

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Diseño de un sistema de riego para la hacienda San Antonio,
ubicada en la parroquia Machachi, Cantón Mejía, Provincia
de Pichincha**

Proyecto técnico

Leonardo Esteban Erazo Yépez

Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero civil

Quito, 15 de diciembre de 2015

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO CIENCIAS E INGENIERÍA

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Diseño de un sistema de riego para la hacienda San Antonio, ubicada en la parroquia Machachi, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha

Leonardo Esteban Erazo Yépez

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Miguel Araque, Ingeniero Civil

Firma del profesor

Quito, 15 día de diciembre de 2015

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Leonardo Esteban Erazo Yépez

Código: 00106251

Cédula de Identidad: 171322270-9

Lugar y fecha: Quito, 15 de diciembre de 2015

RESUMEN

El presente trabajo de titulación contiene el diseño de dos sistemas de riego para la hacienda San Antonio, ubicada en la parroquia de Machachi. El primer sistema de riego es un diseño por aspersión, el cual se caracteriza por poseer aspersores que riegan agua a manera de lluvia localizada. El segundo sistema de riego es un diseño por goteo el cual se destino para el cultivo de flores de páramo.

En el enfoque ambiental realizado en el proyecto se toman medidas de mitigación para evitar impactos negativos al momento de la construcción del sistema de riego respetando las normas ambientales vigentes en el Ecuador.

ABSTRACT

The present degree work contains the design of two irrigation systems for the hacienda San Antonio, located in the parish of Machachi. The first irrigation system design for sprinklers, it is characterized by sprinklers that water through in a way to localized rain. The second system of irrigation is drip-design for the cultivation of páramo flowers.

In the environmental approach, realized during the project, measures of mitigation are taken to avoid negative impacts the construction of these system of irrigation in order to respect the environmental standards in Ecuador.

Tabla de Contenido

1. Capítulo 1: Generalidades	10
1.1 Introducción	10
1.2 Antecedentes	13
1.2.1 Riego.....	13
1.2.2 Sistema de riego por aspersión	14
1.2.3 Sistema de riego por goteo	14
1.3 Demografía	15
1.4 Ubicación	15
1.5 Área de Influencia	16
1.6 Objetivos	16
1.6.1 Objetivo General del Proyecto.....	16
1.6.2 Objetivos Específicos del Proyecto	16
1.7 Topografía.....	16
1.8 Clima y Condiciones Meteorológicas	16
1.9 Metodología para el proyecto de aplicación.....	18
2. Capítulo 2 : Riego por aspersión.....	19
2.1 Aplicación del sistema de riego por aspersión	20
2.2 Recomendaciones para el riego por aspersión.....	20
2.3 Elementos principales del sistema de riego por aspersión	21
2.4Automatización de los sistemas de riego por aspersións	23
2.4.1 Sistemas estacionarios.....	23
2.4.2 Sistema de desplazamiento continuo.....	24
2.5 Aspersores	25
2.5.1 Aspersores rotativos de impacto	25
2.5.2 Aspersores rotativos de turbina	26
2.6 Tuberías	27
2.7 Tanques o reservorios.....	28
2.8 Adaptación del sistema de riego	29
2.8.1 Evotranspiración.....	30
2.8.2 Evaporación de referencia.....	55
2.8.3 Coeficiente de cultivo	33
2.9 Calculo de las necesidades de agua en los cultivos	32
2.10 Parámetros de diseño	36
3. Capítulo 3 : Riego por goteo	37

3.1	Características del riego por goteo	38
3.2	Ventajas y desventajas del sistema de riego por goteo	38
3.3	Elementos principales del sistema de riego por goteo	40
3.4	Automatización del sistema de riego.....	40
3.4.1	Sistema de riego por goteo desplazable	41
3.4.2	Sistema de riego por capilaridad	41
3.5	Cálculo del sistema de riego por goteo	41
3.5.1	Parámetros hidráulicos de diseño	41
3.5.2	Flujos hídricos en las tuberías	42
3.5.3	Pérdida de carga hidráulica	45
3.5.4	Caudal total del sistema de riego	48
3.5.5	Geometría de las tuberías del sistema	
3.5.6	Datos técnicos del diseño.....	52
3.5.7	Especificaciones de la bomba.	55
3.5.8	Resultados del diseño	56
3.6	Calculo de las necesidades de agua en los cultivos	56
4.	Capítulo 4: Evaluación de Impacto Ambiental.....	60
4.1	Introducción.....	60
4.2	Objetivos de evaluación en el impacto ambiental	60
4.3	Marco legal.....	61
4.4	Evaluación del impacto ambiental.....	65
4.4.1	Ficha técnica	65
4.4.2	Matriz de Leopold.....	81
4.4.3	Medidas de mitigación.....	83
5.	Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones	85
5.1	Conclusiones.....	85
5.2	Recomendaciones.....	87
6.	Bibliografía	88
7.	Anexos	89

Tabla de Ilustraciones

Tabla 1: Coeficiente de las papas	31
Tabla 2: Parámetros climáticos	33
Tabla 3: Precipitación anual	34
Tabla 4: Datos del suelo.....	35
Tabla 5: Programación de riego	35
Tabla 6: Coeficiente de Hazen – Williams para algunos materiales.....	46
Tabla 7: Coeficiente de Manning para algunos materiales.....	47
Tabla 8: Coeficiente en pérdidas de cargas en singularidades para algunos materiales.....	48
Tabla 9: Coeficiente de las flores	57
Tabla 10: Parámetros climáticos	57
Tabla 11: Precipitación anual	58
Tabla 12: Datos del suelo.....	58
Tabla 13: Programación de riego	59
Tabla 14: Tabla de importancia y magnitudes.....	81
Tabla 15: Matriz de Leopold para la hacienda San Antonio	82

Tabla de Figuras

Figura 1: Localización del proyecto	15
Figura 2: Diagrama de temperatura de Machachi	17
Figura 3: Diagrama de precipitaciones de Machachi.....	17
Figura 4: Riego por aspersión	20
Figura 5: Aspersor de impacto	17
Figura 6: Difusor de impacto	17
Figura 7: Reservorio de agua	29
Figura 8: Riego por goteo.....	37
Figura 9: Geometría general de un sistema de riego por goteo	52
Figura 10: Electrobomba	55

1. Capítulo 1: Generalidades

1.1 Introducción

El medio ambiente posee limitados recursos naturales, el más limitado recurso de la humanidad es el tiempo, y la degradación es algo imposible de evitar, dado que la contaminación reduce el espacio y la calidad de vida de todos los seres que conforman el medio ambiente, es necesario aprovechar en lo posible los elementos de los ecosistemas.

En el informe “El uso sostenible del agua en el sector agrario: situación actual y perspectivas de futuro” (MAPA, 2007), presentado el Día Mundial del Agua 2007, según la FAO, la escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial. Se prevé que para el año la población mundial alcance los 8.100 millones de personas y las necesidades de alimentos aumenten un 55% respecto a 1998. A nivel mundial, el 40% se produce del total de los alimentos se producen en regadío y el 70% del agua se utiliza para producir alimentos. (Martínez Victoriano, Soto Mariano, 2010). Por tanto uno de los problemas más grandes que ha tenido la humanidad en estos últimos años es el uso sostenible del agua que se ha reconocido en varios foros internacionales como la Cumbre de Río de Janeiro y el II Foro Mundial del Agua de la Haya. El concepto de modernización de cultivos es impulsado por la hidráulica en donde los regadíos poseen obras variadas entre las que se puede citar la canalización en tubería a presión de sistemas de transporte y distribución, el acondicionamiento de sistemas de drenaje, la mejora de la red de caminos de servicio y la adecuación de los sistemas de aplicación en parcela. También es común que esta modernización y mejora de regadíos existentes requiera un incremento en la regulación del sistema. La finalidad general de estas actuaciones es facilitar la introducción de nuevas tecnologías de riego en parcela,

para lo cual es necesario satisfacer los requerimientos mínimos de caudal, presión y frecuencia de suministro que garanticen el correcto funcionamiento de los sistemas de riego. Estas nuevas tecnologías de riego permiten un mayor control del agua aplicada y, por tanto, un mayor ahorro de agua. (Martínez Victoriano, Soto Mariano, 2010).

La demanda de los recursos hídricos y la optimización de los sistemas de riego es cada vez mayor a nivel nacional y mundial. Los usos agrícolas tradicionales y los crecientes usos industriales y urbanos, más el deterioro del medio ambiente han provocado que se busque una adecuada gestión de los recursos hídricos. Una de las principales medidas para conseguir una gestión adecuada de los recursos hídricos en la agricultura es la automatización de los sistemas de riego (Canales, 2010). La automatización y control de las redes colectivas de riego y los sistemas de riego han evolucionado notablemente, convirtiéndose en una necesidad de automatizar lo que se hacía manualmente para mejorar la distribución del agua para riego. (Martínez Victoriano, Soto Mariano, 2010). Históricamente los regadíos más populares hasta 1900 son los que funcionan mediante gravedad utilizando aguas superficiales que se otorgan través de concesiones administrativas. Las obras de modernización son necesarias en los sistemas de riego en parcela que se modernizarán del paso de riego por gravedad a riego por aspersión.

En el Ecuador normalmente en el sector agrícola se debe vencer varias adversidades durante la época del cultivo, por lo que los agricultores han buscado formas de tecnificar y mejorar sus formas de cultivos para aprovechar tiempo y recursos.

El ser humano se ha esforzado mucho a lo largo de la historia para brindar conocimientos y estudios sobre el riego agrícola con el fin de aprovechar al máximo el agua, que está destinada para consumo humano, captación y abastecimiento de cultivos. La constitución vigente del Ecuador reconoce la importancia del agua, manejo y administración de este recurso. Actualmente en el Ecuador existe la subsecretaría de riego y drenaje que se encarga de planificar, regular y seguir la gestión integral de riego y drenaje a nivel nacional. El Gobierno Nacional impulsa el Plan Nacional de Riego proyectado hasta el 2027. El propósito es ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia del riego, mediante el fortalecimiento de las organizaciones de regantes.

Para ello, el Plan prevé fortalecer la institucionalidad y mejorar las capacidades del Estado. Además, promueve la redistribución equitativa de los caudales desde un enfoque de derecho para garantizar la calidad y cantidad de agua para riego, y así ejercer la rectoría, planificación, regulación; y seguimiento de la gestión integral del riego y drenaje a nivel nacional. (Plan Nacional de Riego y Drenaje).

