos períodos de sequía, siendo afectada la salida de las inflorescencias dando como resultado racimos con malformaciones, estos racimos no pueden ser comercializados en el exterior. Además, la sequía también produce obstrucción foliar, provocando problemas en el desarrollo de las hojas.

Por esto, mantener una humedad apropiada en el suelo es esencial para obtener rendimientos aceptables.

Teniendo en cuenta la información antes menciona el Grupo San Alberto ha implementado sistemas de riego en las fincas que lo conforman, como en este caso en la Finca Monte Blanco.

Además, es importante mencionar los cambios climáticos en la zona donde se encuentra la finca, teniendo una temporada seca durante los meses entre abril y mayo, con temperatura máxima

promedio diario mayor a 31 °C, también se presenta una temporada más fresca durante los meses de diciembre y marzo, con una temperatura máxima promedio diario menor de 30 °C, mientras los meses en donde se presentan la época lluviosa son de mayo a diciembre. (Weathers Park, 2017)

Para poder cubrir la cantidad de agua que requiere el cultivo en los meses donde la precipitación disminuye, se contrató a la empresa Hidro e Ingeniería la cual tiene ocho años de experiencia en diseño e instalación de sistemas de riego en el país, esta empresa realizó el diseño del sistema de aspersión para 88 ha de la Finca Monte Blanco. Con dicho diseño ya plasmado en planos se debe proceder a la instalación adecuada del sistema de riego en el campo.

Es importante tener las consideraciones del caso, cuando en el campo se requiera tomar alguna decisión que no está explícita en el plano del diseño, optando por la mejor elección, que sea funcional durante todo el periodo de vida útil del sistema.

1.1 Objetivo general: Gestionar el proyecto de instalación de un sistema de riego por aspersión, según plano de diseño, para un área de 88 ha de banano (*Musa paradisiaca*) en Finca Monte Blanco, San Alberto, Siquirres, Limón.

Objetivos específicos:

1. Ejecutar la instalación del sistema de irrigación según planos constructivos, considerando modificaciones requeridas y criterios técnicos tomados en campo.
2. Diseñar una herramienta que permita el control y la optimización de los materiales y la mano de obra de la instalación.
3. Realizar un análisis económico y ambiental de la instalación del sistema de riego.

2. Revisión de literatura

2.1 El Banano

2.1.1 Origen en Costa Rica

En la revista (Costa Rica Way, 2016) se menciona que el origen del cultivo del banano está ligado directamente con la construcción del ferrocarril al Atlántico, ya que, Mainor Keith aprovechó las tierras fértiles a lo largo de la ruta, para cultivar este producto y consiguiente iniciar la exportación de este. A inicios del año 1873, Mainor Keith ya había comenzado a experimentar con cepas de banano obtenidas de los franceses. Para comerciar la fruta, comenzó a llevarlas a New Orleans en un barco de vapor desde puerto Limón, resultando un negocio muy lucrativo. Las buenas perspectivas lo motivaron para su rápida expansión hasta Panamá y Colombia, consiguiendo el dominio en el mercado del banano.

2.1.2 Exportación y Economía

Según (Mora, 2017), el sector bananero ha sido un impulsador importante para el comercio exterior de los costarricenses. Desde la primera exportación de la fruta a Nueva York, esto en el año 1880, con el tiempo se han mejorado las exportaciones y hoy coloca a Costa Rica como uno de los líderes globales en la producción del banano.

En el año 2007, Los países que lideraban las exportaciones eran Ecuador, Costa Rica, Filipinas, y Colombia. Mientras que los mayores productores eran India, Brasil, China, Ecuador, Filipinas, Indonesia, Costa Rica, Tailandia y Colombia, en la actualidad esta clasificación se mantiene con pocas variantes. (Maura, 2007)

Herrera (2018), indica que el precio en el mercado exterior por caja de 18,14 kilos de banano de primera es de 6,20 dólares. Algunos de los países donde se vende la fruta son: Inglaterra, algunos de La Unión Europea, Estados Unidos y este año se iniciaron los envíos a China.

Además, es importante resaltar que, al crecer la producción bananera y así su exportación se brinda oportunidades de empleo a muchas personas, algunas de estas residen en lugares con riesgos social o bajas oportunidades de empleo, de igual forma la economía del país se ve afectada de forma positiva con la exportación de este producto, generando ingresos.

2.1.3 Taxonomía del banano

Para Maura (2007), el banano se encuentra taxonómicamente ubicado de la siguiente forma, ver Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del banano.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Género	Musa
Especie	M. paradisíaca
Nombre binomial	Musa paradisiaca

Fuente: (Maura, 2007)

2.1.4 Suelos y Topografía

Según Asociación Nacional del café (s.f), el banano tiene un mejor desarrollo en suelos de textura franca, franca arenosa y con poca arcilla, la profundidad es óptima se maneja hasta 1,20 metros, la topografía debe ser plana o en caso de que existieran pendientes, que estas no superen en 2%, se recomienda que estas áreas cuenten con un buen drenaje natural y un contenido de materia orgánica superior al 2%, el pH en estos suelos debe mantenerse en un rango de 5,50 a 8,00. Los rendimientos en la producción pueden disminuir en suelos con altos contenidos de arcilla o presencia de capas compactas o pedregosas, esto ocasionaría un mal drenaje en la zona.

2.1.5 Aspectos climáticos del banano

Según Molina (2012), el cultivo del banano es una planta de climas tropicales húmedos, con pocas variaciones en la temperatura, no puede soportar temperaturas extremas, requiere de lluvias ligeras pero que estén bien distribuidas durante todo el año, por lo tanto, requiere de buenas condiciones de humedad en el suelo, el cultivo del banano es susceptible a encharcamientos ocasionados por aumento en las precipitaciones o largas horas de exposición al riego, sin haber realizado un análisis y calculo previo.

También Molina (2012), indica los casos extremos en el clima que pueden afectar el buen desarrollo del fruto.

Condiciones de sequía y alta radiación provocan la reflexión de una banda de tejido que rodea la vena central y también el cierre de los estomas, esto como un mecanismo de defensa, que ocurre antes de que se dé el agotamiento del agua aprovechable, esto disminuye la actividad fotosintética, retasando el ciclo vegetativo y el crecimiento de las yemas florales.

Al presentarse temperaturas bajas el proceso de fructificación se retarda. El rango de temperaturas adecuadas para obtener buenas producciones es de 15,5 a 32 °C siendo la temperatura óptima superior a los 24 °C. (Molina, 2012)

2.1.6 Requerimientos de agua en el banano

Gutiérrez (2010), señala que el desarrollo y la producción del banano se ven afectadas de forma directa, al no proporcionarles la cantidad de agua necesaria, esta sea en forma de precipitación o en algunos casos de riego. Cuando no se suministra el agua de forma correcta y los contenidos de humedad en el suelo no son los óptimos para la absorción de nutrientes de la planta lo cual genera pérdidas irreversibles en la producción, ya que se provoca una disminución o ausencia del llenado de los frutos. Además, hace mención en aplicar de modo más eficiente la lámina de agua, así se logra incrementar los índices de producción.

2.1.7 Rendimientos en el banano, utilizando riego

En una entrevista con José Guillermo Herrera, propietario de la Finca La Estrella, se dio a conocer que, antes que el grupo San Alberto S.A, invirtiera en este proyecto, se llevó a cabo un ensayo, en donde se instalaron 25 hectáreas de riego por aspersión del total del área de la finca Monte Blanco, determinando así, las ventajas y la productividad que generó la instalación de riego en el campo, se tiene claro que la producción aumento de 1300 cajas por hectárea a 1900 cajas por hectárea en un año.

Herrera, también indica que dicho ensayo se realizó en el año 2012, siendo este uno de los años más secos que se han presentado en la zona, y por esto se tomó la decisión de incorporar el riego por aspersión en las bananeras que pertenecen al Grupo San Alberto S.A.

2.1.8 Cambio climático

Para Ramírez (2010), *“Centroamérica, y en particular Costa Rica, en los últimos años han sido testigos y han padecido de la intensificación de los fenómenos climatológicos extremos sobre su territorio. Sobre señalar los elevados costos económicos de los mismos, sin menospreciar los efectos adversos en términos de vidas humanas o en los niveles de bienestar de la población afectada. En específico, el huracán Mitch que azotó a Costa Rica y demás países centroamericanos en 1998, sumado a sucesivas sequías, han provocado daños al sector agropecuario de este país de alrededor de los 100 millones de dólares entre 1998 y 2001.”*

Fernández (2013), indica que una de las actividades económicas sobre la que más se sentirán los efectos del cambio climático es la agricultura, las modificaciones en los patrones de precipitación y de temperatura provocan efectos directos sobre los cultivos y plantas que se presenta en la actualidad. Señala que los rendimientos de los cultivos disminuirán de forma significativa esto debido a mayores temperaturas, las plantas presentan estrés térmico e hídrico, disminución del tiempo de crecimiento y mayor presencia de plagas y enfermedades, destacan entre los efectos principales: la modificación en los cultivos debido a un incremento atmosférico en la concentración de CO₂ y ajustes en las demandas y ofertas de agua para irrigación.

Como resultado se espera que la productividad de algunos cultivos importantes disminuya, en este caso la producción de banano, siendo este tan susceptible a elevadas temperaturas por largos periodos de tiempo. (Fernández, 2013)

2.2 Riego

2.2.1 Definición

La definición de riego según Pascual (2008), es proporcionar la humedad necesaria para el crecimiento y desarrollo de las plantas, generando el transporte de los nutrientes para estos ser absorbidos de forma sencilla, de igual forma eliminar las concentraciones de sal presentes en el suelo. El riego baja la temperatura del suelo y ambiente en verano logrando mantener un medio favorable para el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas.

2.2.2 Tipos de Riego

Holzapfel (1992), menciona diferentes tipos o métodos para el diseño de sistemas de riego, el éxito o fracaso en la producción agrícola va a depender del que se utilice, una selección errónea impide la obtención de buenos resultados económicos, además de un retardo o no en la producción esperada. Para lograr resultados favorables se deben analizar los parámetros presentes tanto en el suelo al que se aplica como al cultivo que va a beneficiar.

La distribución del agua en un área determinada se puede obtener basándose en un diseño de riego superficial, entre estos, riego por surcos, riego por melgas, diseño de regaderas o canales parcelarios, riego por goteo y riego por aspersion Valverde (2007) define cada uno de ellos de la siguiente forma.

2.2.2.1 Riego por surcos

Este es el método más conocido por lo cual es el más usado, ya que es ideal para todos aquellos cultivos que se siembran en hileras, el agua se desplaza sobre la superficie del surco, mientras se va infiltrando a lo largo de este, hasta llegar al final. Después de que el agua se infiltre en el surco hasta el final, se notara en el tramo inicial una mayor profundidad de humedecimiento comparado con el tramo final, a esto se le conoce como eficiencia de distribución.

2.2.2.2 Riego por melgas

De igual forma indica, que este método de riego es más utilizado en terrenos planos con pocas irregularidades, consiste en la división del área en sectores separados por bordos pequeños, formando franjas de forma rectangular o cuadrangular, la pendiente longitudinal mínima es de 0,15%.

2.2.2.3 Diseño de regaderas o canales parcelarios

Estos canales deben de tener la sección más pequeña posible, en donde se permita el flujo del agua con naturalidad, además de que cumpla con los parámetros hidráulicos requeridos para su buen funcionamiento, así disminuir las pérdidas que se puedan generar por el roce de las paredes.

2.2.2.4 Riego por goteo

Este método consiste en suministrar el agua gota a gota, formando un bulbo de humedecimiento, capaz de cubrir la parte radicular de la planta, este sistema funciona con presiones muy bajas, se puede decir que trabaja a presión nula. Es un sistema de mangueras que tiene acoplados goteros a diferentes distancias, esto va a depender del tipo de suelo y cultivo al que se le implementara el riego.

2.2.2.5 Riego por aspersión

La aplicación del agua al suelo mediante este sistema es en forma de finas gotas, por medio de aspersores, para que el sistema funcione de forma correcta, la intensidad a la que se suministra el agua debe ser menor a la velocidad de infiltración, para ello es necesario contar con presión que puede ser proporcionada por un sistema de bombeo o por la diferencia de altura que exista entre el sitio y la toma de agua. Se considera que, si el sistema es diseñado de la forma indicada, tomando en cuenta todos los parámetros presentes en el área además de las necesidades del cultivo, el riego cubre el 100% del área.