En el momento en que se promueve una cultura de regadío agrícola, se mejora la eficiencia de los cultivos y la productividad de los suelos. Es de gran importancia un sistema de riego apropiado debido a que la economía de varias provincias y países depende de su agricultura por eso es necesario un adecuado sistema de cultivo para las haciendas, en este caso la hacienda San Antonio, que posee factores a considerar como tipo de sembrío, la calidad del suelo, topografía de terreno, ubicación geográfica y necesidad de agua de cultivo.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Riego

El riego consiste en la dotación de agua hacia los cultivos con la finalidad de brindar un suministro eficiente para el crecimiento de los cultivos. Existen varios sistemas de riego y métodos de riego que varían según su eficiencia, mantenimiento, costo, entre otros. Los métodos a estudiarse son sistema de riego por goteo y sistema de riego por aspersión.

A la actualidad la hacienda San Antonio, ubicada en la parroquia de Machachi, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha no cuenta con ningún sistema de riego para sus cultivos. El proyecto trata sobre el diseño de un sistema de riego por goteo y aspersión en la hacienda respetando normas ambientales y causando el menor impacto ambiental posible. El riego se enfoca como una perspectiva física o técnica, orientada para el desarrollo de obras hidráulicas. Con un adecuado sistema de riego se puede incrementar la productividad agrícola y extender el área irrigada con la ejecución de nuevos proyectos de irrigación con agua superficial o utilizando el agua subterránea. La reflexión sobre el riego en el Ecuador aparece recién a mediados de los años ochenta, a raíz de las lluvias e inundaciones y la grave sequía que se produjo en la sierra como efecto del fenómeno de El Niño de 1983. “Un sistema de riego, es un complejo sistema de control del agua porque en él se combinan los elementos físicos, normativos, organizativos, agro-productivos y las capacidades y conocimiento del arte de regar. Es la combinación de estos elementos lo que hace funcionar el sistema de riego en su conjunto. El objetivo de cualquier sistema es conducir el agua desde la fuente a la zona de riego y aplicarla en la parcela y los cultivos.” (Beccar Lily, Rutgerd Boelens & Hoogendam Paul, 2001). Para el diseño y posterior

construcción de un sistema de riego en la hacienda San Antonio se requiere el manejo de obras hidráulicas, estructuras que sirvan de control y de medición de las estaciones hidrométricas, es decir, una adecuada operación y mantenimiento del sistema de riego y una adecuada distribución y administración del agua.

1.2.2 Sistema de riego por aspersión

El riego por aspersión consiste en suministrar el agua hacia los cultivos en forma de lluvia localizada o artificial. El sistema funciona mediante presión hidráulica con tuberías, bombas y aspersores. Como se verá más adelante en el documento el sistema de riego por aspersión tiene algunas clasificaciones, características, ventajas y desventajas por lo cual no se puede diseñar este sistema de riego para todos los cultivos.

1.2.3 Sistema de riego por goteo

El sistema de riego por goteo, es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas que permite la optimización del agua, distribuyendo el agua en forma controlada con una zona de humedecimiento radicular. Esta distribución del agua se transporta a través de tuberías y mangueras a presión, donde si es posible, se aprovecha las pendientes que presente el terreno, y en la mayoría de los casos se utiliza un sistema de bombeo y desde este sistema se conduce el agua a todas las zonas de las raíces de las plantas, regando el agua en una zona específica. El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia el interior de las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y goteros.

1.3 Demografía

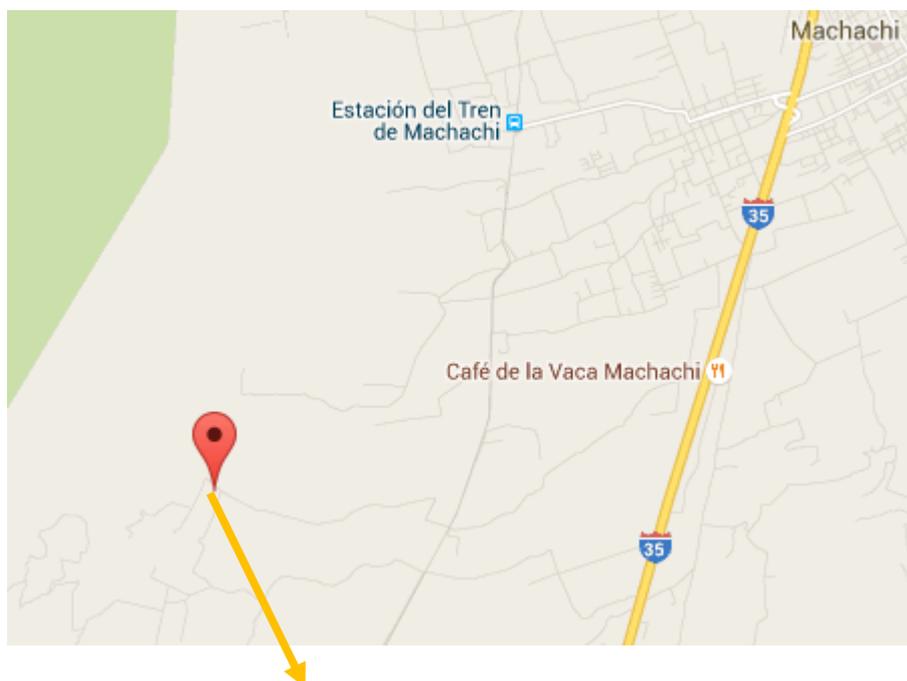
Según datos del último censo de población y vivienda realizado en el año 2010 por el INEC, el cantón Mejía cuenta con 81.335 habitantes de los cuales 27.623 se encuentran en la parroquia Machachi ubicados en un área de 467.98 kilómetros cuadrados, dando lugar a una densidad demográfica de alrededor 59.03 habitantes por kilómetro cuadrado.

1.4 Ubicación

La hacienda San Antonio está ubicada en la parroquia Machachi, Cantón Mejía en la Provincia de Pichincha.

Latitud: 0° 32' 31" S

Longitud: 78° 37' 19" O



Hacienda San Antonio

Figura 1: Localización del proyecto

Fuente: www.googlemaps.com

1.5 Área de Influencia

El proyecto influenciará 43 hectáreas de terreno ubicado en la hacienda San Antonio, parroquia de Machachi, Cantón Mejía.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General del Proyecto

- El objetivo final del proyecto es el diseño de un sistema de riego por aspersión y goteo de la hacienda San Antonio para un área aproximada de 43 hectáreas.

1.6.2 Objetivos Específicos del Proyecto

- Determinar la necesidad de agua para los cultivos.
- Realizar el diseño del sistema de riego.
- Analizar el impacto ambiental del proyecto.

1.7 Topografía

El terreno donde será construido el proyecto es de característica irregular, con su cota de 3150 metros. La topografía inclinada de pendiente positiva en dirección de Oeste a Este con una diferencia de altura de hasta 38 metros.

El terreno del proyecto tiene un frente de 540 metros con una pendiente mínima de 0.44 metro sobre metro.

1.8 Clima y Condiciones Meteorológicas

En la parroquia de Machachi el clima es templado y cálido, su temperatura media se encuentra entre los 12,3 grados centígrados (climate-data.org). Mayo es el mes más caluroso del año mientras que junio el mes de menos temperatura.

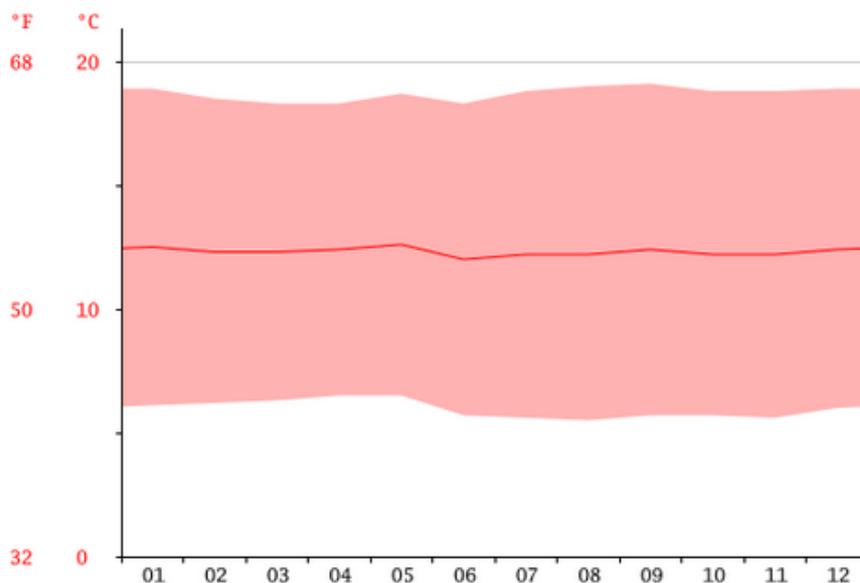


Figura 2: Diagrama de temperatura de Machachi
Elaborado por: clima-data.org

La precipitación anual de la parroquia de Machachi es de 1043 mm al año, el mes más seco es julio con 29 mm mientras que en marzo tiene las mayores precipitaciones con 134 mm (climate-data.org).

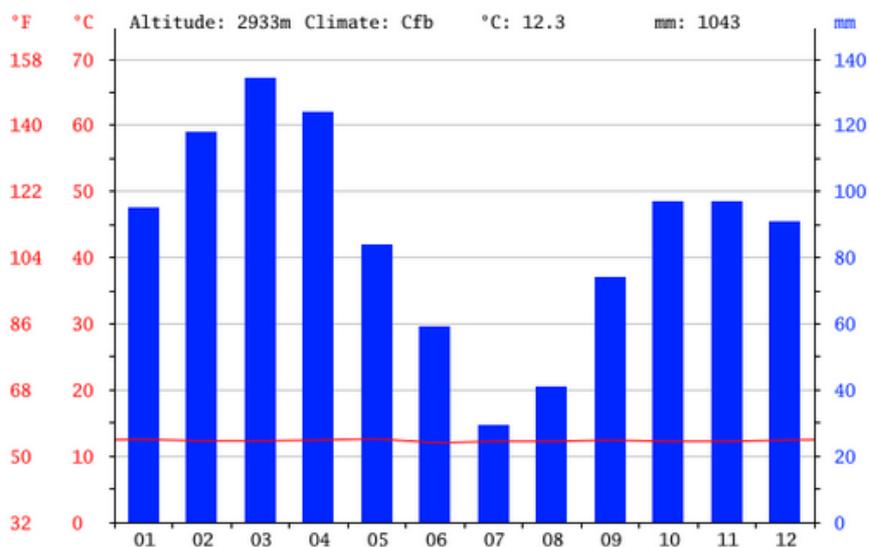


Figura 3: Diagrama Precipitaciones de Machachi
Elaborado por: clima-data.org

- **Heliofanía**

Se denomina heliofanía a la cantidad de horas diarias en las cuales el sol no está obstruido por las nubes y se conoce como heliofanía efectiva cuando los rayos llegan directo a la superficie de la tierra, expresándose en 12 horas luz diaria que tiene el Ecuador. El instrumento utilizado para medir la heliofanía es el heliofanógrafo que registra el tiempo que recibe la radiación solar directa.

1.9 Metodología para el Proyecto de Aplicación

La metodología que se va a utilizar es la investigación de sistemas de riego por aspersión y goteo en bibliotecas y libros especializados, luego de lo cual se podrá determinar cuál es el sistema de riego más óptimo para la hacienda San Antonio. Se emitirá el documento detallando el cálculo de sistemas de riego por aspersión y goteo además del software que se utilizará para el diseño del sistema de riego.

2. Capítulo 2 : Riego por aspersión

En la modernización de regadíos, la automatización de la infraestructura hidráulica puede hacerse a varias escalas o en distintas partes de las instalaciones de riego. El principal objetivo es la ejecución, control y verificación del manejo de agua sobre la red resultante.

La automatización consiste en el uso de válvulas volumétricas, las cuáles controlan el volumen de agua y cierran automáticamente después de su suministro. El uso de unidades de control maneja automáticamente la apertura y cierre de las válvulas de acuerdo al riego deseado, ordenando también el riego de varias parcelas con la ayuda de un computador o un teléfono móvil.

El riego por aspersión consiste en suministrar el agua hacia los cultivos en forma de lluvia localizada o artificial. El sistema funciona mediante presión hidráulica con tuberías, bombas y aspersores. Los aspersores generan un chorro de agua pulverizada que riega el terreno de forma circular uniformemente, el agua es expulsada por medio de los aspersores gracias a la presión de las tuberías y al sistema de bombeo. La ubicación de los dispositivos debe hacerse de manera que cubra el terreno de la forma más homogénea posible (Villacís, 2012).



Figura 4: Riego por aspersión

Elaborado por: riego.es

2.1 Aplicación del agua en los sistemas de riego por aspersión

El objetivo principal de los sistemas de riego por aspersión es conseguir una distribución uniforme del riego, lo cual se consigue al establecer ramales con emisores en el campo con diferentes posturas y velocidades.

La distribución de agua se da de forma que la parte más cercana al aspersor, es la que recibe más cantidad de agua y la distribución en altura generada por el aspersor se puede asimilar a la forma de un cono. Según Canales, existe una correcta uniformidad cuando los aspersores están separados aproximadamente entre un 50% a 65% de diámetro mojado. Otro factor a considerar es la velocidad del viento debido a que puede afectar la cantidad de agua en el cultivo.

2.2 Recomendaciones para el riego por aspersión

- Se debe tener precaución de que la bomba sea colocada horizontalmente para evitar tensiones innecesarias y durante su funcionamiento se debe

verificar que la presión sea la indicada en el diseño. Se puede utilizar un manómetro para verificar la presión.

- Se debe colocar un filtro en la entrada de la toma de agua para impedir el paso de sustancias no deseadas.
- Mantener el mismo número de aspersores siempre, para que la bomba funcione sin variaciones de caudal.
- La instalación del sistema de tuberías debe empezar desde la bomba y constatar que los elementos estén en su sitio.
- No se debe regar los cultivos con contenidos salinos.
- Es recomendable no realizar riego con vientos altos para que no aumente el porcentaje de pérdidas.
- Una opción para disminuir las pérdidas por evaporación es la de automatizar los riegos por la noche, debido a que disminuye la temperatura y velocidad del viento.
- Se debe realizar un mantenimiento adecuado de los elementos del riego y del sistema en general.

2.3 Elementos principales del sistema de riego por aspersión

Los principales elementos con los que cuenta este sistema de riego son los siguientes:

- Sistema de bombeo: su función es la de proporcionar agua y presión a todo el sistema de riego.
- Red de tuberías: sirven para llevar agua a los hidrantes, los cuales se toma agua en la parcela, es decir, transportan agua desde el sistema de elevación hasta las tuberías secundarias y los ramales.

- Ramales o tubería de distribución: se utiliza para regar agua a través de la parcela, con la opción de ser fijos o móviles. Deben estar colocados sobre una cama de arena para una adecuada proyección.
- Aspersores: son los elementos del sistema de riego encargados de distribuir el agua en forma de lluvia.
- Depósito de agua: es el elemento encargado de almacenar agua para uno o varios riegos, siendo también, el punto de conexión entre agua sin presión y el sistema de presión.

Los elementos del sistema de riego pueden ser fijos o móviles, para ser transportados de un lugar a otro de la parcela. Entre los varios dispositivos que se usan para la instalación del sistema de riego están piezas de unión, tubos de acoplamiento, válvulas, etc.

Un sistema de riego por aspersion puede adaptarse con gran facilidad a topografías irregulares, el consumo aproximado de agua de este sistema de riego es de 80% (Ruiz Canales, 2010) teniendo en cuenta que está limitado a las condiciones climáticas. En especial el viento y la aridez del clima, puesto que si las gotas del sistema de riego son pequeñas podrían desaparecer antes de tener contacto con el suelo.

Según la velocidad de giro se pueden clasificar aspersores de giro rápido (con una velocidad mayor de 6 vueltas por minuto) y de giro lento (de 0,5 a 2 vueltas por minuto). Para una misma presión, los de giro lento logran un mayor alcance que los de giro rápido y permiten al momento de su localización un mayor espaciamiento entre aspersores.

Otro aspecto importante a tener en cuenta para elegir un aspersor en el diseño es la forma en que aplica agua, el objetivo es lograr un chorro de agua a gran velocidad que se difunde en el aire y se infiltre en el suelo.

2.4 Automatización de los sistemas de riego por aspersión

Pese a que puede existir una gran clasificación de sistemas de riego por aspersión, se distinguen dos grupos; sistemas estacionarios y sistemas de desplazamiento continuo.

2.4.1 Sistemas estacionarios

Es el sistema que permanece en posición fija mientras se riega. La disposición más común de estos sistemas es la cobertura total. Se instalan tuberías de aluminio o PVC a lo largo de las filas de los cultivos de la parcela. A estas tuberías, denominadas ramales porta aspersores, se les acoplan unas tuberías verticales, por lo general de acero, denominadas cañas. A estas tuberías se les acoplan los aspersores, que quedan elevados por encima del terreno. El producto de la distancia entre aspersores a lo largo de la línea del cultivo, por la distancia perpendicular entre aspersores se le denomina marco de riego. Los marcos de riego más utilizados son los rectangulares de 12 x 12, 12 x 15, 12 x 18, 15 x 15, 15 x 18, 18 x 18 m y triangular de 18 x 15 m.

Para establecer el número de aspersores que se necesita en el riego por ramal y el marco de riego más óptimo se utilizan los datos administrados por el fabricante para conocer funcionamiento del aspersor, caudal arrojado, alcance del aspersor y pluviometría. La manera más común de automatizar el riego es con un programador y un conjunto de válvulas. También se adapta a todas las superficies

y a todas las formas de parcelas. La presión de utilización es baja, lo que permite ahorro de agua.

Otras ventajas de este sistema es la facilidad de instalación y de ser necesario un cambio de posición, el riego es muy simple por la longitud de las posiciones y su tiempo constante aproximadamente de 6 hasta 10 horas. También se evitan los errores en la dosificación del agua, ya que está comandado por un programador y una válvula.

2.4.2 Sistema de desplazamiento continuo

El sistema de desplazamiento continuo consiste en las partes del sistema de riego que pueden ser desmontadas y montadas para el riego. Existe una gran clasificación de las partes dentro de los sistemas de desplazamiento continuo por ejemplo, alas móviles, aspersores tipo cañón, pivot y alas móviles autopropulsadas. El pivot para describir la automatización en un sistema de desplazamiento continuo es que este sistema es quizá uno de los más completos y susceptibles de automatizar.

Los sistemas pivot riegan superficies de grandes dimensiones, de forma circular. De esta forma el aprovechamiento de la tierra es parcial, siempre quedan, entre las áreas regadas, otras áreas sin acceso al agua. Se usan, por lo tanto, en sitios donde el agua es un factor fuertemente limitante. El 98% del mercado mundial de riego por pivot son de accionamiento eléctrico ya que presentan menores costos de inversión por hectárea regada. (Antonio Ruiz Canales, José Miguel Molina Martínez, 2010).

Sistema de desplazamiento

2.5 Aspersores

Un aspersor es un dispositivo que convierte el agua a forma de lluvia para ser utilizada en el riego. El alcance del aspersor en el terreno depende del tipo de boquilla y caudal según las especificaciones del proveedor. El aspersor utilizado en el diseño es móvil, es decir, que se puede reubicar fácilmente para el momento del riego y luego desmontarlo cuando no se utilice.

El caudal Q con el que cuenta el aspersor depende de la siguiente ecuación:

$$Q = Cd \times S \times (2gh)^{1/2}$$

Donde:

Cd : Coeficiente de gasto

S : Sección de la boquilla en m.

g : Aceleración de la gravedad en m^2/s .

h : Altura de presión de la entrada del aspersor en m.

2.5.1 Aspersores rotativos de impacto

Este tipo de aspersores basa su sistema en el impacto del agua sobre una pieza metálica la cual produce el desplazamiento del chorro de agua, pudiendo ser instalado para varios ángulos del chorro según el diseño.

Los ángulos menores van desde $7 - 12^\circ$ y funcionan para en condiciones ventosas donde el riego se encuentre por debajo de la copa de los árboles. Los ángulos mayores de $24 - 40^\circ$ sirve para alcances mayores y son aspersores especiales conocidos como cañones.