Según Martín (2005), es conveniente clasificar los sistemas de aspersión en función de las diferentes partes que lo componen, así es como se agrupan en dos familias, los estacionarios que permanecen fijos mientras riegan y los de desplazamiento continuo, estos mientras aplican el agua se desplazan en el terreno. En la Figura 1, se muestran las divisiones de los sistemas de riego

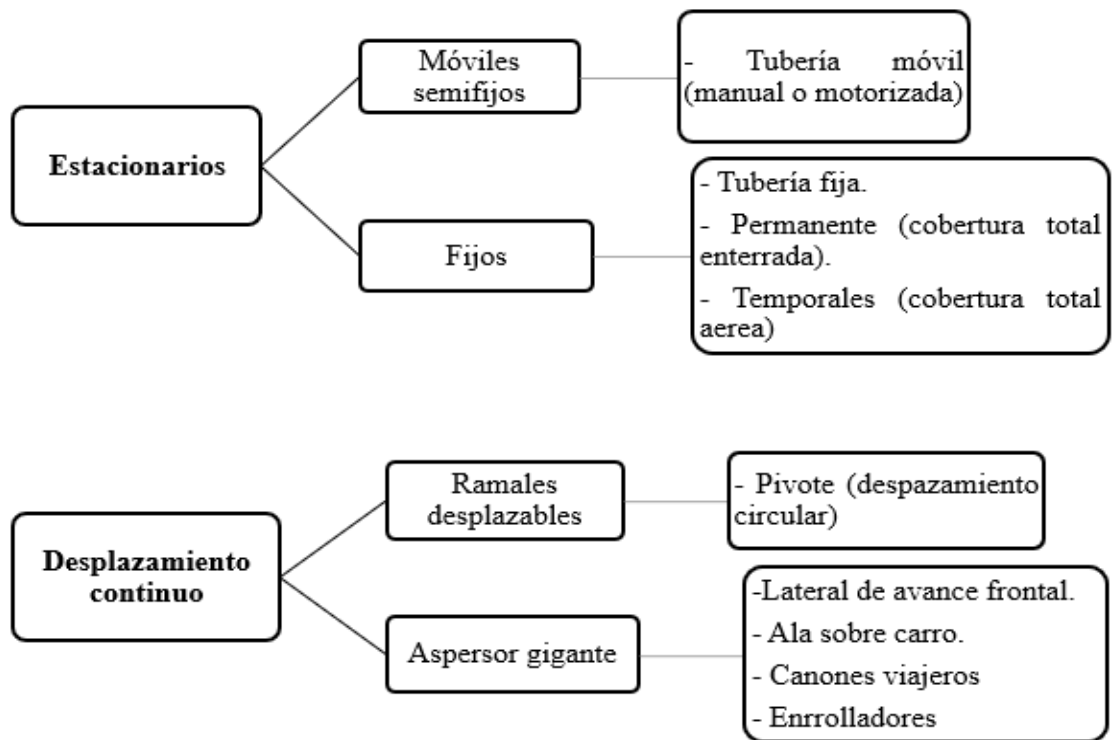


Figura 1. Divisiones de los sistemas de riego

Gurovich (1985), revela algunas ventajas y desventajas de ese método de riego, las cuales se describen a continuación.

Ventajas

- a) Alta eficiencia de aplicación del agua, además de la uniformidad que se muestra en el perfil del suelo durante la infiltración de esta.
- b) Este sistema se puede implementar en cualquier tipo de suelo, en diferentes pendientes ya que tiene muy poco poder para erosionar los suelos.
- c) Es más fácil realizar un control de la lámina de riego, permitiendo suministrar el agua de forma correcta.
- d) Es adecuado para la aplicación de fertilizantes líquidos o solubles.
- e) Es más fácil incorporarlo a plantaciones permanentes ya establecidas.

Desventajas

- a) El costo inicial para el diseño y la instalación de este método es elevado.
- b) Si en el lugar en donde se va a implementar el sistema presenta altas velocidades de los vientos, este puede disminuir la eficiencia del método.
- c) En algunas ocasiones si el diseño no es el adecuado para el lugar en donde se instala, este puede fomentar el desarrollo de enfermedades fungosas.
- d) Puede reducir la efectividad de la aplicación de herbicidas e insecticidas, al poder ser estos lavados y transportados desde el follaje de los cultivos al suelo.
- e) El impacto del agua en las flores puede, en algunas ocasiones causar su caída y así disminuye los rendimientos de la producción, esto va a depender del tipo de cultivo para el cual se realiza la instalación.

2.3 Instalación del sistema en el campo.

Antes de realizar la instalación del sistema en el campo, se debe de tener presente que este diseño se elaborara de la forma correcta, teniendo en cuenta los parámetros requeridos para obtener el mejor rendimiento. A continuación, se evidenciará cada una de las características técnicas de instalación del sistema de riego.

En el cultivo del banano, es importante tener gran cuidado con las estructuras existentes, de igual forma, en este caso con las plantas en producción que se encuentran en el área de instalación, se debe efectuar una planificación adecuada de las vías para el transporte de la tubería y demás materiales, dejando libres cables para el transporte de la fruta.

2.3.1 Reconocimiento del área de trabajo

Primero y antes de iniciar con el proyecto se debe realizar un reconocimiento general de la zona, esto como una etapa previa antes de iniciar con el diseño, también para adecuar un sitio idóneo para el almacenaje de los materiales de trabajo, en donde se pueden guardar de forma segura y que sea de fácil acceso. (Molina, 2012)

2.3.2 Cronograma de trabajo

Para Molina (2012), lo primordial antes de iniciar con la instalación es la elaboración de un cronograma de trabajo, en donde se describa de forma detallada cada una de las actividades a desarrollar durante el tiempo que se esté trabajando en el campo.

El Cronograma de Actividades determina el tiempo de ejecución de cada una de las tareas a realizar, asignando fechas de inicio y fin, determinando la duración para cada uno de los procesos a desarrollar. Así mismo permite detectar factores externos o internos que impactan en el desarrollo del proyecto, ajustando las variables necesarias para poder concluir el trabajo en el tiempo establecido. (PYMEX, 2015)

2.3.4 Construcción de zanjas

Una de las labores que demanda más mano de obra y requiere de más exigencia por parte del contratista es la construcción de las zanjas donde se colocaran las diferentes tuberías, se debe de dar un estricto seguimiento a cada una de estas, para tener la certeza de que cumplan con las dimensiones correctas para la justa instalación, se debe tener presente que las dimensiones de las zanjas para la principal, múltiple y los laterales son distintas, es importante verificar la distancia entre cada una de las zanjas para los laterales, de igual forma su ubicación en el espacio de trabajo. (Programa Subsectorial de Irrigaciones , 2007)

Chaves, (2018), proporciona los diámetros de la tubería y por ende, las dimensiones para las zanjas en donde va la tubería que conforma todo el conjunto del diseño al cual hace referencia este documento, las cuales se mencionan a continuación:

La tubería que transporta el agua desde el sistema de bombeo hasta la distribución en el campo es de 200 mm de diámetro, por esto la zanja que se diseñará para esta es de 0,8 metros de profundidad y 0,4 metros de ancho.

Para la tubería principal y múltiple, se construirá una zanja de 0,6 metros de profundidad y 0,3 metros de ancho, estas dos tuberías van en la misma zanja, además como el área a instalar está sembrada, la ubicación de esta zanja es en el cable vía, por donde se transporta la fruta.

Las zanjas en donde se ubicaron los laterales se construirán en forma triangular, esto para tratar de agilizar un poco el trabajo y disminuir la inversión en mano de obra, la profundidad de estas es de 0,3 metros, la longitud promedio de los laterales es de 90 metros.

2.3.5 Selección de la tubería y accesorios

Antes de iniciar un día laboral se debe conocer la cantidad de metros de tubería que se requiere para el trabajo, esto para los diferentes diámetros a utilizar en la instalación, también seleccionar los accesorios que se requieran para el día laboral, además de otros materiales importantes en la instalación. (Molina, 2012)

2.3.6 Instalación de la tubería y accesorios en el campo

Cuando se realiza la instalación en el campo se debe de conocer la cantidad de metros lineales, de tubería de cada uno de los diámetros requeridos, para cubrir cierta cantidad de área (según los planos), de igual forma determinar la ubicación de cada uno de los accesorios necesarios para la correcta instalación. Para la ubicación de las válvulas, esto va a depender del caudal que requerido y el que estas puedan aportar, así será el número de líneas de laterales que puedan alimentar. (Arroyo, 2011)

Antes de iniciar con la instalación es importante recordar cómo se deben de unir los tubos respecto al sentido del agua, el agua no debe de rozar los bordes de la espiga, cuando esta se transporte por el sistema de tubería, la que debe de recibir el agua es la campana, esto con el fin de disminuir las pérdidas de presión ocasionadas por la fricción y mantener la vida útil del sistema. (Vega, 2013)

2.3.7 Tapado y afirmado de zanjas

Después de que se instalan las tuberías y accesorios se procede a tapar las zanjas, cubriendo en su totalidad la tubería y accesorios, el tapado debe quedar firme, formando un domo que al compactarse el suelo ayude a mantener el nivel anterior. (Molina, 2012)

2.3.8 Lavado de la tubería e instalación de los aspersores

Antes de colocar los aspersores se debe realizar el lavado del sistema, para reducir al mínimo la acumulación de sedimentos dentro de la tubería. El lavado del sistema implica la apertura de las válvulas trabajando a presión, después de esto se procede a realizar la instalación de los

aspersores, manteniendo la válvula abierta, así se puede conocer la existencia de fugas en el sistema, debido a la falta de presión donde el aspersor no da el diámetro de humedecimiento requerido. (Netafim, 2012)

2.3.9 Plano del diseño

Al iniciar la instalación del sistema de riego es importante reconocer de forma clara el plano constructivo suministrado por el contratista ver Figura 2, se debe tener presente la simbología de cada una de las partes que lo conforman, para poder realizar el trabajo de la mejor forma posible. (Ver Figura A1, de los anexos)

Además, el sistema está compuesto de divisiones y cada una de estas está conformada por una válvula y diferentes tuberías, esto se determina según la simbología del plano, la válvula está colocada en el centro de cada una de las secciones y la tubería distribuida de tal forma que mantenga las presiones y caudales requeridos en cada tramo, los diámetros de las tuberías se colocan de mayor a menor diámetro partiendo del punto de salida (la válvula). (Hidro e Ingeniería , 2018)



Figura 2. Distribución del sistema de riego por aspersión en el campo. Fuente: Propia

La empresa Hidro e Ingeniería, encargada de la instalación y puesta en marcha del sistema, brindó la información requerida para el funcionamiento completo del proyecto. La misma se detalla a continuación.

2.4.1 Caudal, turnos de riego y válvulas

El caudal máximo requerido por el sistema es de 315 m³/hr, teniendo en cuenta que el riego se hará por turnos, cada turno se mantiene durante treinta minutos, en este tiempo se aplica una lámina de riego de 3,5 mm, esto para cada válvula, enumerando las válvulas se obtienen los turnos mostrados en el Cuadro 2, el método de operación de las válvulas es manual.

La fuente es una naciente que se encuentra en la finca donde se realizó la instalación, este caudal se determinó mediante la técnica de aforo.

Cuadro 2. Turnos de riego.

Turno	Válvulas que abrir	Caudal (m ³ /hr)
1	V4 - V5 - V12	265,50
2	V3- V6 - V11 - V48	315,00
3	V2 - V9 - V10	270,00
4	V1 - V8 - V9	270,00
5	V16 - V17 - V26	274,50
6	V15 - V18 - V25	270,00
7	V14 - V19 - V24	261,00
8	V13- V20 - V23	261,00
9	V22 - V32 - V33 - V43	306,00
10	V21 - V31 - V34	261,00
11	V30 - V35 - V44 - V51	315,00
12	V29 - V36 - V41	270,00
13	V28 - V46 - V49	252,00
14	V27 - V38 - V39	283,50
15	V37 - V40 - V47	261,00
16	V42 - V45 - V50	265,00

La cantidad máxima de válvulas a abrir en un turno es de cuatro, en los turnos 2, 9 y 11. Las variaciones de los caudales para cada turno, depende de la cantidad de laterales y a su vez de aspersores que debe suministrarles agua.

Las válvulas utilizadas para cada una de las secciones tienen la curva de operación mostrada en la Figura 3

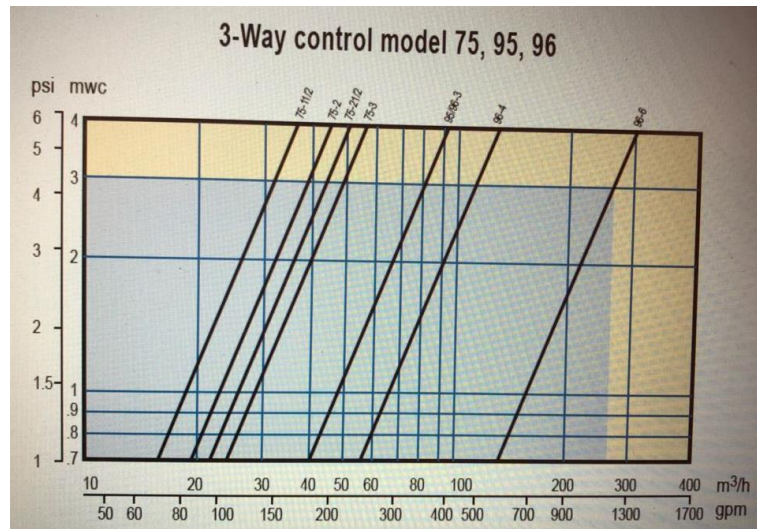


Figura 3. Curva de operación para las válvulas.

La válvula que se va a utilizar es la 96,4", con un caudal de 100 m³/hr, asegurando que el caudal que suministre y la presión, sean las requeridas para el funcionamiento de los aspersores.

2.4.2 Aspersores

Los aspersores que se utilizarán en el proyecto son de la marca Senninger específicamente el Xcel-Wobbler. En la Figura 4, se muestra el aspersor seleccionado, el diámetro de mojado para este aspersor es de nueve metros.



Figura 4. Aspersor Senninger Xcel-Wobbler

La boquilla a utilizar es la número 7, color lima y 20 libras (Psi) de presión en la base del aspersor, con un caudal de 0,45 m³ /hr. En la Figura 5, se muestran las características de la boquilla a utilizar.

Presión en la base del aspersor (psi)	10	15	20	25
Boquilla #6 - Dorada (3/32")				
Caudal(gpm)	0.78	0.95	1.10	1.23
HA Diám. a 1.5' alt (pies)	36.5	41.0	45.0	46.0
MA Diám. a 1.5' alt (pies)	32.0	35.0	38.5	41.0
Boquilla #7 - Lima (7/64")				
Caudal(gpm)	1.06	1.30	1.50	1.68
HA Diám. a 1.5' alt (pies)	40.0	46.5	47.0	50.5
MA Diám. a 1.5' alt (pies)	33.0	36.5	40.5	41.0

Figura 5. Boquilla seleccionada.

Al relacionar el caudal requerido por el aspersor y el caudal de la válvula, se obtiene el Cuadro 3.

Cuadro 3. Caudal requerido por cada válvula.

Parámetro	Cantidad
Cantidad de laterales	21
Cantidad de aspersores	210
Caudal por aspersor (m ³ /hr)	0,45
Caudal por lateral (m ³ /hr)	9,45
Caudal por válvula (m ³ /hr)	94,5
Caudal máximo por válvula (m ³ /hr)	100

Con esto se demuestra, que la válvula seleccionada para el proyecto cumple con los rangos de caudal necesarios, para obtener el caudal por válvula instalada en el campo, se toma una de las secciones con más laterales instalados (21), usando este dato como valor crítico, ya que es el que va a presentar mayor número de aspersores y por ende el caudal será mayor.

2.4.3 Construcción de los elevadores

Para poder iniciar con la instalación del sistema de riego por aspersión, es necesario la construcción de los elevadores, son donde se va a colocar los aspersores, estos se conforma de la siguiente forma, el tubo con el que se construye es de 12 mm de diámetro nominal, además

se utiliza una reducción de 18 mm a 12 mm, la tubería destinada para la construcción de los laterales es de 18 mm de diámetro nominal, también se requiere de te y codos de 18 mm, y para la colocación del aspersor se debe incluir un adaptador hembra de 12 mm.

2.4.4 Sistema de bombeo

El sistema de bombeo estará compuesto por dos bombas de la marca Franklin Electric, de la serie AG siendo una bomba centrífuga acoplada a un motor, la curva característica y de rendimiento se muestra en la Figura 6.

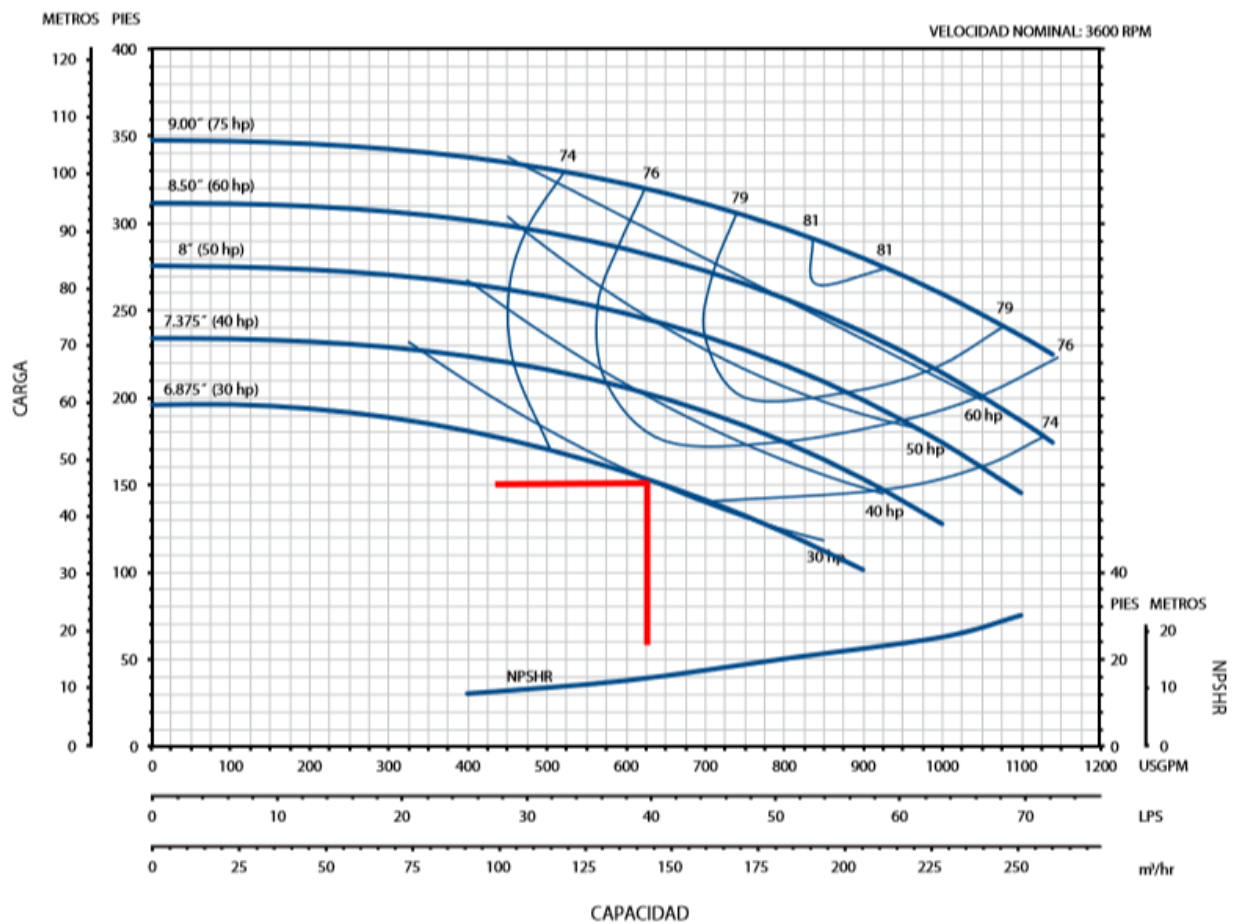


Figura 6. curva característica y de rendimiento de la bomba

3. Metodología

Para la realización de este proyecto se llevó a cabo la siguiente metodología de trabajo, la cual abarca solamente la instalación del sistema de tuberías, esto con el fin de alcanzar cada uno de los objetivos y cumplir con la construcción del sistema de riego por aspersión en las 88 hectáreas, se elaborará un cronograma de trabajo que ayude a ordenar y cumplir el tiempo para cada una de las labores que conlleva este proyecto.

3.1 Ejecutar la instalación del sistema de irrigación según planos constructivos, considerando modificaciones requeridas según criterios técnicos tomados en campo.

3.1.1 Supervisión del trazado de las líneas, para la construcción de zanjas de la instalación de la tubería.

Para marcar el lugar exacto en donde van cada una de las zanjas destinadas para los laterales, se usarán estacas y mecate, utilizando sistemas de mediciones espaciales, se mide 10 metros de separación entre cada lateral, se debe colocar una estaca al inicio de donde se ubicó la zanja y otra estaca al final, con cuerda se forma una línea recta, por donde se debe realizar la construcción, esto va de estaca a estaca.

Al iniciar una de las secciones marcadas en el plano, la primera zanja debe de instalarse a 4,5 metros de la división, esto debido a que el diámetro de alcance del aspersor a utilizar es de 9 metros, después de ubicar la primera zanja, se debe construir cada una de estas a 10 metros de separación, mientras no se presente algún obstáculo en el camino, si se presentara alguno como por ejemplo, un drenaje o algún canal, la decisión de la ubicación se deberá tomar en el campo y esta va a depender de las características que presente la zona.

Para las otras zanjas que conforman el diseño, se debe realizar el mismo procedimiento, utilizando mecate y cuerda, con esto se logra construir la zanja en forma lineal.

El área en la que se realizará la instalación está en producción, por esto, se presentan algunos inconvenientes como lo son las plantas en el trazo de las zanjas las cuales simbolizan gran cantidad de obstáculos en la construcción de estas, es así como se debe de construir un túnel por debajo de la planta.

Además, se deben realizar modificaciones al diseño constructivo debido a la presencia de canales y riachuelos, eliminando o agregando aspersores al diseño original.

3.1.2 Ubicación de las válvulas en el campo

Para obtener el sitio correcto donde se debe colocar cada una de las válvulas, se debe de consultar el plano suministrado por el contratista. En este se muestra el número de laterales que abarca cada una de las válvulas.

Cuando se tiene marcada la ubicación de las válvulas en el área, se debe de construir la caja de registro para cada una, las dimensiones establecidas para esta caja son de 1,2 metros de ancho y 1,2 metros de largo, alcanzando la profundidad total de la zanja en donde se instala la tubería principal y múltiple.

3.1.3 Determinar la cantidad de tubería y accesorios por cada válvula instalada en el campo

Se realizará una lectura de los planos constructivos, calculando metros de tubería por cada uno de los diámetros requeridos, cantidad de accesorios y misceláneos por sección de riego a instalar.

3.1.4 Coordinación administrativa

Se debe coordinar con la parte administrativa de la finca, temas referentes a el área de instalación en función de las labores propias de la finca, como lo es el transporte de la fruta o materiales por cable vía, la seguridad de los colaboradores y contratiempos. Esto relacionado con el ingreso de la tubería al campo.

3.1.5 Instalación del sistema de riego

Se debe de tener en cuenta las tuberías específicas que van en cada uno de los tramos, cumpliendo con las indicaciones del plano mecánico, verificar que las tuberías estén unidas de forma correcta, la ubicación de cada una de las válvulas en el lugar, la distancia entre elevadores, además de verificar que las líneas queden intercaladas (una larga, una corta) , ya que la ubicación de los aspersores está diseñada en triángulo (pata de Gallo), para lograr este método, se debe colocar el primer elevador del primer lateral a distancia distinta que el primer aspersor del segundo lateral, así ir variando estas dos distancias de forma intercalada, manteniéndolas fijas durante todo el desarrollo del proyecto.

Las distancias de los primeros elevadores a partir del cable vía y para lograr la formación de la pata de gallo son, el primer elevador del primer lateral a 2,25 metros, el primer elevador del segundo lateral a 6,75 metros, el elevador que se ubica al lado contrario del que se encuentra a

2,25 metros se debe de ubicar a 6,75 metros del cable vía y el que está a 6,75 metros del cable vía, el contrario debe de estar a 2,25 metros, esto con fin de obtener la distancia entre aspersores de 9 metros.

Después de completar la instalación de las tuberías que conforman el sistema de riego, se debe de tener presente que la tubería se debe de tapar en su totalidad, devolviendo toda la tierra movida de cada una de las zanjas.

3.2 Diseñar una herramienta que permita el control y la optimización de los materiales y la mano de obra de la instalación.

3.2.1 Control de ingreso y salida de material de la zona de almacenaje.

Se diseña una herramienta mediante una hoja de cálculo, que permita mantener el control del inventario de la bodega, además de facilitar la verificación de falta de materiales requeridos para la continuación del proyecto. Se elaborará un ingreso y salida de estos por semana.

Importante recibir y verificar que los materiales que entrega el proveedor sean los solicitados a este.

3.2.2 Avance del trabajo por semana y rendimiento de los trabajadores.

Determinar cuánto trabajo se realiza en una semana, con esto se pueden establecer factores que puedan interferir en el momento de la instalación, como lo son la falta de materiales, el aumento de lluvias, la demora en la construcción de las zanjas, entre otros.

Mantener un control de la mano de obra utilizada por hectárea instalada, a través de una hoja de cálculo, para obtener el rendimiento semanal de los trabajadores, logrando optimizar de forma correcta este recurso.

Para (Bonilla, 2016), la ecuación para obtener el rendimiento de la mano de obra es:

$$R = \frac{t \times n}{V} \dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

R = Rendimiento en horas hombre/unidad

t = Tiempo de duración de la actividad

n = Número de obreros que participaron en dicha actividad

V = Volumen de trabajo realizado

También revisar que el trabajo realizado por los colaboradores sea el correcto, siguiendo las indicaciones asignadas al inicio de cada día, logrando obtener una mejor calidad en el trabajo. Velar por que las reglas de la empresa que contrata se cumplan a cabalidad, como lo es la recolección de los recortes de tubería, mecate entre otros, todos deben ser sacados del campo de trabajo al terminar el día laboral.

3.3 Realizar un análisis económico y ambiental de la instalación del sistema de riego.

3.3.1 Análisis ambiental

El análisis ambiental se realizará con el método de Arboleda, es un método de matrices de valoración cualitativa, requieren aplicar inicialmente el procedimiento para identificar los impactos, cuyo resultado es una lista de consecuencias negativas o positivas que se presentan durante el desarrollo del proyecto o durante su vida útil, que deben ser evaluados individualmente para determinar su significancia. Los parámetros y sus respectivos rangos para evaluar cada uno de los impactos se muestran en el Cuadro 4. (González, 2008)

Cuadro 4. Rangos que se aplican para la calificación de los criterios utilizados.

Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Puntaje
Cierta	Muy larga o permanente (> 10 años)	Muy rápida (< 1 mes)	Muy alta (Mr > a 80%)	1,0
Muy probable	Larga (> 7 años y < 10 años)	Rápida (> 1 mes y < 12 meses)	Alta (> 60% y < 80%)	0,7 < 0,99
Probable	Media (> 4 años y < 7 años)	Media (> 12 meses y < 18 meses)	Media (> 40% y < 60%)	0,4 < 0,69
Poco probable	Corta (> 1 año y < 4 años)	Lenta (> 18 meses y < 24 meses)	Baja (> 20% y < 40%)	0,2 < 0,39
No probable	Muy corta (< 1 año)	Muy lenta (> 24 meses)	Muy baja (< 19%)	0,01 < 0,19

La matriz por medio del método Arboleda incluye factores como:

- Clase (C): define el sentido del impacto ambiental si es positivo o negativo.
- Duración (D): tiempo de vida del impacto desde que inicia a manifestarse.
- Evolución (E): velocidad de avance del impacto hasta que presente todas sus consecuencias.
- Presencia (P): probabilidad de que el impacto ocurra.
- Magnitud (M): dimensión o tamaño del impacto.

La calificación ambiental (Ca) del impacto representa la gravedad o importancia que produce cada fase del proyecto y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Ca = C * (Presencia * (7 * Evolución * Magnitud + 3 * Duración)) \dots \text{Ecuación 2}$$

Para la determinación de la calificación del impacto ambiental se utilizarán intervalos pertinentes a la matriz desarrollada. Los cuales se muestran en la Cuadro 5.

Cuadro 5. Calificación ambiental según la importancia del impacto ambiental

Calificación Ambiental (puntos)	Importancia del Impacto Ambiental
≤ 2,5	Poco significativo o irrelevante
< 2,5 y ≤ 5,0	Moderadamente significativo o moderado
> 5,0 y ≤ 7,5	Significativo o relevante
< 7,5	Muy significativo o grave

3.3.2 Análisis económico

Se establecieron los flujos de caja anuales y se aplicaron los índices financieros presentados a continuación:

- Período de recuperación
- Valor actual neto
- Índice de rentabilidad

-Tasa interna de retorno.