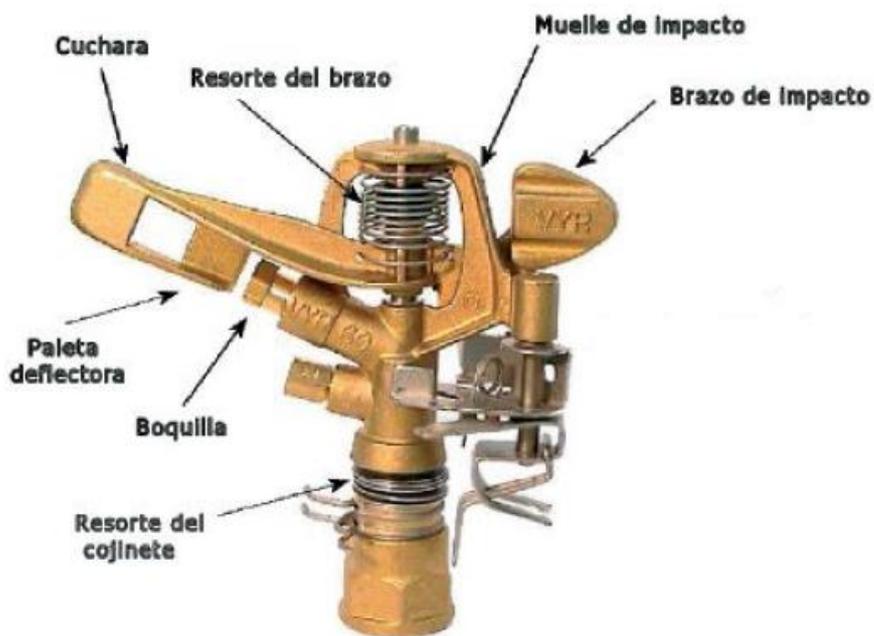


Figura 5: Aspersor de impacto
Elaborado por: interssa.com

2.5.2 Aspersores rotativos de turbina

Este tipo de aspersores tiene una turbina en su sistema, lo cual regula el ángulo del chorro y también permite un mayor alcance. Cada aspersor tiene características específicas de presión y caudal, lo que permite calcular el perímetro mojado de la sección a regar.

La mayoría de estos aspersores cuenta con partes como boquilla, turbina y filtro de malla.



Figura 6: Difusor de impacto
Elaborado por: María Villacís

2.6 Tuberías

Se va a utilizar un material de tuberías diferente dependiendo del diámetro de la tubería. Para tuberías fijas y que van enterradas se va a utilizar tuberías de plástico o PVC debido a la economía que representa su instalación y facilidad de instalación. Sobre las tuberías se conectan los aspersores a intervalos regulares, dependiendo el diseño del sistema, y debajo de las tuberías van conectados hidrantes enterrados hasta las tomas de riego. Las tuberías además contienen una llave de paso y pueden estar conectadas a dispositivos especiales como limitador de caudal y regulador de presión.

En el caso de las tuberías principales deben ser enterradas a una distancia que no vaya dañar o afectar el trabajo de las tuberías con las labores agrícolas, en el caso de ser necesario incluso deben ser reforzadas con hormigón,

Para determinar el diámetro de las tuberías se hace un análisis comparando la repercusión anual del coste inicial y de la energía consumida al vencer las pérdidas de carga.

2.7 Tanques o reservorios

Los tanques son las estructuras encargadas de almacenar el agua para el sistema proveniente de la red principal o tubería, muy necesarios cuando empieza la época de estiaje y la falta de agua se convierte en un factor determinante para el éxito de la cosecha. También son de suma importancia al momento de considerar el sistema de conducción para mejorar la velocidad de distribución del agua y reducir las pérdidas.

En el caso de la hacienda San Antonio cuenta con la construcción de un reservorio con dimensiones de 20 metros de longitud, 15 metros de ancho y 5 metros de profundidad (Vascones, 2015).



Figura 7: Reservorio de agua
Elaborado por: Leonardo Erazo

2.8 Adaptación del sistema de riego

El riego por aspersión es prácticamente apto para la mayoría de cultivos, ya que los aspersores y tuberías presentan diferentes variedades para adaptarse a las necesidades del cultivo. El agua puede ser regada de forma homogénea y según la tasa de infiltración del suelo y una pluviometría compatible se puede controlar la escorrentía y evitar daños al cultivo y al suelo.

Otro aspecto importante en el riego por aspersión es considerar las profundidades de las raíces de los cultivos. La profundidad depende de cada planta y del tipo del suelo en donde esta cultivado y se debe tomar en cuenta que la profundidad efectiva de la planta es alrededor del 80% del total de la profundidad de la raíz. Para el caso del cultivo de papas la profundidad aproximadamente es de 0.90 a 1.20 metros (Silva, Manual de riego y drenaje).

La topografía del terreno es un elemento muy importante a considerar en el sistema de riego debido a que la topografía es un factor muy importante a la hora de decidir sobre el sistema de riego a usarse. En el caso específico del proyecto de riego el levantamiento topográfico fue facilitado por los dueños de la hacienda San Antonio, facilitando el estudio para la realización de los sistemas de riego y de la distribución de las tuberías.

2.8.1 Evotranspiración

La evotranspiración es el resultado de la combinación de dos procesos, la evaporación y la transpiración de un cultivo, lo que ocasiona una pérdida de agua en el cultivo. La evaporación es el proceso mediante el cual el agua se evapora y la transpiración el proceso mediante el cual se vaporiza el agua contenida en las raíces de las plantas. El factor más importante que determina la evaporación es la radiación solar pero existen otros factores que afectan la evotranspiración como el tipo de suelo, tipo de cultivo, temperatura y humedad.

La evaporación real es la tasa de transferencia de agua a la atmósfera que tiene un cultivo en un momento determinado, para calcular la evotranspiración en el terreno se necesita dos conceptos que se los conocen como evaporación de referencia y coeficiente de cultivo.

2.8.2 Evaporación de referencia

La evaporación de referencia se produce cuando se tiene una superficie en óptimas condiciones de crecimiento, con un control adecuada en el suministro del agua. Al considerar un buen suministro de agua las características del suelo no afectan la evapotranspiración y se la denomina como ET.

2.8.3 Coeficiente de cultivo

El coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que van creciendo, desde la siembra hasta la cosecha.

Para determinar el coeficiente el ciclo de cultivo se divide en 4 fases:

- Fase de inicio: Desde la siembra hasta aproximadamente el 10% de cobertura total de la siembra.
- Fase de desarrollo: Desde el 10% y durante el crecimiento de la planta.
- Fase de mediados: Desde el 70% al 80% de cobertura máxima del cultivo.
- Fase Final: Desde la madurez hasta la recolección del cultivo.

Para el caso del cultivo de papa se tiene un K_c inicial de 0.5, un K_c medio de 1.15 a 1.25 y un K_c final de 0.70 a 0.75 (Araque, 2015).

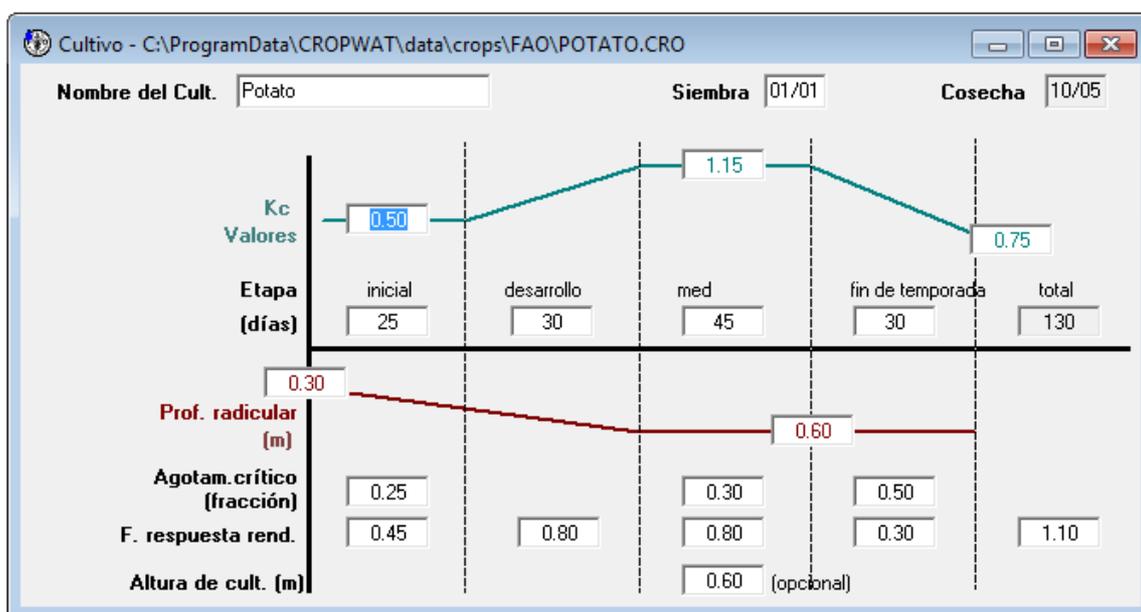


Tabla 1: Coeficiente de las papas

Fuente: CROPWAT

2.9 Cálculo de las necesidades de agua en el cultivo

Para calcular las necesidades de agua que va a requerir el cultivo de papas en el sistema de riego se va a utilizar el software CROPWAT 8.0 de la FAO (Food and Agriculture Organization) conocida en español como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. Con este software se determinara la evapotranspiración (ET) del cultivo que se va a generar en la hacienda San Antonio. El método que utiliza el software para calcular la evapotranspiración es Penman-Monteith necesario para estimar las necesidades de agua en los cultivos y el calendario de riego.

Los datos que el software necesita para realizar los cálculos son los siguientes:

- Temperatura diaria máxima y mínima en grados °C obtenidos de los anuarios meteorológicos del INAMHI que se presentan en los anexos.
- La altura sobre el nivel del mar en metros, así como la latitud y longitud del proyecto debido a que necesita el factor ET_0 para su cálculo.
- La humedad relativa (%) obtenida del INAMHI.
- La heliofanía efectiva mensual en horas, obtenida desde los datos del INAMHI.
- La velocidad del viento diaria (promedio) en metros sobre segundo.
- La precipitación efectiva de la zona en milímetros de lluvia obtenida desde los datos del INAMHI.
- El tipo de cultivo y los factores para el cultivo (K_c).
- Las fechas de inicio de la siembra en el cultivo de papas.
- Tipo de suelo.
- Eficiencia en el sistema de riego.