Se obtuvieron los siguientes parámetros:

- a) Inversión Inicial: comprende los desembolsos que se realizan al inicio del proyecto, tanto en activos como en capital de trabajo.
- b) Flujo de Caja: son los flujos que resultan de restar los egresos de los ingresos generados en cada periodo.
- c) Valor Residual: Es el valor económico estimado de todos los activos al final del horizonte de planeamiento del proyecto.
- d) Horizonte de Planeamiento: Es el número de años para los cuales se proyectan los flujos de caja.

3.3.2.1 Obtener el Valor Actual Neto (VAN)

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - CF_0 \dots \text{Ecuación 3}$$

VAN = Valor presente de las entradas de efectivo – inversión inicial

Donde:

VAN = Valor presente de las entradas de efectivo – inversión inicial

CF_t = Valor presente de las entradas de efectivo

CF_0 = inversión inicial

k = tasa equivalente al costo de capital de la empresa

t = tiempo

3.3.2.2 Obtener la Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + TIR)^t} - CF_0 \dots \text{Ecuación 4}$$

El TIR no es más que la VAN igualada a cero

4. Resultados y análisis de los resultados

4.1 Cronograma de Trabajo

En el Cuadro 6, se presenta el cronograma realizado para el desarrollo del proyecto, esta es una herramienta que ayuda a cumplir con las actividades en el período determinado.

Cuadro 6. Cronograma de Trabajo

Instalación sistema de riego por aspersión Finca Monte Blanco																
Simbología: S = semana																
Código	Descripción de la actividad	Período de ejecución														
		Enero				Febrero				Marzo				Abril		
		S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3
1	Trabajo de campo															
1.1	Verificar el correcto marcado de las zanjas en el campo															
1.2	Inspeccionar el recibo de materiales															
1.3	Elaborar lista de materiales diarios conforme al trabajo que se va a realizar en el día.															
1.4	Movilización de la tubería y suministros adicionales al área de trabajo.															
1.5	Instalación de la tubería															
1.6	Inspeccionar la instalación de la tubería en el campo.															
1.7	Tapado de la tubería															

Como se muestra en el Cuadro 6, el proyecto demoraría doce semanas, lo cual no fue así, ya que se presentaron atrasos significativos en lo que compete a la cantidad de materiales disponibles en bodega, esto se detallará más adelante. La mayoría de las actividades se desarrollaron en conjunto, la única que se diferencia es la entrega de materiales por parte del proveedor, que a pesar de que se marcó en algunas semanas específicas, esto se tuvo que modificar debido a la

escasez de tubería de 150 mm por parte del proveedor. Justificando la falta de este material disponible en la tienda.

4.2 Ubicación

La Finca Monte Blanco se ubica en San Alberto de Siquirres, esto en la provincia de Limón, esta finca pertenece al grupo de productores independientes Grupo San Alberto S.A.

4.3 Interpretación del plano

El saber interpretar de forma correcta el plano es indispensable para obtener los materiales con los que se va a trabajar cada día, en ocasiones los cálculos de estos pueden presentar errores, debido a la variación del plano con el área a trabajar y a la presencia de canales o riachuelos no señalados en este, estas variaciones modificaban la lista de materiales requeridos, lo que puede ocasionar atrasos en el avance de la instalación, ya que se debe volver a la bodega para completar los materiales.

4.4 Supervisión del trazado de las líneas, para la construcción de las zanjas donde se ubicará la tubería.

Diariamente se realizó una inspección al área donde las zanjas están ya construidas, para verificar que cumplan con las dimensiones y características que se requieren, además es necesario realizar esta inspección más estrictamente cuando en los días anteriores se han presentado precipitaciones, ya que el material extraído para conformar las zanjas vuelve a caer dentro de estas. Es importante que en el momento en que los instaladores inician el trabajo, todo el sistema de zanjas esté listo, las personas encargadas de la construcción de las zanjas deben de ir adelante solucionando cualquier tipo de problema que se pueda presentar.

Si en algunas de las zanjas se varían las dimensiones solicitadas se pueden presentar problemas, por ejemplo, si la profundidad de la zanja en donde va la tubería principal es menor que la recomendada, algunos de los accesorios colocados para la distribución del agua, pueden quedar en la superficie del terreno o totalmente descubierto, pudiendo ocasionar accidentes a las personas que transportan el banano o bien pueden ser dañadas por el paso de personas en esta zona. Ver Figura 7.



Figura 7. Tubería dañada por el paso de personas.

La zanja para la tubería principal y la múltiple es la misma, además, como el área a instalar está sembrada, la ubicación de esta zanja es en el cable vía, por donde se transporta la fruta. Ver Figura 8. Para esta construcción fue de suma importancia verificar que el material extraído (tierra) se colocara del lado contrario por donde pasan las personas que transportan la fruta, con esto se logró evitar cualquier tipo de accidente, más cuando se presentaban precipitaciones en la zona.



Figura 8. Ubicación de zanjas en el campo. Fuente: Propia

Las zanjas en donde se ubicaron los laterales se debían construir en su totalidad de forma triangular, pero por las condiciones lluviosas de la zona y la textura arenosa del suelo la conformación de estas se dificultó, disminuyendo su calidad, por esto se construyen de forma rectangular.

La ubicación de los laterales con respecto a la tubería principal se muestra en la Figura 9, en donde se puede observar que la zanja de la tubería principal se encuentra en el centro de la zanja donde se colocaron los laterales, cada una de estas tiene un promedio de longitud de 45 metros, siendo el promedio total de cada uno de los laterales de 90 metros.



Figura 9. Ubicación de las zanjas en el campo. Fuente: Propia

En algunas de las salidas de las zanjas de los laterales, que se unían en la zanja de la tubería principal, presentaba el problema de, los fondos de canal no se encontraban nivelados, es decir, uno quedaba más arriba que el otro, esto demandaba más tiempo en la instalación ya que se debía de llamar a una de las personas encargadas del trabajo de zanjas para que lograra alinear los dos fondos de canal de las zanjas de los laterales, en ocasiones estas personas no se encontraban cerca del lugar en donde se estaba instalando la tubería, al evadir este error era imposible colocar de forma correcta los laterales.

4.5 Obstáculos presentes en el campo, para la construcción de las zanjas e instalación de la tubería.

Al encontrarse el área a instalar sembrada, y al no poder eliminar algunas de las plantas por dónde van los laterales, se resuelve construir un túnel por debajo de la planta, como se muestra en la Figura 10, este túnel permite el paso de la tubería de diámetro 18 mm, la cual pertenece a los laterales, algunos problemas para poder realizar este trabajo son, las piedras presentes en algunas partes del área y la falta de una herramienta adecuada que permita la construcción y a la vez no dañe las raíces de las plantas.



Figura 10. Construcción de túneles en la parte baja de la planta para la instalación de los laterales. Fuente: Propia

Cuando en el lugar se presentaron los inconvenientes antes mencionados, los colaboradores de esta parte del proyecto, no construían el túnel, si no formaban unas vueltas en la zanja (ver Figura 11), esto no es permitido por el personal encargado de la instalación del sistema como tampoco de las personas involucradas por parte de la finca, por parte de la finca se mencionó que esta forma de construir las zanjas debilitaban el anclaje de la planta al suelo, pudiendo ocasionar pérdidas considerables, mientras por parte del equipo de instalación se señala que la tubería no tenía la suficiente flexibilidad para poder ser instalada en estas condiciones de la zanja.

Por esto, se debe de eliminar totalmente del diseño de zanjas este método. Se da a conocer por las personas que las construyeron que esto fue realizado con el propósito de disminuir el tiempo en el que se construían algunas de las zanjas, tratando de aumentar el rendimiento de la construcción.



Figura 11. Zanjas mal construidas. Fuente: Propia

En las zonas de la finca en donde se presentaban grandes cantidades de piedra, como se muestra en la Figura 12, el rendimiento de los trabajadores disminuyó notoriamente, de tal forma que el tiempo de instalación se vio afectado. Esto se determinó, luego de realizar mediciones de tiempo y rendimiento, con lo cual se concluyó que en una muestra de una hora en suelo donde se presentaba gran cantidad de piedras se avanzó apenas un quince por ciento en relación con un suelo en donde no había presencia de estas, y se tenía un avance del sesenta por ciento del trabajo, esto para una distancia de 10 metros, en una zanja de 0,6 metros de profundidad y 0,3 metros de ancho.

Además, esto también afecta la parte económica del proyecto, debido a que el costo económico de hacer una zanja en un lugar donde la mayoría del suelo estaba compuesto de piedra se duplicó con respecto en donde el suelo no presentaba esta condición.



Figura 12. Presencia de piedra en las zanjas. Fuente: Propia

En los lugares en donde se presentaron estas condiciones, se trabajó con un implemento diferente al usual (pico), el cual generaba más desgaste físico en el trabajador, esto por el peso de la herramienta y la fuerza extra que se debía de aplicar para poder remover el suelo, pero esta era la única forma de poder conformar la zanja de forma adecuada.

4.6 Ubicación de las válvulas en el campo

El caudal que puede distribuir cada una de las válvulas es de $100 \text{ m}^3 / \text{hr}$ como cada lateral cuenta con diez aspersores requiere un caudal de $0,45 \text{ m}^3 / \text{hr}$, se obtiene el número de laterales por válvula, según el plano constructivo, se instalaron válvulas de 20 y 18 laterales. En la Figura 13, se muestra la composición de una válvula conformada por veinte laterales, también se observa que la válvula está ubicada entre los laterales diez y once, con esto se logra colocar la válvula en el centro del área.

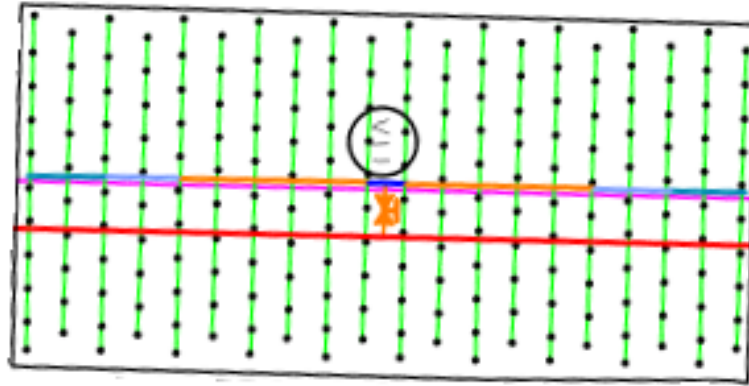


Figura 13. Ubicación de las válvulas. Fuente: Propia

En algunos casos, no era viable guiarse en su totalidad en el plano, ya que algunos de los cables (por donde se transporta la fruta, por ende, donde se realizó la instalación de la tubería principal) no contenían el número de laterales que se mostraba en el plano, para evitar la errónea distribución de las válvulas en el campo, se efectuó un conteo total de las líneas en donde van los laterales, esto por cada cable.

Después de conocer la cantidad de laterales que se podían instalar por cable, se conformaron las válvulas, en algunos casos en el plano se mostraba cuatro válvulas con veinte laterales, y al contarlas en el campo, eran cuatro válvulas una de veinte laterales y tres de 18 laterales. Cuando se conoció de este problema entre el plano y el área real, se concluyó contar las líneas antes de ubicar cada una de las válvulas en el campo, esto aligerando la instalación de la tubería, ya que cuando se iniciaba la instalación en cada sección la caja de registro ya estaba construida. Ver Figura 14.



Figura 14. Caja de registro para las válvulas. Fuente: Propia

Posteriormente a la construcción de las cajas mostradas en la Figura 14,, se procedió a instalar la tubería que requiere la válvula para su función, esto se muestra en la Figura 15.

La entrada y salida del agua en la válvula es de 100 mm de diámetro (cuatro pulgadas), por esto la tubería con la que se conforma la base para su instalación se construyó con tubería y accesorios de 100 mm de diámetro nominal.



Figura 15. Base para la instalación de la válvula. Fuente: propia.

En la Figura 15, se puede notar la salida del agua por la tubería principal (150 mm de diámetro nominal), después de que el agua sale de la válvula se dirige al múltiple, para así realizar la distribución total en los laterales, la salida del agua hacia el múltiple es en tubería de 100 mm de diámetro nominal.

4.7 Determinar la cantidad de tubería y accesorios por cada válvula instalada en el campo.

Antes de iniciar la jornada laboral es importante conocer los materiales que se usarán, en el Cuadro 7, se muestra los diámetros de tubería con los que se trabajó, como los accesorios requeridos para la instalación.

Cuadro 7. Materiales requeridos para la instalación, según diseño.

Código	Material
1	Tubería
1.1	Tubo PCV 18 mm (3/4") SDR 26
1.2	Tubo PCV 31 mm (1 1/4") SDR 41
1.3	Tubo PCV 50 mm (2") SDR 41
1.4	Tubo PCV 75 mm (3") SDR 41
1.5	Tubo PCV 100 mm (4") SDR 41
1.6	Tubo PCV 150 mm (6") SDR 41
2	Accesorios
2.1	Codo liso PVC 31 mm (1 1/4")
2.2	Codo liso PVC 100 mm (4")
2.3	Codo liso PVC 150 mm (6")
2.4	Tapón hembra PVC 31 mm (1 1/4")
2.5	Te lisa PVC 18 mm (3/4")
2.6	Te lisa PVC 50 mm (2")
2.7	Te lisa PVC 75 mm (3")
2.8	Te lisa PVC 100 mm (4")
2.9	Te lisa PVC 150 mm (6")
2.10	Red PVC 31 mm (1 1/4") X 18 mm (3/4")
2.11	Red PVC 50 mm (2") X 18 mm (3/4")
2.12	Red PVC 50 mm (2") X 31 mm (1 1/4")
2.13	Red PVC 75 mm (3") X 18 mm (3/4")
2.14	Red PVC 75 mm (3") X 50 mm (2")
2.15	Red PVC 100 mm (4") X 20 mm (2")
2.16	Red PVC 100 mm (4") X 75 mm (3")
2.17	Red PVC 150 mm (6") X 100 mm (4")

La lista de materiales a utilizar se obtuvo por medio del plano y la simbología de este, (Ver Figura A2, de la parte de Anexos.) conociendo las longitudes totales de los tramos para cada una de los diferentes diámetros, se procedió a obtener el número de tubos por diámetro, la tubería utilizada tiene seis metros de largo, para efectos de cálculo de los tubos, se divide la longitud total en 5,85 metros, debido a la pérdida de la espiga del conducto, esta va unida a la campana del tubo siguiente. Ver Figura 16.