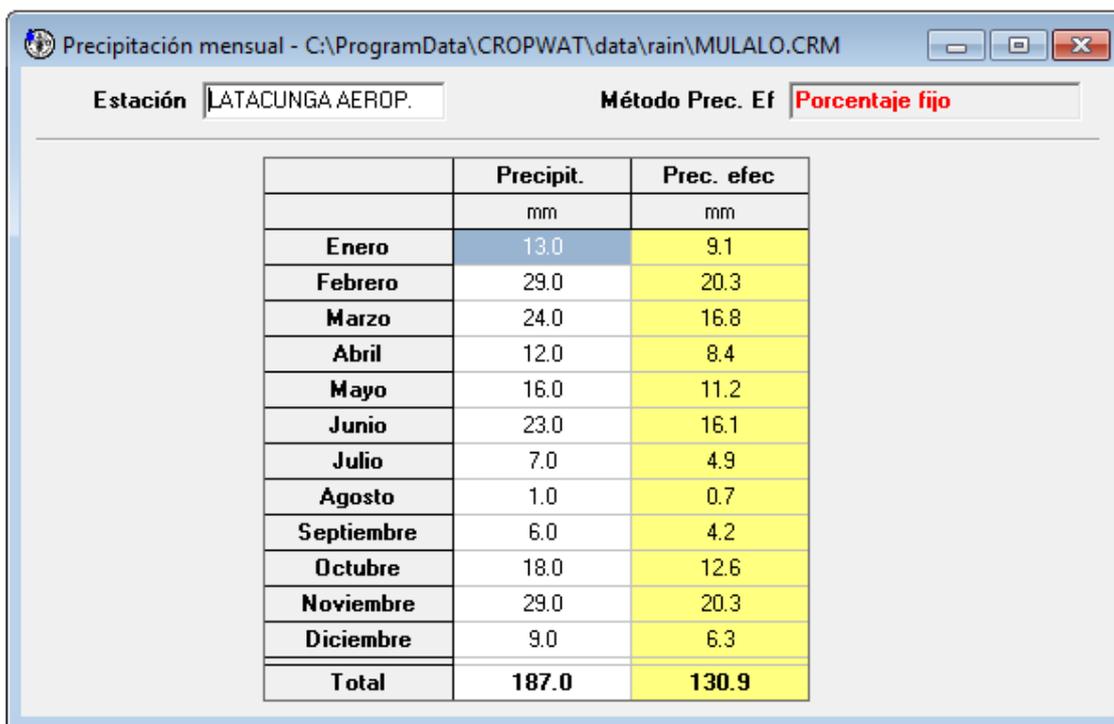
Con los datos obtenidos para el cálculo, se ejecutara el programa CROPWAT 8.0 obteniendo el resultado de los caudales que necesitará el cultivo para la siembra y cosecha. Los resultados que se obtuvo al ejecutar el programa se encuentran adjuntos en la siguientes tablas y el caudal se presenta en unidades litros por segundo por hectárea.

En la siguiente tabla se muestra algunos requerimientos del cultivo.

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	5.4	16.2	62	259	5.8	17.7	3.48
Febrero	3.4	17.2	85	432	6.0	18.7	2.92
Marzo	8.3	20.0	91	605	5.7	18.4	2.81
Abril	8.3	21.0	60	173	5.5	17.6	3.74
Mayo	10.6	17.3	73	86	6.0	17.4	3.05
Junio	10.9	16.8	83	173	6.2	17.1	2.81
Julio	11.6	17.5	58	259	6.0	17.0	3.69
Agosto	10.5	18.2	90	432	6.0	17.9	2.69
Septiembre	11.3	18.7	60	432	5.9	18.4	4.30
Octubre	13.1	19.8	74	691	5.8	18.3	3.94
Noviembre	10.4	18.2	81	605	5.3	17.0	3.12
Diciembre	9.7	18.7	92	778	5.0	16.3	2.36
Promedio	9.5	18.3	76	410	5.8	17.7	3.24

Tabla 2: Parámetros climáticos

Fuente: CROPWAT



	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	13.0	9.1
Febrero	29.0	20.3
Marzo	24.0	16.8
Abril	12.0	8.4
Mayo	16.0	11.2
Junio	23.0	16.1
Julio	7.0	4.9
Agosto	1.0	0.7
Septiembre	6.0	4.2
Octubre	18.0	12.6
Noviembre	29.0	20.3
Diciembre	9.0	6.3
Total	187.0	130.9

Tabla 3: Precipitación anual

Fuente: INAMHI

El diseño del sistema de tubería se lo realizará con el máximo caudal distribuido por el sistema de riego para la hacienda San Antonio aprovechando el caudal máximo otorgado para la hacienda.

Las papas o patatas que va a ser la hortaliza a cosechar con el sistema de riego por aspersión, conocida por su nombre científico como *Solanum Tuberosum*, es de gran importancia a nivel mundial. Es de tal importancia que la FAO en el 2008 la nombro como el año internacional de la papa. Esta hortaliza inicia su brote de forma lenta a 5°C y de forma acelerada a 15°C. Durante el desarrollo del cultivo se necesita de temperaturas que oscilen entre 20 y 25°C, de igual manera una temperatura mayor de 37°C afecta el cultivo. Bajo condiciones óptimas se puede obtener un rendimiento de 900 Kg/ha/día.

Suelo - C:\ProgramData\CROPWAT\data\soils\FAO\MEDIUM.SOI

Nombre del suelo: Medium (loam)

Datos generales de suelo:

- Humedad de suelo disponible total (CC-PMP): 290.0 mm/metro
- Tasa maxima de infiltración de la precipitación: 40 mm/día
- Profundidad radicular máxima: 900 centímetros
- Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT): 0 %
- Humedad de suelo inicialmente disponible: 290.0 mm/metro

Tabla 4: Datos del suelo
Fuente: CROPWAT

La programación del cultivo que calcula el programa para las necesidades de agua se encuentra cada 6 días. Empezando como fecha de referencia en Enero

Programación de riego de cultivo

ETo estación: LATACUNGA AEROPUI Cultivo: Potato Siembra: 01/01 Red. Rend.: 0.0 %

Est. de lluvia: LATACUNGA AEROP. Suelo: Medium (loam) Cosecha: 10/05

Formato de Tabla:
 Program. de riego
 Bal. diario de agua de suelo

Momento: Regar a intervalo fijo por etapa
 Aplicación: Reponer a capacidad de campo
 Ef. campo: 70 %

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
6 Ene	6	Ini	0.0	1.00	100	8	8.0	0.0	0.0	11.4	0.22
12 Ene	12	Ini	0.0	1.00	100	10	10.2	0.0	0.0	14.5	0.28
18 Ene	18	Ini	0.0	1.00	100	8	9.2	0.0	0.0	13.1	0.25
24 Ene	24	Ini	0.0	1.00	100	7	8.3	0.0	0.0	11.9	0.23
30 Ene	30	Des	0.0	1.00	100	6	8.4	0.0	0.0	12.0	0.23
5 Feb	36	Des	0.0	1.00	100	7	9.8	0.0	0.0	14.0	0.27
11 Feb	42	Des	0.0	1.00	100	8	12.7	0.0	0.0	18.2	0.35
17 Feb	48	Des	5.3	1.00	100	6	9.7	0.0	0.0	13.9	0.27
23 Feb	54	Des	4.9	1.00	100	9	14.7	0.0	0.0	21.0	0.40
1 Mar	60	Med	0.0	1.00	100	9	16.2	0.0	0.0	23.1	0.45
7 Mar	66	Med	4.4	1.00	100	7	12.8	0.0	0.0	18.3	0.35
13 Mar	72	Med	4.2	1.00	100	9	16.2	0.0	0.0	23.2	0.45
19 Mar	78	Med	0.0	1.00	100	9	16.0	0.0	0.0	22.8	0.44
25 Mar	84	Med	0.0	1.00	100	11	18.8	0.0	0.0	26.9	0.52
31 Mar	90	Med	0.0	1.00	100	11	19.3	0.0	0.0	27.5	0.53
6 Abr	96	Med	0.0	1.00	100	14	24.0	0.0	0.0	34.4	0.66

6 Abr	96	Med	0.0	1.00	100	14	24.0	0.0	0.0	34.4	0.66
12 Abr	102	Fin	0.0	1.00	100	15	26.7	0.0	0.0	38.1	0.74
18 Abr	108	Fin	0.0	1.00	100	15	25.4	0.0	0.0	36.3	0.70
24 Abr	114	Fin	0.0	1.00	100	12	21.2	0.0	0.0	30.3	0.58
30 Abr	120	Fin	0.0	1.00	100	11	19.3	0.0	0.0	27.6	0.53
6 May	126	Fin	0.0	1.00	100	8	13.4	0.0	0.0	19.1	0.37
10 May	Fin	Fin	0.0	1.00	0	5					

Tabla 5: Programación de riego

Fuente: CROPWAT

2.10 Parámetros de diseño

En las tuberías se debe tomar en cuenta algunas generalidades:

- a) La velocidad mínima será tomada de acuerdo a los materiales pero en ningún caso debe ser menor de 0.6 m/s.
- b) La velocidad máxima dependerá también del material y certificaciones INEN de los fabricantes:
 - Tubos de concreto, asbesto y cemento.....3 m/s
 - Acero.....5 m/s
 - PVC.....9 m/s
- c) Para el cálculo de tuberías se usa la formula de Manning con el coeficiente de rugosidad que va de 0.06 a 0.010 cuando el conducto trabaje como canal.
- d) Para el cálculo de tuberías que trabajen a presión se usa la fórmula de Hazen y Williams con los siguientes coeficientes.
 - Acero.....130
 - Plástico PVC.....140

3. Capítulo 3 : Riego por goteo

Este sistema de riego es un método utilizado en las zonas áridas que permite la optimización del agua, distribuyéndola de forma controlada; esta distribución se suministra a través de tuberías y mangueras de presión tratando de aprovechar al máximo las pendientes del terreno. Si el terreno no posee una pendiente beneficiosa para el diseño se utiliza un sistema de bombeo que transporte el agua a las zonas de las raíces de las plantas regando en zonas localizadas. Este sistema se utiliza generalmente en cultivos delicados, logrando que el agua se infiltre en las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores o goteros (León, Valarezo, 2015).