Figura 16. Unión de tubos, espiga y campana. Fuente: Valco Industrias

Para algunas de las secciones a instalar se requería más tubería y accesorios que en la mayoría, esto debido a la presencia de riachuelos (Cricas), en la Figura 17, se muestra la presencia de un riachuelo en el área de trabajo.

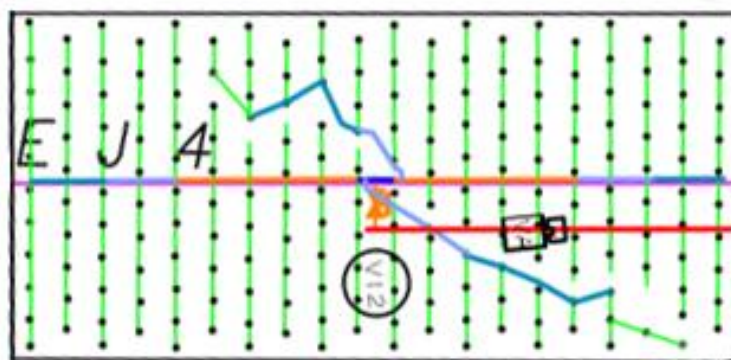


Figura 17. Presencia de riachuelos en el área. Fuente: propia.

Se puede observar la presencia de un riachuelo en el área donde se ubican los laterales y por ende, tubería para poder suministrar la cantidad de agua en esa zona. Es así como se determinó

la cantidad de tubería que se necesitaba de más para cubrir toda el área que abarca esta válvula.

Según la composición de tubería para cada válvula, el diámetro es representado con un color diferente, en la Figura 18 se puede observar cual color corresponde a cada diámetro.

Simbología para Tubería







	Tubería PVC 1 ¼" SDR 41
	Tubería PVC 2" SDR 41
	Tubería PVC 3" SDR 41
	Tubería PVC 4" SDR 41
	Tubería PVC 6" SDR 41
	Tubería PVC 3" SDR 41

Figura 18. Simbología de colores, para los diferentes diámetros de tubería. Fuente: propia

Con el plano, la simbología para la tubería y además conociendo que la distancia entre laterales es de diez metros, se obtiene la longitud para cada diámetro, también en este caso (Figura 17) se obtiene la tubería que debe llevar en la múltiple que bordea el riachuelo. Además, se obtienen las reducciones para cambiar de diámetro y para la distribución de los laterales. Los accesorios que se utilizaron en la instalación se muestran en el Cuadro 4, anteriormente presentado.

4.8 Ingreso de la tubería al área de trabajo.

Al estar en producción la finca en donde se está realizando la instalación del sistema de riego, se debe lidiar con las personas que laboran en el campo, esto con el fin de organizar el ingreso de la tubería hasta el lugar destinado, también los materiales requeridos para el trabajo se trasladan en los cables por donde se transporta la fruta, usando amarras y algunos de los equipos para realizar el carreo. En la Figura 19, se puede observar la forma en la que se realizaba.

Los días que había corta en la finca, se coordinaba con la encargada de recibir la fruta, para conocer los cables que estaban libres para el ingreso de la tubería, en ocasiones coincidían la corta y la instalación en el mismo cable, por esto se reorganizaba de alguna manera la entrada del material al campo, hablando con el capataz de campo o incluso solicitando colaboración a las personas que trasladan la fruta hasta la planta, teniendo en cuenta que la prioridad la tenía el

transporte de la fruta y así no ocasionar atrasos con el traslado de esta hasta la planta empacadora.

Cuando no había corta de fruta, era más fácil el ingreso a la finca, pero en ocasiones se debía de programar la entrada con los trabajadores de campo por parte de la finca, aquellos que hacen labores de corta, deshija o aplicadores de suministros químicos.



Figura 19. Transporte de la tubería, hasta el área de trabajo. Fuente: propia

Una problemática presente además de las personas que trabajan en el campo, que retrasaron el ingreso del material y colaboradores al área de trabajo, fue la aplicación aérea de agroquímicos, ya que no se podía trabajar durante esta labor y además se debía de esperar de veinte a quince minutos después de que finalizaba, esto para prevenir problemas de salud entre los trabajadores.

4.9 Instalación del sistema de riego

4.9.1 Distribución de la tubería en el campo

Después de ingresar la tubería al campo esta se debe distribuir dependiendo los diámetros, siguiendo la información del plano y partiendo de la válvula (ver Figura 21), la tubería y accesorios se colocan en el lugar en donde se debe acoplar, esto facilita la unión de los tubos cuando se esté armando el sistema de tubería.



Figura 20. Distribución de la tubería en el campo. Fuente: propia

La válvula se ubicó en el centro de la sección a instalar, entonces, si la válvula está conformada de 20 laterales, son 19 tramos (llamemos tramo a la distancia que hay de un lateral a otro, 10 metros) los tubos se ubican de la siguiente forma:

1 tramo en tubo de 100 mm de diámetro nominal es el que le da la salida al agua desde la válvula, y cubre el primer par de laterales.

10 tramos con tubo de 75 mm de diámetro nominal, estos se distribuyen 5 tramos para cada lado de la válvula, seguidos del de 100 mm.

4 tramos de tubería de 50 mm de diámetro nominal, distribuidos en la válvula así, 2 tramos para cada uno de los lados, esta después de la tubería de 75 mm de diámetro nominal.

4 tramos de tubería de 31 mm de diámetro nominal, colocados en los extremos de toda la múltiple, 2 tramos para cada uno de los lados, esta después de la tubería de 50 mm de diámetro nominal.

En la Figura 22, se presenta la distribución de la tubería en el plano y siguiendo la guía de colores para cada una, presentada en la Figura 18, es importante mencionar que la tubería de

150 mm de diámetro nominal y representada con color rojo es la que conduce y distribuye el agua en el cable, transportándola por cada una de las válvulas y por ende al sistema completo.

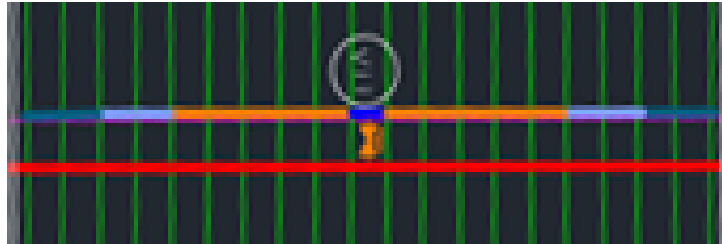


Figura 21. Distribución de la tubería en el plano. Fuente: propia

Es importante mencionar que la tubería de 150 mm de diámetro nominal en las secciones inicial y final del cable (los extremos) solo cubría la mitad del área, es decir, llegaba hasta la válvula, la cual se conectaba con un codo de 150 mm, para las secciones que se encuentra en el medio del cable se usó te de 150 mm, cuando la tubería cubría toda el área de la sección era cuando esta debía de alimentar la sección siguiente.

4.9.3 Unión de tuberías

La correcta unión de los tubos es de suma importancia para el buen funcionamiento del sistema de riego, por esto se debe verificar que los instaladores acaten las ordenes solicitadas, utilicen el pegamento de forma adecuada y realicen la unión de la tubería como corresponde.

Al iniciar la instalación como tal, la primera tubería que se armó es la de 150 mm de diámetro nominal, esta es la tubería principal, la que conduce el agua a la válvula para después distribuirla por la múltiple. Los tubos utilizados para este fin con campana hidráulica (ver Figura 23), para su unión no se requirió el uso de pegamento, lo que se utilizó es lubricante, esto para que ayude a entrar la espiga en la campana del tubo sin dañar el empaque, evitando fugas cuando se realice la puesta en marcha del sistema.



Figura 22. Tubería con campana hidráulica. Fuente: propia

En la Figura 24, se muestra la forma correcta de pegar la tubería de 150 mm de diámetro nominal, primero se limpió utilizando un limpiador para superficies (acetona) eliminando cualquier tipo de residuo, luego se colocó el lubricante en el empaque del tubo y en la espiga de la tubería con el que se va a unir.



Figura 23. Instalación de los tubos con unión cementada. Fuente: propia

Después de colocar el extremo en la campana se debe golpear el tubo, para poder encajar toda la espiga, el tubo trae la marca hasta donde se debe introducir en la campana del otro, es importante tener el cuidado que requiere esta instalación, evitando desprendimiento del

empaque en la tubería y verificando la cantidad de tubo (espiga) que entro en la campana sea la señalada.

Cuando esta tubería esta justo en el sitio que se destinó para ubicar la válvula, se debe de colocar una te de 150 mm con una reducción a 100 mm (la válvula va colocada con tubería de 100 mm), como se puede observar en la Figura 25.



Figura 24. Distribución de la tubería principal a la válvula. Fuente: propia

Al colocar la te de 150 mm junto a la reducción a 100 mm, se desvió el agua requerida para abarcar el área completa destinada para la válvula.

Después de tener toda la tubería de 150 mm de diámetro instalada en el área de trabajo, se procedió a unir los tubos que conforman la múltiple, para esto se inició del centro del área seleccionada, es decir, de la válvula.

La primer tubería que se colocó es la de 100 mm de diámetro nominal, esto cuando la válvula cubría más de 18 laterales, cuando no fue así, el tubo de 100 mm se sustituyó por uno de 75 mm de diámetro nominal, ya que este tiene la capacidad necesaria para la distribución del agua requerida.

La instalación de la múltiple partió de la válvula (centro del área) hacia los extremos de esta, entonces, después de la tubería de 100 mm de diámetro que cubrió los primeros dos laterales de la válvula, uno para cada lado de esta, se coloca una te de 100 mm, además de una reducción de 75 mm ya que es la tubería que sigue a instalar, en la parte superior de la te se colocó una reducción de 100 mm a 18 mm, esto para la distribución de los laterales. Como se muestra en la Figura 26.



Figura 25. Reducción de 100 mm a 75 mm. Fuente: propia

Para la siguiente tubería a instalar y teniendo en cuenta que la válvula cubre 20 laterales es decir 19 tramos, se instaló cinco tramos de cada lado, utilizando te de 75 mm para unir y reducciones de 75 mm a 18 mm para la colocación de los laterales (ver Figura 27), esto se coloca en los 4 laterales siguientes, ya que en el último lateral que cubre la tubería de 75 mm de diámetro, también se colocó una reducción de 75 mm a 50 mm, ya que el tubo que sigue en la múltiple es el de 50 mm de diámetro nominal.



Figura 26. Instalación de tubería y distribución de laterales en 75 mm de diámetro nominal.

Fuente: propia

La siguiente tubería que se instaló corresponde a la de 50 mm de diámetro, esta cubrió tres laterales por ende dos tramos de diez metros, por cada lateral ubicado en el campo se requiere de una te de 50 mm con una reducción de 50 mm a 18 mm, para la distribución del agua en los laterales, esto va para cada uno de los extremos de la válvula, para el último lateral instalado con esta tubería se necesitó una reducción de 50 mm a 31 mm, ya que la tubería que sigue y finaliza la conformación de la múltiple es de 31 mm de diámetro nominal.

La tubería de 31 mm de diámetro nominal, es con la que se concluye la múltiple para cada una de las válvulas ubicadas en el campo. Esta cubre los últimos seis laterales, tres para cada extremo de la válvula.

Parte importante del sistema de riego y su buen funcionamiento es la construcción del sistema de lavado, esto se realizó para cada una de las válvulas instaladas en el campo, el lavado corresponde a la colocación de un codo de 31 mm con un ángulo de 45 grados y un metro de tubería de 31 mm de diámetro, además de un tapón con las mismas dimensiones, esto se colocó en los dos extremos de cada una de las válvulas. Ver Figura 28



Figura 27. Sistema de lavado. Fuente: propia

Después de que la múltiple estaba instalada se procedió a instalar los laterales, se distribuyó la tubería de 18 mm de diámetro nominal, de tal forma que al unirlos alcanzara los 90 metros necesarios. En la Figura 29, se muestra la conformación de los laterales, se debe tener en cuenta que, la cantidad de pegamento a usar es la justa y se aplica en la espiga del tubo, con esto se previene excesos de pegamento dentro de la tubería que puedan generar daños a esta.



Figura 28. Construcción de laterales. Fuente: propia.

Una persona fue la encargada de pegar los tubos y otra los hala, hasta llevarlos al final de la zanja, cumpliendo la distancia ya antes mencionada, se debe de tener el cuidado de pasar la tubería por debajo de las plantas, donde ya está construido el túnel para la colocación de los laterales, como se observa en la Figura 30.



Figura 29. Paso de la tubería por los túneles (debajo de la planta). Fuente: propia.

En algunas ocasiones, las personas encargadas de la instalación de los laterales no pasaban el tubo como se muestra en la figura anterior, esto debido a que el túnel estaba obstruido por restos de tierra, evidentemente esta acción es errónea en la instalación, ya que la tubería quedaba

expuesta y se salida de la zanja donde debe de ir colocada. Se corrige el error presente liberando el túnel de obstrucciones dejando el paso libre a los tubos, esto se realizó antes de que se instalaran los laterales.