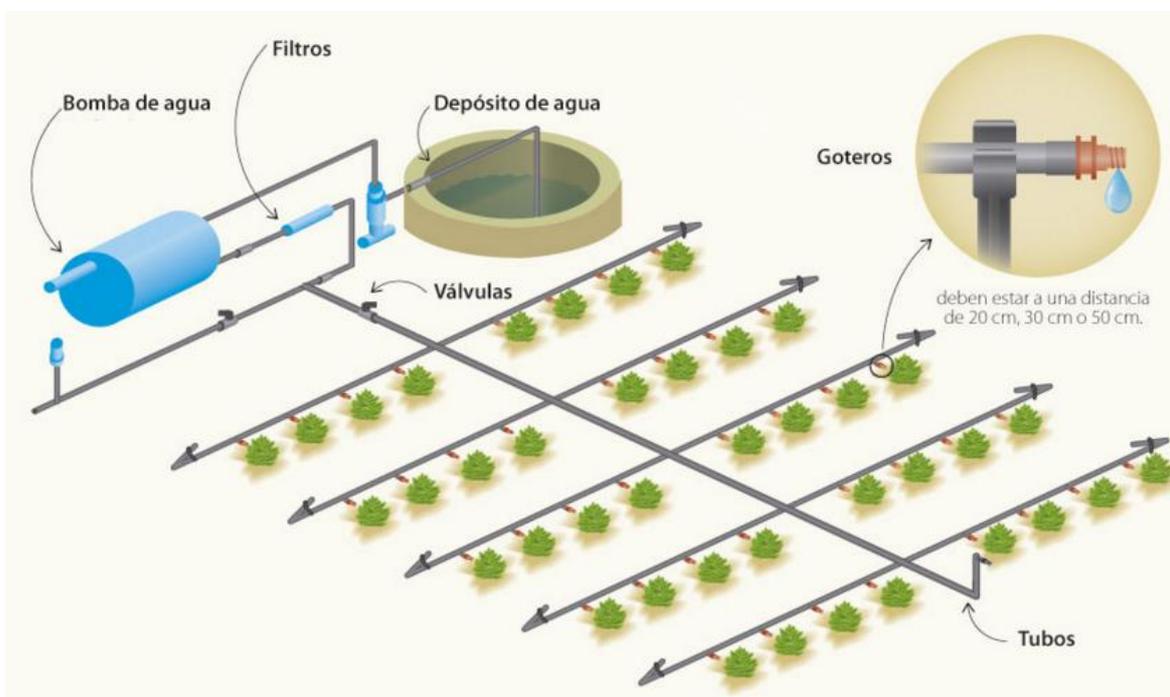


Figura 8: Riego por goteo
Elaborado por: horticultura.com

3.1 Características del riego por goteo

La principal característica del riego por goteo es que es un sistema económico, esto debido a que el manejo del agua es controlada ya que es para un grupo de cultivos específicos y no para la cobertura total del terreno. La forma de aplicación del riego es de forma directa al cultivo, el agua se infiltra en el terreno, no se riega todo el suelo, sino solo la parte que administra el gotero, es decir humedece el sistema radicular de la planta.

Otra de las características importantes del sistema es que utiliza caudales a baja presión, por lo cual las zonas agrícolas pueden obtener sus fuentes de agua, de zonas subterráneas y del agua lluvia. Debido a que la presión en los goteros es baja, el diámetro de las tuberías que se debe instalar también es menor, comparado al de otros sistemas de riego. También ya que se un sistema controlado se puede aplicar la cantidad de agua según las necesidades de cada cultivo y con esto evitar que exista una evaporación excesiva.

Con respecto al fertilizante, se puede inyectar la dosificación directamente a las tuberías o en el sistema de bombeo. La utilización de abonos tradicionales es prácticamente ineficaz en este sistema de riego, por lo cual se utiliza abono líquido o pesticidas en el agua de riego.

3.2 Ventajas y desventajas del sistema de riego por goteo

El sistema de riego presenta algunas ventajas desde los aspectos agrónomos, ambientales, técnicos y económicos para un uso eficiente del agua.

- Permite un sistema de riego sin la necesidad de un sistema de bombeo y de un sistema de automatización costoso.

- Puede trabajar en conjunto con el riego a gravedad si las pendientes del terreno son adecuadas.
- Facilita el riego en terrenos de difícil cultivo donde se complica la instalación de otros sistemas de riego.
- Permite el cultivo en plantaciones específicas que pueden ser muy delicadas para ser regadas por otro tipo de sistemas de riego manteniendo una humedad constante en el suelo.
- Sus costos de funcionamiento son económicos, más baratos que otros sistemas de riego y con mayor ahorro de agua.
- Existe la posibilidad de combinar este sistema con un sistema de micro aspersión para incorporar al cultivo un mecanismo de defensa contra bajas temperaturas. Esto es de gran importancia para zonas de temperatura muy bajas para prevenir pérdidas de cultivos.

Al igual que otros sistemas de riego, el sistema de riego por goteo presenta algunos inconvenientes y desventajas.

- La instalación del sistema de riego es más costosa comparada al de otros sistemas de riego y si se presenta cambios en el diseño después de instalado deben ser mínimos debido a que altera el diseño y lo vuelve aún más costoso.
- El sistema no puede tener interrupciones de ningún tipo, sea eléctrica, de combustible o por carencia de agua, debido a que es un sistema de uso continuo, es decir, que no debe detenerse.
- Puede presentarse una alta concentración de sales alrededor de las zonas regadas, debido a que no existe un lavado del suelo como con otros sistemas de riego.

- En ocasiones puede existir obstrucción en los goteros debido a sustancias extrañas, la más común es la acumulación de cal por aguas calizas.

3.3 Elementos principales del sistema de riego por goteo

Los principales elementos con los que cuenta este sistema de riego son los siguientes:

- Bomba de agua: es la que se encarga de transportar el agua por toda la cinta de riego mediante presión. La bomba de agua para el diseño dependerá del número de plantas en el cultivo.
- Sistema de inyección de químicos: también es conocido como equipo de fertirrigación ya que permite aplicar fertilizantes al mismo tiempo con el agua.
- Emisores o goteros: son los dispositivos insertados en las tuberías encargados de verter agua al suelo.
- Válvulas: son las encargadas de la regulación y control del flujo de agua y cumplen diferentes funciones dependiendo su uso. En el sistema de riego por cultivo se tiene válvula de pie, retención, seguridad o alivio de presiones, descarga o drenaje.
- Red de tuberías: las tuberías mayormente utilizadas son tuberías de PVC y plástico de polietileno que cuentan con diámetros que van desde 12 mm hasta 90 mm. también poseen características como presión mínima de ruptura y presión máxima de trabajo.

3.4 Automatización de los sistemas de riego por goteo

El sistema de riego por goteo cuenta con dos grandes grupos de clasificación; sistema por riego desplazable y sistema de riego por capilaridad.

3.4.1 Sistema de riego por goteo desplazable

Este tipo de sistema de riego utiliza una tubería de polietileno impulsado por una bomba de 18 caballos de fuerza y en cada extremo de las tuberías cuenta con un triciclo con brazos transversales que transporta el agua por el cultivo.

De las características más importantes del sistema es la de una irrigación controlada economizando agua y energía por su bajo caudal y presión. También su sistema de irrigación no riega las hojas del cultivo sino las raíces, de esta manera se evitan el crecimiento de plagas como los hongos.

3.4.2 Sistema de riego por capilaridad

Este sistema de riego por goteo se utiliza principalmente en regiones con suelos arenosos o muy áridos. La textura del suelo determina la distribución vertical y horizontal del agua, para suelos arenosos (textura gruesa) lo más común es extenderse verticalmente, mientras que para suelos arcillosos (textura fina) se extiende horizontalmente. La manera correcta de irrigación es la de regar tan lento como permita el sistema y el cultivo, a razón de 1 – 4 litros por hora.

3.5 Cálculo del sistema de riego por goteo

Para el cálculo del sistema de riego por cultivo se lo divide en dos fases diferentes; el sistema operativo y el sistema hidráulico.

3.5.1 Parámetros hidráulicos del diseño

El diseño del sistema de riego por goteo cuenta con el movimiento del agua a través de las tuberías y de diferentes componentes del sistema, para ello se necesita del conocimiento de algunos conceptos básicos en la hidráulica del riego.

- **Caudal de flujo**

El caudal de flujo, expresado comúnmente con la letra Q, tiene como definición el área de la sección del flujo multiplicado por el volumen del flujo. Es decir, es la cantidad del fluido que circula a través de una sección de tubería por unidad de tiempo.

La expresión que define el caudal es la siguiente:

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 = A_3 \times V_3$$

$$Q = A_n \times V_n$$

Donde:

Q: Caudal del tramo en m³/s

A: Área de la sección en m²

V: Velocidad del flujo en m/s

El caudal para el caso del diseño en las tuberías se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = v A = v \frac{D^2}{4}$$

Donde:

Q: Caudal de la tubería en m³/s

A: Área de la tubería en m²

3.5.2 Flujos hídricos en las tuberías

Los flujos hídricos en las tuberías se producen debido que existen fuerzas internas de fricción que actúan tangencialmente a las velocidades que se presentan entre dos partículas en movimiento, a este fenómeno se lo conoce como gradiente de velocidad. Las fuerzas de fricción mencionadas previamente

tienden a rotar entre las partículas de movimiento, pero al mismo tiempo la viscosidad trata de impedir la rotación.

Para analizar el fluido y poder caracterizar su movimiento existe un parámetro llamado número de Reynolds, que analiza el comportamiento de las partículas del fluido según su densidad, velocidad, viscosidad y el diámetro de la tubería en la que se mueve el fluido.

La expresión que define el número de Reynolds es la siguiente:

$$Re = \frac{\text{fuerzas inerciales}}{\text{fuerzas viscosas}} = \frac{V \times D \times \rho}{\mu}$$

Donde:

Re: Número de Reynolds

V: Velocidad del flujo en m/s

D: Diámetro de la tubería en m

ρ : Densidad del fluido en UTM/m³

μ : Viscosidad absoluta en Kg-s/m²

El número de Reynolds es adimensional y dependiendo de su valor clasifica el estado del flujo en laminar o flujo turbulento.

a) **Flujo laminar**

Este estado de flujo se caracteriza por tener un movimiento ordenado, suave y que sus partículas se mueven en trayectorias uniformes. El perfil de velocidad tiene forma de parábola, donde se puede encontrar su velocidad máxima en el eje del tubo y sus velocidades mínimas en los extremos de la tubería. El flujo se definirá laminar si $Re < 2000$.