En el campo, cuando se realizó la instalación de los laterales, se tomaron decisiones de agregar más laterales en sitios donde por observación no cubría el agua según el diámetro de los aspersores, esto se presenta debido a que todas las secciones no tienen forma de cuadrilátero como se muestra en el plano. Para esto se debe de conocer, cuantos aspersores puede sostener en presión y caudal un tubo de 18 mm de diámetro nominal, en este caso, no se instalaron más de trece elevadores por cada lateral, cuando se presentaban más de 13 elevadores se colocó tubería de 31 mm de diámetro nominal.

La unión de los laterales a la múltiple se ejecutó por medio de una te de 18 mm y una fracción de tubería de 18 mm de diámetro nominal, como se muestra en la Figura 31.



Figura 30. Unión de lateral a la múltiple. Fuente: propia.

De esta forma se distribuye el agua de la múltiple hasta los laterales, llegando a los aspersores, la cantidad de tubo requerido para juntar la te de 18 mm a la reducción de 18 mm depende de la profundidad que se encuentre el accesorio y la salida de los laterales.

4.9.1 Instalación de elevadores

Para poder iniciar con la instalación del sistema de riego por aspersión, es necesario la construcción de los elevadores, donde se va a colocar los aspersores, y van unidos a los laterales a la distancia establecida en el diseño, estos se construyeron antes de ingresar al campo, se aprovecharon los días en que la lluvia no permitió el trabajo de instalación de tubería.

En la Figura 20, se muestra un elevador instalado en el campo, es importante mencionar que algunos de estos pueden llevar te o codo, esto va a depender de donde se instalen, los elevadores que lleva el lateral a los extremos son con codo y los demás son con te.



Figura 31. Elevador instalado en el campo. Fuente: propia

Teniendo en cuenta que la longitud total del lateral es de 90 metros y que la distancia entre aspersores es de 9 metros, se concluyó que por lateral son diez aspersores, distribuidos de la siguiente forma, dos con codo para los extremos del lateral y ocho con te para el resto de la longitud, conociendo el número de laterales para cada sección se obtiene la cantidad de elevadores para cada día de trabajo.

Después de que los laterales estén instalados en el campo, se procedió a colocar los elevadores, manteniendo las condiciones establecidas, la distancia entre elevadores es de 9 metros, la técnica utilizada para la instalación es tresbolillo (pata de gallo), se inició con la instalación del cable vía hacia adentro de los dos lados del área a trabajar.

El primer aspersor del primer lateral quedo a 2,25 metros del cable vía, esto para un lado del cable, para el otro lado quedo a 6,75 metros, así se cumplió los 9 metros que se requieren. Para el segundo lateral, utilizando la instalación del primer lateral, del lado que el primer elevador quedo a 2,25 metros, en el segundo lateral quedo a 6,75 metros, y así se van rotando las distancias, logrando conformar la correcta instalación de los elevadores.

Para facilitar la instalación de los elevadores, se construyeron unas cintas (flejes) estas no seden, las cuales se marcaron cada 9 metros, además de ubicar la primera marca a 2,25 metros en una de las cintas y en la otra cinta a 6,75 metros, esto para disminuir la probabilidad de errores en las distancias correctas.

En la Figura 32, se puede observar la utilidad de los flejes con sus respectivas marcas, como la tubería principal está ubicada bajo el cable vía, se utilizó este para colocar las marcas niveladas, se usó un nivel con el cual se aseguró que las distancias a partir del cable vía fueron correctas.



Figura 32. Nivel de las marcas de la cinta, para la distribución de los elevadores. Fuente: propia.

La cinta se colocó sobre los laterales ya instalados en el campo, así en cada una de las marcas de la cinta extendida sobre el área de trabajo se colocó un elevador, de esta forma se distribuyeron los elevadores de forma correcta, cubriendo toda el área.

Es necesario tener algunas consideraciones en el momento de pegar los elevadores en los laterales, todos los elevadores deben de instalarse de forma vertical con respecto al suelo, esto para el buen funcionamiento del sistema.

Como el área en la que se realizó la instalación del sistema de riego está sembrada y cuenta con la red de drenaje, en algunas ocasiones la marca que señalaba la ubicación quedaba sobre el espejo de agua (ver Figura 33), o justo a la par de una planta, por esto se corrigió desde el inicio este problema, determinando mover el elevador a favor, es decir, correrlo del lado en que la distancia fuera menor a su ubicación original.



Figura 33. Instalación de elevador sobre el espejo de agua de un canal. Fuente: propia

En el campo se tomaron decisiones técnicas, de las cuales dependía el buen funcionamiento del sistema, en la Figura 33, se observa la colocación errónea de un elevador, la cual se corrigió en el momento. Además, la colocación de una mayor o menor cantidad de aspersores por lateral según la cantidad señalada en el plano de diseño se tomó durante la instalación del sistema de riego, frente al área de trabajo.

La tubería que transporta el agua desde el sistema de bombeo hasta el área de instalación es de 200 mm de diámetro nominal, la forma en que la distribuye se muestra en la Figura 34, esta

tubería es de campana hidráulica, su instalación es igual que la tubería de 150 mm de diámetro nominal.



Figura 34. Tubería para la distribución del agua en el área de trabajo. Fuente: propia.

En la Figura 34, se muestra la forma de distribución de la tubería que lleva el agua del sistema de bombeo, al tubo de 200 mm de diámetro, se le colocan dos te de igual dimensión, a estas se le une una reducción a 150 mm para que cada una de ellas alimente la tubería de 150 mm de diámetro, logrando distribuir el agua en todas las 88 hectáreas que corresponden al diseño.

4.10 Llevar control de entrada y salida de materiales de la zona de almacenaje.

El control de material en bodega es de suma importancia para disminuir el inventario al finalizar el proyecto, además ayudó a detectar la falta de suministros, así se logró realizar pedidos en los tiempos requeridos, además de disminuir el desperdicio de materiales ocasionado por los trabajadores.

Para poder llevar el seguimiento adecuado sobre el manejo de los suministros, se elaboraron hojas de cálculo en Excel, se construyó una hoja para insertar todos los materiales que llegaban contra pedido y en otra las que se utilizaron por semana, esto mientras duro la instalación de la tubería (ver Cuadro A1 y A2, del apartado de Anexos), de estas hojas se obtuvo el inventario final, en el Cuadro 8, se muestran un ejemplo de la cantidad de cada suministro en bodega al

finalizar la instalación, en la parte de anexos de este documento se muestra el inventario final completo.

Cuadro 8. Inventario final.

Inventario en Bodega		
Código	Material	Total
1	Tubos	
1.1	Tubo PCV 12 mm (1/2") SDR 13,5	39
1.2	Tubo PCV 18 mm (3/4") SDR 26	255
1.3	Tubo PCV 31 mm (1 1/4") SDR 41	20
1.4	Tubo PCV 50 mm (2") SDR 41	22
1.5	Tubo PCV 75 mm (3") SDR 41	11
1.6	Tubo PCV 100 mm (4") SDR 41	24
1.7	Tubo PCV 150 mm (6") SDR 41	2
1.8	Tubo PCV 175 mm (8") SDR 41	3
2	Codos	
2.1	Codo liso PVC 18 mm (3/4")	648
2.2	Codo liso PVC 31 mm (1 1/4")	11
2.3	Codo liso PVC 50 mm (2")	16
2.4	Codo liso PVC 75 mm (3")	1
2.5	Codo liso PVC 100 mm (4")	8
2.6	Codo liso PVC 150 mm (6")	1
2.7	Codo liso PVC 200 mm (8")	4

A pesar de llevar un estricto inventario de todo lo requerido para el trabajo diario, se presentó un problema que provocó un atraso en la instalación de cuatro semanas (semana 2, 3 y 4 de marzo, semana 4 de abril,), esto fue ocasionado por falta de tubería o accesorios por parte del proveedor, según este, el tubo de 150 mm de diámetro nominal, no es muy común tenerlo disponible en la tienda, además que el proceso de producción es más complejo, al contar con un empaque en la campana, también algunas de las reducciones solicitadas, como lo fue las de 75 mm a 18 mm.

4.11 Avance del trabajo por semana y rendimiento de los trabajadores.

4.11.1 Avance semanal del trabajo

Se realizó un seguimiento del avance del trabajo semanalmente, con el fin de obtener el número de semanas que se llevó la instalación completa del sistema de riego. En la Figura 35, se muestra este avance y la cantidad de trabajadores involucrados.

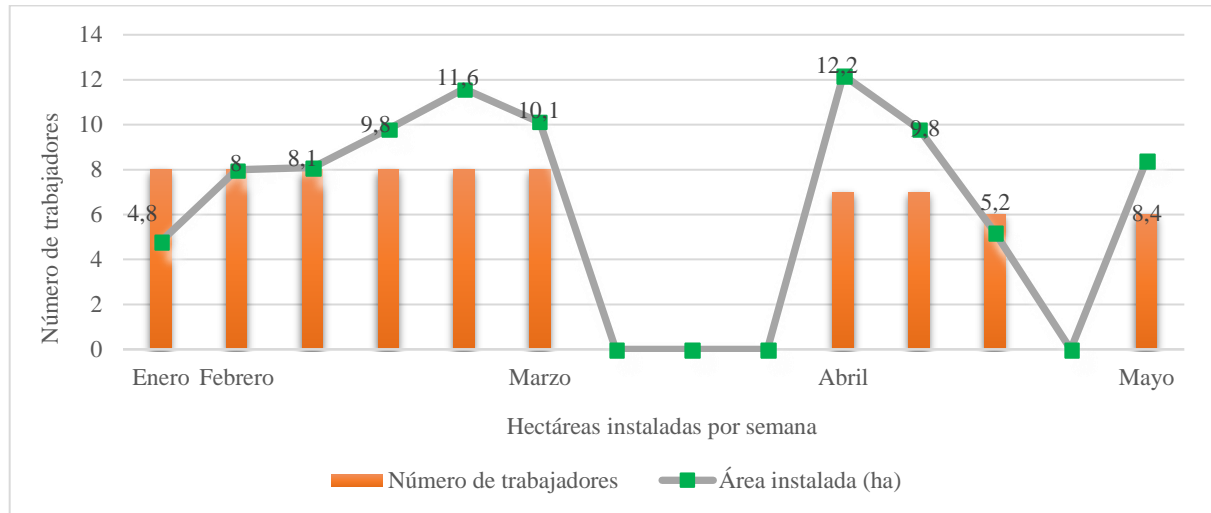


Figura 35. Avance del trabajo en el campo de forma gráfica. Fuente: propia.

El total de semanas en las que se desarrolló el proyecto y según la Figura 35, , fueron 14 en total, cabe destacar que en algunas ocasiones no se trabajó la semana completa, debido a condiciones adversas del clima, ya que no es recomendable pegar tubería cuando hay precipitaciones, debido a que el pegado de estas cuando están mojadas no son de la misma calidad, además, de no utilizar pegamento para trabajar en mojado.

También se demuestra el atraso de cuatro semanas por falta de materiales y que después de las semanas sin trabajar, la cantidad en hectáreas instaladas aumentaba de forma notable, como se observa en la primera semana de abril, en donde solo había siete colaboradores pero fue la semana en donde el área instalada fue mayor. Es importante resaltar que, la cantidad de fontaneros disminuyó conforme se desarrolló el proyecto.

Al comparar esta información con el cronograma presentado al inicio, se demuestra un atraso de solo dos semanas, aunque según la Figura 35, fueron cuatro, esto se debe al rendimiento que

presentaron los trabajadores después de tener días en los que no se laboraron, logrando adelantar el trabajo en menos tiempo.

4.11.2 Rendimiento de los trabajadores

Se realizó el cálculo del rendimiento de los trabajadores por semana laborada, usando la Ecuación 1, presentada en la metodología de este trabajo. En la Figura 36, se presentan los valores obtenidos para cada semana.

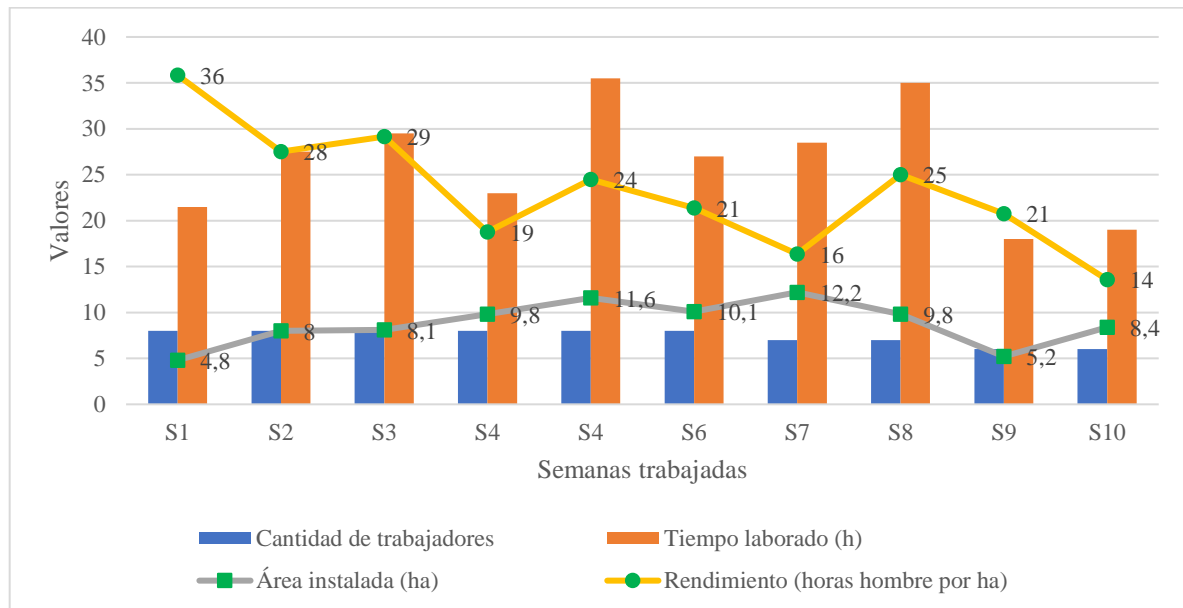


Figura 36. Control y rendimiento de la mano de obra.