El factor de fricción para este régimen se lo encuentra bajo la siguiente fórmula:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Donde:

f: Factor de fricción

Re: Número de Reynolds

b) Flujo turbulento

Este estado de flujo se caracteriza por tener un movimiento caótico de las partículas que se mueven formando trayectoria de remolinos. El flujo ocurre cuando el fluido presenta velocidades muy altas y sus fuerzas viscosas son bajas. El flujo se definirá turbulento si $Re > 4000$.

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})]^2}$$

Donde:

ε : Coeficiente de rugosidad

D: Diámetro de la tubería

Re: Número de Reynolds

c) Flujo transicional o crítico

Este estado de flujo es el paso del flujo laminar al flujo turbulento y se caracteriza por tener un movimiento en el que las partículas se mueven formando una trayectoria con ondulaciones u ondas. Se presenta cuando el fluido empieza a convertirse en inestable.

El flujo se definirá transicional cuando $2000 < Re < 4000$

3.5.3 Pérdida de carga hidráulica

La pérdida de la carga hidráulica es la pérdida de presión de un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y además contra el choque de las tuberías que contiene el fluido. Las pérdidas de carga hidráulica se calculan con varias ecuaciones como la de Darcy – Weisbach, Hazen-Williams y Manning. Se tiene dos clases de pérdidas; primarias y secundarias.

La fórmula de Darcy – Weisbach es:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga debido a la fricción en m

f: Coeficiente adimensional

L: Longitud de la tubería en m.

D: Diámetro de la tubería en m.

V: Velocidad del fluido en m/s.

g: Aceleración de la gravedad en m/s^2

La fórmula de Hazen-Williams utilizada especialmente para tuberías de fundición y acero es:

$$h_f = 10.674 \times \frac{L \times Q^{1.852}}{(C^{1.852}) \times (D^{4.869})}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga debido a la fricción en m

C: Coeficiente que depende del material.

L: Longitud de la tubería en m.

D: Diámetro de la tubería en m.

Q: Caudal del tramo en m³/s

Material	C
Asbesto cemento	140
Concreto	120 – 140
Plástico (PE, PVC)	140 – 150
Tubería lisa nueva	140
Hierro galvanizado	120
Acero	130

Tabla 6: Coeficiente de Hazen – Williams para algunos materiales

Fuente: Canales, A. (2010). Automatización y telecontrol de sistemas de riego

La fórmula de Manning es:

$$hf = \frac{10.3 \times n^2 \times Q^2 \times L}{D^{5.33}}$$

Donde:

Hf: Perdida de carga debido a la fricción en m

n: Coeficiente de rugosidad.

L: Longitud de la tubería en m.

D: Diámetro de la tubería en m.

Q: Caudal del tramo en m³/s

Material	N
Fundición	0.012 – 0.015
Acero	0.010 – 0.011
Plástico (PE, PVC)	0.006 – 0.010
Hierro galvanizado	0.015 – 0.017
Hormigón	0.012 – 0.017

Tabla 7: Coeficiente de Manning para algunos materiales

Fuente: Canales, A. (2010). Automatización y telecontrol de sistemas de riego

Existe también otro tipo de cargas por rozamientos llamadas cargas en singularidades que se producen en las tuberías, codos, válvulas, por un cambio de dirección en el flujo, obstrucción del flujo y que se deben principalmente a fenómenos de turbulencia.

La expresión de carga en singularidades es:

$$h_s = K \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

hs: Pérdida de carga en m.

C: Coeficiente.

V: Velocidad del flujo en m/s.

g: Aceleración de la gravedad en m/s^2

Material	K
Codo a 90° radio corto	0.90
Codo a 90° radio normal	0.75
Codo a 45° radio corto	0.45
Codo a 45° radio normal	0.40
Válvula de seguridad	2.5
Válvula de retención	2.0
T por salida lateral	1.80
Acero	130

Tabla 8: Coeficiente en pérdidas de cargas en singularidades para algunos materiales

Fuente: Canales, A. (2010). Automatización y telecontrol de sistemas de riego

3.5.4 Caudal total del sistema de riego

Para obtener la cantidad total de flujo en el sistema de riego se necesita obtener la cantidad de caudal en cada sección, dependiendo de la geometría del diseño.

a. Caudal total absorbido por los emisores

$$Q_{TAG} = Q_g \times N_r \times N_g$$

Donde:

Q_g : Caudal de entrega del gotero en l/h.

N_r : Número de líneas de gotero o regantes operando.

N_g : Número de goteros por regante operando.

b. Caudal para la línea principal

$$Q_{principal} = Q.E.B = N^{\circ}s \times Q_s$$

Donde:

Q.E.B: Caudal de equipo de bombeo en l/h.

$N^{\circ}s$: Número de líneas secundarias

Q_s : Caudal líneas secundarias en l/h.

c. Caudal para líneas secundarias

Para el cálculo se determina la línea secundaria

$$Q_{secundaria} = N^{\circ}r \times Q_r$$

Donde:

$N^{\circ}r$: Número regantes por línea secundaria en l/h.

Q_r : Caudal regante en l/h

d. Caudal para líneas regantes

Para el cálculo se determina la línea regante mas larga

$$Q_{regante} = N^{\circ}e \times Q_e$$

Donde:

N° e: Número de emisores por regante.

Q_e : Caudal entregado por el emisor en l/h.

El caudal total para el sistema de riego va a ser la sumatoria de los caudales secundarios:

$$Q_{Tot.} = Q.T.A.G. + Q.principal + Q.secundaria + Q.regante$$

3.5.5 Geometría de las tuberías del sistema

La geometría que se puede utilizar en el sistema de riego en goteo son tres; en serio, paralelo y ramificadas, las cuales se determinan según el terreno.

a. Tuberías en serie

Este tipo de tuberías se caracteriza por contar con diferentes diámetros de tuberías y rugosidad conectadas entre sí, de modo que el caudal circula primero por una tubería y luego por otra. El caudal en este caso va a ser el mismo para la primera tubería así como para la última.

$$Q_i = Q_1 = Q_n = Q_f$$

Donde:

Q_i : Caudal inicial del sistema en m/s.

Q_1, Q_n : Caudal de cada tubería en m/s

Q_f : Caudal final del sistema en m/s

Las pérdidas de carga en el sistema de tuberías en serie son la suma de cada una de las pérdidas por fricción en cada tubería.

$$H_{ft} = H_{f1} + H_{f2} + H_{fn}$$

Donde:

Hft: Pérdida de carga total

Hf1, Hf2, Hfn: Pérdida de carga en cada tubería

b. Tuberías en paralelo

Este tipo de sistema se caracteriza por tener dos o más tuberías conectadas desde el mismo punto y que se vuelven a unir en otro punto aguas abajo. El caudal inicial del sistema es igual al caudal final del sistema y este a su vez es la sumatoria de todos los caudales en cada tubería.

$$Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_n = Q_f$$

Donde:

Qi : Caudal inicial del sistema en m/s.

Q1, Q2, Qn : Caudal de cada tubería en m/s

Qf: Caudal final del sistema en m/s

En cambio las pérdidas de carga por fricción en las tuberías en paralelo es igual a la suma de cada pérdida en cada una de las tuberías.

$$H_{ft} = H_{f1} = H_{f2} = H_{fn}$$

Donde:

Hft: Pérdida de carga total

Hf1, Hf2, Hfn: Pérdida de carga en cada tubería

En general un sistema de riego se divide en sistema de tuberías principal, tuberías secundarias y tuberías regantes.

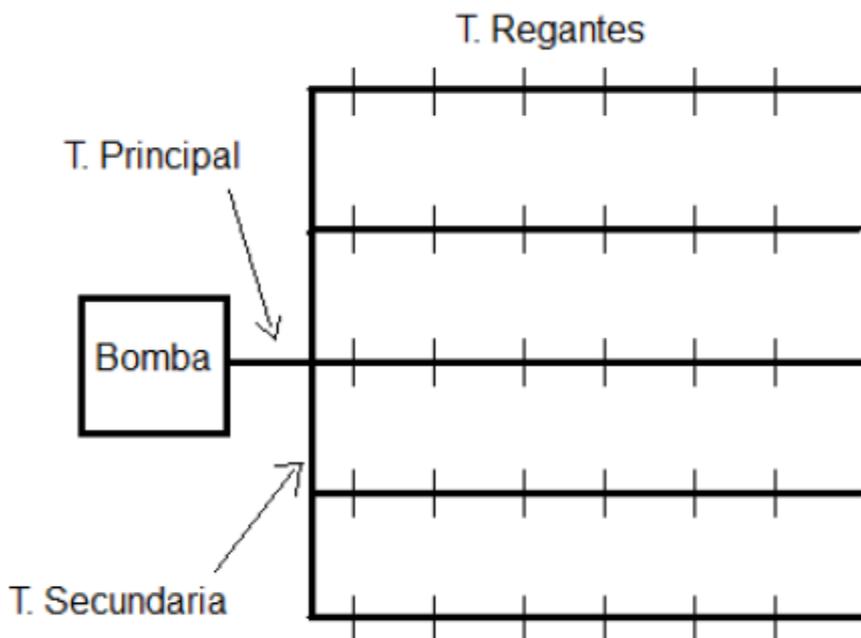


Figura 9: Geometría general de un sistema de riego por goteo

Elaborado por: Juan Saud

3.5.6 Datos técnicos del diseño

Para completar el diseño del sistema de riego se necesita de algunos aspectos.

a. Impulso hidráulico requerido

Es la fuerza o presión requerida para que el sistema funcione. Es el equivalente a la suma del valor de las pérdidas por carga de las tuberías principales, secundarias, regantes y la pérdida de carga localizada. Este valor tan importante para el diseño depende del caudal y si ecuación es la siguiente:

$$PR = \frac{Qt \times Pt \times 1000 \times 9.8}{\eta \times 740}$$

Donde:

PR: Presión requerida en HP

Qt: Caudal total en litros/hora

Pt: Presión total en metros/columna de agua

η : Rendimiento por efectos de transmisión de potencia

b. Consumo

$$UC = Kc \times Evt$$

Donde:

UC: Consumo

Kc: Coeficiente del cultivo

Evt: Evotranspiración en mm/día

c. Lámina neta

La lamina neta de aplicación de agua es la cantidad de agua que debe ser aplicada durante el riego con el fin de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración.

$$LN = \frac{Cc - P.M.P}{100 \times Da \times Cr \times Pr \times 1000}$$

Donde:

LN: Es la lamina neta en mm

Cc: Capacidad del campo en %

PMP: Punto de marchitez permanente en mm/día

Da: Densidad aparente en gr/cc

Cr: Criterios de riego

Pr: Profundidad de las raices

d. Requerimiento de riego

El agua que se debe suministrar a través del sistema de riego para asegurar que los cultivos reciban toda el agua que necesitan (sin incluir las pérdidas durante la aplicación del agua)

$$RB = \frac{UC}{\eta}$$

Donde:

RB: Capacidad del campo en mm/días

η : De 0 a 1 en mm/día

e. Tasa de aplicación de agua para goteros

$$TAAG = \frac{Qg}{Di \times Dg}$$

Donde:

TAAG: Es la tasa de aplicación de agua en los goteros en mm/hora

Qg: Caudal de entrega del gotero en l/h.