Las unidades en las que se calculó el rendimiento son, horas hombre por hectárea, entonces, entre más bajo sea este valor, mejor es el rendimiento dado por parte de los trabajadores, en la Figura 36, se muestra que la semana en la que se dio un mejor rendimiento es la semana diez, que corresponde a la primera semana de mayo (ver Anexo A7) en donde se obtuvieron 14 horas hombre por hectárea instalada.

Además, también se obtiene un mejor rendimiento en la semana siete (primera semana de abril), la cantidad de área instalada es mayor que la de la semana 10, pero se cuenta con un trabajador más, por esto el rendimiento al comparar los dos mejores se menciona como el mejor, el obtenido en la semana diez.

Los motivos por lo cual estas semanas fueron en las que se trabajó o instaló más, es debido a que, los colaboradores tenían algunas semanas de no trabajar, entonces, por esto realizaron el trabajo más rápido, aquí cabe destacar que la forma de pago para ellos fue por hectárea instalada, por ende, entre más área instalaban mejor era el salario que obtenían. Mientras la instalación del sistema de riego no avanzaba los instaladores no recibían la totalidad de su salario.

Siempre es importante velar por que el trabajo que se está realizando sea el mejor, y que los instaladores no disminuyan la calidad del trabajo a costas de obtener beneficios propios, como lo es instalar más área en menos tiempo, para adquirir una cantidad de dinero mayor en menos tiempo.

4.12 Operación y funcionamiento del sistema de riego

Para este proyecto no se tomó en cuenta la puesta en marcha del sistema de riego, además de otras labores, como lo es la colocación de puentes y la protección de los elevadores, debido a que los objetivos planteados al inicio de este documento no contemplan la operación del sistema, a pesar de esto en la sección de Revisión de Literatura de este documento se muestra información complementaria brindada por la empresa encargada del diseño e instalación.

También, la colocación de los puentes, protección de elevadores, construcción de la caseta de control para el sistema de bombeo y represa para almacenar el agua requerida para el diseño, fueron construidos por parte de la Finca Monte Blanco.

4.13 Análisis ambiental

Se realizó un análisis ambiental al proyecto, con el fin de calcular las actividades que generan impacto durante la instalación y el mantenimiento anual de la tubería. En el Cuadro 9, se muestran los resultados obtenidos, mediante el método de Arboleda, descrito en la metodología de este documento.

Cuadro 9. Análisis ambiental

Fase	Descripción del impacto	Factor	Clase	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Ca	Impacto ambiental
Instalación	Aumenta ruido en la zona por transporte de materiales	Aire	-1	0,6	0,19	0,99	1	-4,5	Moderado
	Aumenta la susceptibilidad a la erosión por falta de cobertura vegetal	Suelo	-1	1	0,19	0,99	1	-7,5	Severo
	Generación de desechos de pegamento PVC	Suelo	-1	1	1	0,99	1	-9,93	Grave
	Generación de desechos de tubería PVC	Paisaje	-1	1	1	0,99	1	-9,93	Grave
	Aumento de la mano de obra durante el periodo de instalación y mantenimiento de tuberías	Social	1	1	1	1	1	10	Irrelevante

Los impactos que se clasifican como graves según el Cuadro 9, son la generación de desechos de pegamento y tubería, esto debido a que no existe algún método de reciclaje en el sitio, estos se desechan junto a la basura convencional producida en la finca.

El aumento en la mano de obra es irrelevante, la presencia de la mayor parte de personal es durante la construcción del sistema de zanjas, la cual tardo alrededor de tres meses y la máxima cantidad de personas contratadas para esta labor fueron sesenta, durante el inicio del proyecto.

Al construir el sistema de zanjas en el área de trabajo, se elimina gran parte de la cobertura del suelo, por ende este factor es severo en su afectación, pero esto solo tardara el tiempo que se requiera para volver a tapar las zanjas.

4.14 Análisis económico

Para poder realizar el análisis económico de este proyecto, se conoció por parte de la Empresa Hidro e Ingeniería que, cada hectárea instalada le generó un costo a la finca de \$ 4000 y un total para todo el proyecto de \$ 352000. Además, se tomó en cuenta el mantenimiento anual del sistema, el cual tiene un valor de \$ 13200 para las 88 hectáreas, es decir, por cada hectárea instalada al año se debe de pagar \$ 150, también se incluye un 5% de inflación por cada año de mantenimiento.

Además de la información presentada en la revisión de literatura de este documento, en donde se señala el aumento de 600 cajas por hectárea por año después de la instalación del sistema de riego, además del valor de una caja en el mercado de \$ 6,20. Con esta información y utilizando las Ecuaciones 3 y 4 de la metodología, que corresponde a la parte de análisis económico, se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) y un Valor Actual Neto (VAN) mostrados en el Cuadro 10. Ver Anexo A6.

Cuadro 10. Resultados del análisis económico.

VAN	TIR
\$ 3 529 670,12	89%

Los valores obtenidos son favorables y rentables para la instalación del sistema, en el apartado de anexos se encuentra el balance general completo (Cuadros A3, A4 y A5), realizado para obtener los valores presentados en el cuadro anterior. En el Cuadro 11, presentado a continuación, se muestra que a partir del segundo año se recupera la inversión inicial.

Cuadro 11. Resumen del periodo de recuperación de la inversión inicial.

Año	0	1	2
Egresos (\$)	352000	13200	13200
Total egresos (\$)	352000	13200	13200
Ingresos (\$)	-	327360	327360
Total Ingresos (\$)	-	327360	327360
Saldo anual (\$)	-352000	314160	314160
Saldo total (\$)	-352000	-37840	276320

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

La instalación según el cronograma presentado para el desarrollo de este proyecto y el avance del trabajo en campo realizado fue de dos semanas, aunque el atraso real fue de cuatro semanas, esta variación es debido al aumento de rendimiento de los instaladores.

Los cambios realizados al diseño original fueron significativos, estos representaron el aumento o disminución de materiales instalados por válvula.

Utilizando la herramienta construida para manejo de inventario, se logró disminuir la cantidad de materiales en bodega al finalizar el proyecto,

Al medir el tiempo de trabajo de los instaladores en el campo se demostró un mejor rendimiento cuando las obras de construcción se detenían por falta de la materia prima, además se llevó un avance de trabajo por semana, así se determinó que la instalación tardó diez semanas, sin tomar en cuenta los tiempos muertos, o semanas no trabajadas

El análisis ambiental muestra dos impactos graves, los cuales son la generación de desechos de tubería y pegamento, siendo esto, por no contar con un sistema de reciclaje en el lugar.

Al realizar el análisis económico el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno indican que el proyecto es viable, generando ganancias para período no mayor a dos años. Dando como resultado una TIR del 89%

5.2 Recomendaciones

Es importante conocer la cantidad de materiales por día, pero para acelerar esto se recomienda obtenerlos con anterioridad, esto para agilizar la entrada al campo y aprovechar los espacios libres para transportar la tubería.

Es importante realizar un conteo de laterales por cada cable, esto ayuda a distribuir de forma correcta cada válvula en el lugar.

Se recomienda marcar la ubicación de las válvulas y realizar la construcción de las cajas de registro para cada una, antes de que se inicie la instalación de la tubería, con el fin de aligerar el trabajo a los instaladores.

Se debe de elaborar un plano en donde se muestre el diseño real instalado, en donde se observen las variaciones ejecutadas en el campo.

Se recomienda realizar un lavado de todas las tuberías, esto antes de iniciar con el proceso de la puesta en marcha, para lograr un mejor rendimiento del sistema.

Se recomienda capacitar a la persona que quedara a cargo del sistema de riego para que lo opere correctamente y le den el mantenimiento en el tiempo adecuado para su correcto funcionamiento, durante toda la vida útil.

Es importante efectuar pruebas de campo cuando se realice la puesta en marcha del sistema, con esto se determinarán las posibles fugas, eliminando pérdidas de presión o de caudal.

6. Bibliografía

- Arroyo, J. P. (2011). *mapama*. Obtenido de mapama: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1955_13.pdf
- Asociación Nacional del café. (s.f). *ANACAFE*. Obtenido de ANACAFE: https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Cultivo_de_banano
- Bonilla, A. P. (2016). *Productividad y rendimiento de mano de obra para algunos procesos constructivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR*. Cartago.
- Chaves, G. (20 de Abril de 2018). Parametros especificos para el desarrollo del proyecto. (M. S. Brenes, Entrevistador)
- Costa Rica Way. (2016). El banano. *Costa Rica Way*.
- Fernández, M. E. (Marzo de 2013). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos+del+Cambio+Climatico+en+la+agricultura.pdf/3b209fae-f078-4823-afa0-1679224a5e85>
- González, J. A. (2008). Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Medellín, Colombia.
- Grupo Productores Asociados de San Alberto. (27 de Enero de 2018). *Grupo San Alberto*. Obtenido de Grupo San Alberto: http://gruposanalberto.com/Home_Page.html
- Gurovich, L. (1985). *Fundamentos y diseño de sistemas de riego*. San José: Levantex S.A.
- Gutiérrez, S. M. (2010). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3926/1/822100.2011.pdf>
- Herrera, J. G. (15 de Abril de 2018). Rendimiento del banano con sistemas de riego. (M. S. Brenes, Entrevistador)
- Hidro e Ingeniería . (2018). *Plano de diseño*. San José.
- Holzappel, E. (1992). *Metodos de Riego*. Chillán: Universidad de Concepción, Dirección de Extensión.
- InfoAgro. (2015). *InfoAgro.com*. Obtenido de InfoAgro.com: http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano_banano_.asp
- Martín, J. T. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Maura, F. (2007). *Dspace en ESPOL*. Obtenido de DSpace en ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13448/1/Tesis%20Fernando%20Maura%202000.doc>
- Molina, C. S. (2012). *Los Sistemas de Riego en el Cultivo del Banano*. Medellín: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.

- Mora, A. (31 de Octubre de 2017). *El Financiero CR*. Obtenido de El Financiero CR: <https://www.elfinancierocr.com/opinion/la-actividad-bananera-a-casi-140-anos-de-su-ATV7HR57IFGH3IHO2JLG3KZYBU/story/>
- Netafim. (2012). *Netafim*. Obtenido de Netafim.
- Pascual, B. (2008). *Riegos de Gravedad y a Presión*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- Programa Subsectorial de Irrigaciones . (Enero de 2007). *Ministerio de Agricultura y Riego de Perú*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego de Perú: http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca_manuales_manual_de_supervision_sistemas_de_riego_tecnificado.pdf
- PYMEX. (2015). *PYMEX*. Obtenido de PYMEX: <https://pymex.com/liderazgo/productividad/importancia-de-establecer-un-cronograma-de-actividades-en-tu-proyecto>
- Ramírez, J. L. (2010). *CEPAL*. Obtenido de CEPAL: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25921/lcmex1972.pdf?sequence=1>
- Roa, Y. (2013). *Agronomaster*. Obtenido de Agronomaster: <http://agronomaster.com/riego-por-superficie/>
- Sánchez, M. (Febrero de 2007). *Instituto Meteorológico Nacional*. Obtenido de Instituto Meteorológico Nacional: <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/14625/FEBRERO>
- Valco Industrial. (3 de Febrero de 2018). *Valco Industrial*. Obtenido de Valco Industrial: <http://valcoindustrial.com.mx/extremidad-campana-y-espiga-en-pvc-hidraulico-10/>
- Valverde, J. c. (2007). *Riego y drenaje*. San José: EUNED.
- Vega, R. C. (2013). *SAGARPA*. Obtenido de SAGARPA: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA_L%C3%8DNEA%20DE%20CONDUCCI%C3%93N.pdf
- Weathers Park. (2017). *weatherspark*. Obtenido de weatherspark: <https://es.weatherspark.com/y/16156/Clima-promedio-en-Siquirres-Costa-Rica-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Precipitation>
- Arroyo, J. P. (2011). *mapama*. Obtenido de mapama: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1955_13.pdf
- Asociación Nacional del café. (s.f). *ANACAFE*. Obtenido de ANACAFE: https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Cultivo_de_banano

- Bonilla, A. P. (2016). *Productividad y rendimiento de mano de obra para algunos procesos constructivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR*. Cartago.
- Chaves, G. (20 de Abril de 2018). Parametros especificos para el desarrollo del proyecto. (M. S. Brenes, Entrevistador)
- Costa Rica Way. (2016). El banano. *Costa Rica Way*.
- Fernández, M. E. (Marzo de 2013). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos+del+Cambio+Climatico+en+la+agricultura.pdf/3b209fae-f078-4823-afa0-1679224a5e85>
- González, J. A. (2008). Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Medellín, Colombia.
- Grupo Productores Asociados de San Alberto. (27 de Enero de 2018). *Grupo San Alberto*. Obtenido de Grupo San Alberto: http://gruposanalberto.com/Home_Page.html
- Gurovich, L. (1985). *Fundamentos y diseño de sistemas de riego*. San José: Levantex S.A.
- Gutiérrez, S. M. (2010). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3926/1/822100.2011.pdf>
- Herrera, J. G. (15 de Abril de 2018). Rendimiento del banano con sistemas de riego. (M. S. Brenes, Entrevistador)
- Hidro e Ingeniería . (2018). *Plano de diseño*. San José.
- Holzappel, E. (1992). *Metodos de Riego*. Chillán: Universidad de Concepción, Dirección de Extensión.
- InfoAgro. (2015). *InfoAgro.com*. Obtenido de InfoAgro.com: http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano_banano_.asp
- Martín, J. T. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Maura, F. (2007). *DSpace en ESPOL*. Obtenido de DSpace en ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13448/1/Tesis%20Fernando%20Maura%202000.doc>
- Molina, C. S. (2012). *Los Sistemas de Riego en el Cultivo del Banano*. Medellín: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
- Mora, A. (31 de Octubre de 2017). *El Financiero CR*. Obtenido de El Financiero CR: <https://www.elfinancierocr.com/opinion/la-actividad-bananera-a-casi-140-anos-de-su/ATV7HR57IFGH3IHO2JLG3KZYBU/story/>
- Netafim. (2012). *Netafim*. Obtenido de Netafim.
- Pascual, B. (2008). *Riegos de Gravedad y a Presión*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A.

- Programa Subsectorial de Irrigaciones . (Enero de 2007). *Ministerio de Agricultura y Riego de Perú*.
Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego de Perú: http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca_manuales_manual_de_supervision_sistemas_de_riego_tecnificado.pdf
- PYMEX. (2015). *PYMEX*. Obtenido de PYMEX:
<https://pymex.com/liderazgo/productividad/importancia-de-establecer-un-cronograma-de-actividades-en-tu-proyecto>
- Ramírez, J. L. (2010). *CEPAL*. Obtenido de CEPAL:
<https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25921/lcmex1972.pdf?sequence=1>
- Roa, Y. (2013). *Agronomaster*. Obtenido de Agronomaster: <http://agronomaster.com/riego-por-superficie/>
- Sánchez, M. (Febrero de 2007). *Instituto Meteorológico Nacional*. Obtenido de Instituto Meteorológico Nacional: <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/14625/FEBRERO>
- Valco Industrial. (3 de Febrero de 2018). *Valco Industrial*. Obtenido de Valco Industrial:
<http://valcoindustrial.com.mx/extremidad-campana-y-espiga-en-pvc-hidraulico-10/>
- Valverde, J. c. (2007). *Riego y drenaje*. San José: EUNED.
- Vega, R. C. (2013). *SAGARPA*. Obtenido de SAGARPA:
http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA_L%C3%8DNEA%20DE%20CONDUCCI%C3%93N.pdf
- Weathers Park. (2017). *weatherspark*. Obtenido de weatherspark:
<https://es.weatherspark.com/y/16156/Clima-promedio-en-Siquirres-Costa-Rica-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Precipitation>

7. Anexos

Figura A 1.Ubicación del sistema en la Finca

Figura A 2. Diseño constructivo del sistema de riego

Cuadro A 1. Entrada de material a la bodega

Instalacion sistema de riego por aspersión Finca Monte Blanco, Control de material en Bodega ----- Simbologia: S = semana																		
Código	Material	Enero		Febrero				Marzo				Abril				Mayo		Total
		S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2		
1	Tubos																	
1.1	Tubo PCV 12 mm (1/2") SDR 13,5	490		300	490				180								1460	
1.2	Tubo PCV 18 mm (3/4") SDR 26	9861			490	4128			3500								17979	
1.3	Tubo PCV 31 mm (1 1/4") SDR 41	140		50	140				125								455	
1.4	Tubo PCV 50 mm (2") SDR 41	170			170				50								390	
1.5	Tubo PCV 75 mm (3") SDR 41	301			301				90			140					832	
1.6	Tubo PCV 100 mm (4") SDR 41	37			37				22								96	
1.7	Tubo PCV 150 mm (6") SDR 41	471		157	158	313			360						200		1659	
1.8	Tubo PCV 175 mm (8") SDR 41	69		10	69				49						13		210	
2	Codos																	
2.1	Codo liso PVC 18 mm (3/4")	840			840				400								2080	
2.2	Codo liso PVC 31 mm (1 1/4")	39			39				39								117	
2.3	Codo liso PVC 50 mm (2")	9			9												18	
2.4	Codo liso PVC 75 mm (3")	2			2												4	
2.5	Codo liso PVC 100 mm (4")	72			72				72								216	
2.6	Codo liso PVC 150 mm (6")	6			6		10										22	
2.7	Codo liso PVC 200 mm (8")	1		1	1				3								6	
3	Adaptadores y tapones																	
3.1	Adaptador hembra PVC 12 mm (1/2")	2700			3700				3150								9550	
3.2	Adaptador hembra PVC 50 mm (2")	7			7				7								21	
3.3	Adaptador macho PVC 31 mm (1 1/4")	39			39												78	
3.4	Adaptador macho PVC 100 mm (4")	35			35				35								105	
3.5	Tapon hembra PVC 31 mm (1 1/4")	39			39				39								117	
3.6	Tapon hembra PVC 100 mm (4")	2			2				2								6	
4	Tees																	
4.1	Te lisa PVC 18 mm (3/4")	2625			2625				2700					500			8450	
4.2	Te lisa PVC 31 mm (1 1/4")	95			95				35				11	12			248	
4.3	Te lisa PVC 50 mm (2")	100			100				30					10			240	
4.4	Te lisa PVC 75 mm (3")	195			195				130				51				571	
4.5	Te lisa PVC 100 mm (4")	54			54				54								162	
4.6	Te lisa PVC 150 mm (6")	11			11				7				8	8			45	
4.7	Te lisa PVC 200 mm (8")	4			4				1					1			10	
5	Reducciones																	
5.1	Red PVC 18 mm (3/4") X 12 mm (1/2")	3325			3000				3				2997				9325	
5.2	Red PVC 31 mm (1 1/4") X 18 mm (3/4")	90			90				60								240	
5.3	Red PVC 50 mm (2") X 18 mm (3/4")	95			90				90								275	
5.4	Red PVC 50 mm (2") X 31 mm (1 1/4")	45			45				30								120	
5.5	Red PVC 75 mm (3") X 18 mm (3/4")	215			42	210			75					32			574	
5.6	Red PVC 75 mm (3") X 50 mm (2")	32			40				45								117	
5.7	Red PVC 100 mm (4") X 20 mm (2")	25			6				25								56	
5.8	Red PVC 100 mm (4") X 75 mm (3")	45			45				50								140	
5.9	Red PVC 150 mm (6") X 100 mm (4")	18			18				18								54	
5.10	Red PVC 200 mm (8") X 150 mm (6")	8			8				3								19	
6	Otros materiales																	
6.1	Pegamento PVC liviano 1/4 galón gris	70			50				45				45				210	
6.2	Pegamento PVC pesado 1/4 galón transp	12			12				12								36	
6.3	Preparador superficie PVC 1 galón	4			4				4					2			14	
6.4	Cuarto de lubricante	18		20	18				6						16		78	
6.5	Bolsa de mecha	18			25				18						20		81	

Cuadro A 2. Salida del material de la bodega.

Instalacion sistema de riego por aspersión Finca Monte Blanco, Control de material en Bodega ----- Simbologia: S = semana																		
Código	Material	Salida de material															Total	
		Enero		Febrero				Marzo				Abril				Mayo		
		S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2		
1	Tubos																	
1.1	Tubo PCV 12 mm (1/2") SDR 13,5	490				416					515						1421	
1.2	Tubo PCV 18 mm (3/4") SDR 26	600	1200	1700	1815	2124	2154				2153	1631	847		3500		17724	
1.3	Tubo PCV 31 mm (1 1/4") SDR 41	14	67	53	47	53	48				55	42	21		35		435	
1.4	Tubo PCV 50 mm (2") SDR 41	14	28	34	43	48	48				55	42	21		35		368	
1.5	Tubo PCV 75 mm (3") SDR 41	34	67	84	83	118	120				118	98	48		51		821	
1.6	Tubo PCV 100 mm (4") SDR 41	3	5	6	7	9	10				10	4	3		15		72	
1.7	Tubo PCV 150 mm (6") SDR 41	54	98	136	122	187	189				226	179	132		334		1657	
1.8	Tubo PCV 175 mm (8") SDR 41				69		79								59		207	
2	Codos																	
2.1	Codo liso PVC 18 mm (3/4")	630	12	7	10	250	5				256	3	9		250		1432	
2.2	Codo liso PVC 31 mm (1 1/4")	4	8	10	10	14	14				16	12	6		12		106	
2.3	Codo liso PVC 50 mm (2")					2											2	
2.4	Codo liso PVC 75 mm (3")						3										3	
2.5	Codo liso PVC 100 mm (4")	8	16	20	20	28	28				32	24	12		20		208	
2.6	Codo liso PVC 150 mm (6")	1	2	2	2	2	4				3				5		21	
2.7	Codo liso PVC 200 mm (8")				1										1		2	
3	Adaptadores y tapones																	
3.1	Adaptador hembra PVC 12 mm (1/2")	2300				2800					2400				1900		9400	
3.2	Adaptador hembra PVC 50 mm (2")																	
3.3	Adaptador macho PVC 31 mm (1 1/4")																	
3.3	Adaptador macho PVC 100 mm (4")																	
3.4	Tapon hembra PVC 31 mm (1 1/4")	4	8	10	10	14	14				16	12	6		10		104	
3.5	Tapon hembra PVC 100 mm (4")																0	
4	Tees																	
4.1	Te lisa PVC 18 mm (3/4")	2200	80	100	88	2600	136				2000	106	55		945		8310	
4.2	Te lisa PVC 31 mm (1 1/4")	8	36	20	27	28	28				32	24	12		10		225	
4.3	Te lisa PVC 50 mm (2")	8	16	20	24	28	28				32	24	12		10		202	
4.4	Te lisa PVC 75 mm (3")	20	38	49	84	69	70				71	42	26		55		524	
4.5	Te lisa PVC 100 mm (4")	6	12	13	13	19	21				21	8	5		15		133	
4.6	Te lisa PVC 150 mm (6")	1	2	3	3	5	4				5	6	6		7		42	
4.7	Te lisa PVC 200 mm (8")				3										5		8	
5	Reducciones																	
5.1	Red PVC 18 mm (3/4") X 12 mm (1/2")	2830				3050									3250		9130	
5.2	Red PVC 31 mm (1 1/4") X 18 mm (3/4")	8	32	20	27	28	28				32	24	12		20		231	
5.3	Red PVC 50 mm (2") X 18 mm (3/4")	12	24	26	32	42	42				32	24	12		20		266	
5.4	Red PVC 50 mm (2") X 31 mm (1 1/4")	4	8	10	10	14	14				16	12	6		10		104	
5.5	Red PVC 75 mm (3") X 18 mm (3/4")	20	38	49	84	69	70				105	44	28		65		572	
5.6	Red PVC 75 mm (3") X 50 mm (2")	4	8	10	10	14	14				16	12	6		10		104	
5.7	Red PVC 100 mm (4") X 20 mm (2")	4	8	6	8	14	14										54	
5.8	Red PVC 100 mm (4") X 75 mm (3")	4	12	10	10	12	14				30	14	8		20		134	
5.9	Red PVC 150 mm (6") X 100 mm (4")	2	4	5	5	7	7				8	6	3		6		53	
5.10	Red PVC 200 mm (8") X 150 mm (6")				6										7		13	
6	Otros materiales																	
6.1	Pegamento PVC liviano 1/4 galón gris	20	20	12	15	23	21				20	20	18		25		194	
6.2	Pegamento PVC pesado 1/4 galón transp				8		10								9		27	
6.3	Preparador superficie PVC 1 galón	1		1		1					1		1		1		6	
6.4	Cuarto de lubricante	3	5	6	8	8	10				10	9	2		10		71	
6.5	Bolsa de mecha	5	4	5	7	8	7				6	6	6		10		64	

Cuadro A 3. Balance general.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7
Egresos (\$)	352000	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200
Total egresos (\$)	352000	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200
Ingresos (\$)	-	327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360
Total Ingresos (\$)	-	327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360
Saldo anual (\$)	-352000	314160	314160	314160	314160	314160	314160	314160
Saldo total (\$)	-352000	-37840	276320	590480	904640	1218800	1532960	1847120

Cuadro A 4. Continuación, balance general.

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200
13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200
327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360
327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360
314160	314160	314160	314160	314160	314160	314160	314160	314160	314160
2161280	2475440	2789600	3103760	3417920	3732080	4046240	4360400	4674560	4988720

Cuadro A 5. Continuación, balance general.

18	19	20	21	22	23	24	25
13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200
13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200
327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360
327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360	327360
314160	314160	314160	314160	314160	314160	314160	314160
5302880	5617040	5931200	6245360	6559520	6873680	7187840	7502000

Cuadro A 6. Calculo del VAN y la TIR

Calculo del VAN y la TIR	
Año	Saldo anual
0	\$ -352 000,00
1	\$ 314 160,00
2	\$ 314 160,00
3	\$ 314 160,00
4	\$ 314 160,00
5	\$ 314 160,00
6	\$ 314 160,00
7	\$ 314 160,00
8	\$ 314 160,00
9	\$ 314 160,00
10	\$ 314 160,00
11	\$ 314 160,00
12	\$ 314 160,00
13	\$ 314 160,00
14	\$ 314 160,00
15	\$ 314 160,00
16	\$ 314 160,00
17	\$ 314 160,00
18	\$ 314 160,00
19	\$ 314 160,00
20	\$ 314 160,00
21	\$ 314 160,00
22	\$ 314 160,00
23	\$ 314 160,00
24	\$ 314 160,00
25	\$ 314 160,00
VAN	\$ 3 529 670,12
TIR	89%

Cuadro A 7. Rendimiento de instaladores.

Instalacion sistema de riego por aspersión Finca Monte Blanco					
Control y rendimeinto de la mano de obra					
Mes	Semana	Cantidad de trabajadores	Tiempo laborado (h)	Área instalada (ha)	Rendimiento (horas hombre por ha)
Enero	S1	8	21,5	4,8	36
Febrero	S2	8	27,5	8	28
	S3	8	29,5	8,1	29
	S4	8	23	9,8	19
	S4	8	35,5	11,6	24
Marzo	S6	8	27	10,1	21
	S2				
	S3				
	S4				
Abril	S7	7	28,5	12,2	16
	S8	7	35	9,8	25
	S9	6	18	5,2	21
	S4				
Mayo	S10	6	19	8,4	14
Total hectáreas instaladas				88	