Di: Distancia entre líneas de goteros o laterales en m.

Dg: Distancia entre goteros en m.

f. Tiempo de aplicación de agua para goteros

$$TAAR = \frac{LN}{TAAG}$$

Donde:

TAAR: Es el tiempo de aplicación de agua en los goteros en horas.

LN: Lámina neta en mm.

TAAG: Es la tasa de aplicación de agua en los goteros en mm/hora

3.5.7 Especificaciones de la Bomba

En la selección de nuestro equipo de presión indagamos en varias empresas nacionales. La empresa que se destaco es Agroconsultores.

La electrobomba de alta presión en hierro con motor eléctrico posee las siguientes características:

- Bomba de 12.5 HP con capacidad de caudal de 300 gpm. (Galones por minuto).
- Cuerpo de la bomba en hierro fundido
- Succión y descarga de 4" x 4"
- Presión de 50 PSI



Figura 10: Electrobomba

Fuente: Agroconsultores

3.5.8 Resultados del diseño

La conducción del sistema de riego por goteo será mediante tuberías de PVC de 110 mm y el ingreso a los bloques de rosas con tuberías de 90 mm con sus respectivas válvulas de control.

El sistema contará con conducción de agua cruda con tuberías de polietileno de 50 mm con sus respectivos acoples rápidos y duchas con mangueras de caucho de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

En los cabezales de riego contará con válvulas eléctricas de 1 $\frac{1}{2}$ pulgadas para el caso de una posible automatización y tapones de limpieza.

Las cintas de goteo serán de 16 mm con emisores cada 20 cm.

3.6 Cálculo de las necesidades de agua en el cultivo

Como se redactó con anterioridad el coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que van creciendo, desde la siembra hasta la cosecha.

Para determinar el coeficiente el ciclo de cultivo se divide en 4 fases:

- Fase de inicio: Desde la siembra hasta aproximadamente el 10% de cobertura total de la siembra.
- Fase de desarrollo: Desde el 10% y durante el crecimiento de la planta.
- Fase de mediados: Desde el 70% al 80% de cobertura máxima del cultivo.
- Fase Final: Desde la madurez hasta la recolección del cultivo.

Para el caso del cultivo de rosas se tiene un K_c inicial de 0.35, un K_c medio de 1.15 y un K_c final de 0.35 (Araque, 2015).

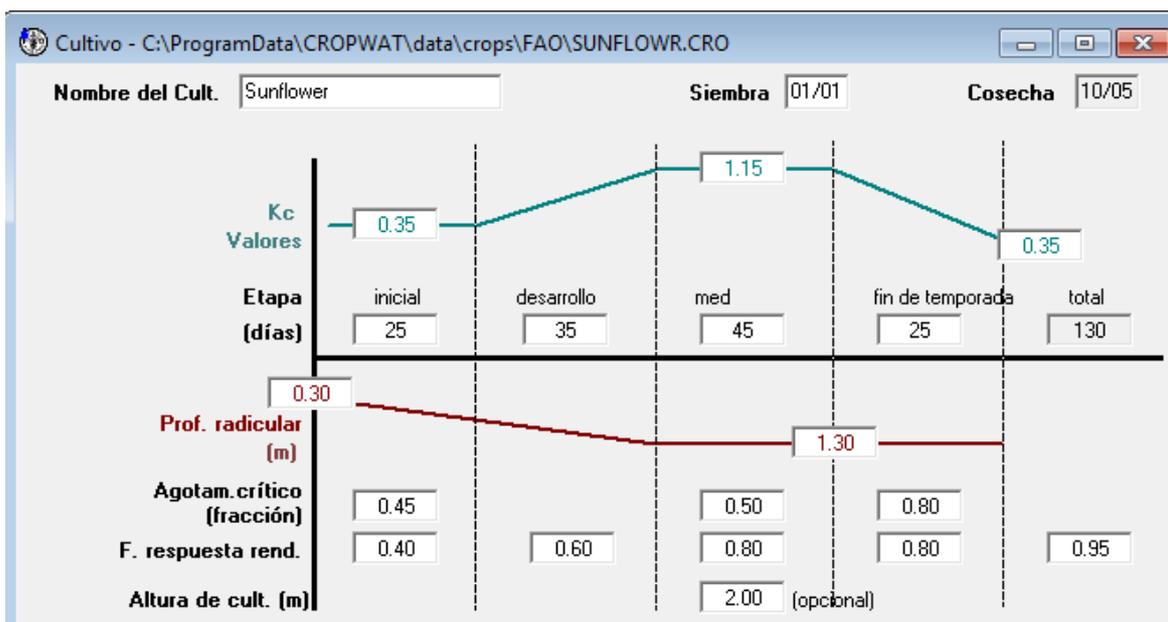


Tabla 9: Coeficiente de las flores

Fuente: CROPWAT

En la siguiente tabla se muestra algunos requerimientos del cultivo.

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	5.4	16.2	62	259	5.8	17.7	3.48
Febrero	3.4	17.2	85	432	6.0	18.7	2.92
Marzo	8.3	20.0	91	605	5.7	18.4	2.81
Abril	8.3	21.0	60	173	5.5	17.6	3.74
Mayo	10.6	17.3	73	86	6.0	17.4	3.05
Junio	10.9	16.8	83	173	6.2	17.1	2.81
Julio	11.6	17.5	58	259	6.0	17.0	3.69
Agosto	10.5	18.2	90	432	6.0	17.9	2.69
Septiembre	11.3	18.7	60	432	5.9	18.4	4.30
Octubre	13.1	19.8	74	691	5.8	18.3	3.94
Noviembre	10.4	18.2	81	605	5.3	17.0	3.12
Diciembre	9.7	18.7	92	778	5.0	16.3	2.36
Promedio	9.5	18.3	76	410	5.8	17.7	3.24

Tabla 10: Parámetros climáticos

Fuente: CROPWAT

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	13.0	9.1
Febrero	29.0	20.3
Marzo	24.0	16.8
Abril	12.0	8.4
Mayo	16.0	11.2
Junio	23.0	16.1
Julio	7.0	4.9
Agosto	1.0	0.7
Septiembre	6.0	4.2
Octubre	18.0	12.6
Noviembre	29.0	20.3
Diciembre	9.0	6.3
Total	187.0	130.9

Tabla 11: Precipitación anual

Fuente: INAMHI

Nombre del suelo Medium (loam)

Datos generales de suelo

Humedad de suelo disponible total (CC-PMP) 290.0 mm/metro

Tasa maxima de infiltración de la precipitación 40 mm/día

Profundidad radicular máxima 900 centímetros

Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT) 0 %

Humedad de suelo inicialmente disponible 290.0 mm/metro

Tabla 12: Datos del suelo

Fuente: CROPWAT

La programación del cultivo que calcula el programa para las necesidades de agua se encuentra cada 6 días. Empezando como fecha de referencia en Enero

Programación de riego de cultivo

ETo estación: LATACUNGA AEROPUI Cultivo: Sunflower Siembra: 01/01 Red. Rend.: 0.0 %
 Est. de lluvia: LATACUNGA AEROP. Suelo: Medium (loam) Cosecha: 10/05

Formato de Tabla:
 Program. de riego Momento: Regar a intervalo fijo por etapa
 Bal. diario de agua de suelo Aplicación: Reponer a capacidad de campo
 Ef. campo: 70 %

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
6 Ene	6	Ini	0.0	1.00	100	4	5.0	0.0	0.0	7.2	0.14
12 Ene	12	Ini	0.0	1.00	100	5	7.1	0.0	0.0	10.2	0.20
18 Ene	18	Ini	0.0	1.00	100	3	5.8	0.0	0.0	8.3	0.16
24 Ene	24	Ini	0.0	1.00	100	3	5.2	0.0	0.0	7.4	0.14
30 Ene	30	Des	0.0	1.00	100	2	5.5	0.0	0.0	7.8	0.15
5 Feb	36	Des	0.0	1.00	100	3	7.2	0.0	0.0	10.3	0.20
11 Feb	42	Des	0.0	1.00	100	4	10.7	0.0	0.0	15.3	0.30
17 Feb	48	Des	5.3	1.00	100	3	8.0	0.0	0.0	11.4	0.22
23 Feb	54	Des	4.9	1.00	100	4	13.0	0.0	0.0	18.6	0.36
1 Mar	60	Des	0.0	1.00	100	4	15.2	0.0	0.0	21.6	0.42
7 Mar	66	Med	4.4	1.00	100	3	13.2	0.0	0.0	18.8	0.36
13 Mar	72	Med	4.2	1.00	100	4	16.7	0.0	0.0	23.8	0.46
19 Mar	78	Med	0.0	1.00	100	4	16.4	0.0	0.0	23.4	0.45
25 Mar	84	Med	0.0	1.00	100	5	19.3	0.0	0.0	27.5	0.53
31 Mar	90	Med	0.0	1.00	100	5	19.7	0.0	0.0	28.2	0.54
6 Abr	96	Med	0.0	1.00	100	7	24.6	0.0	0.0	35.1	0.68
12 Abr	102	Med	0.0	1.00	100	7	27.5	0.0	0.0	39.3	0.76
18 Abr	108	Fin	0.0	1.00	100	7	26.9	0.0	0.0	38.5	0.74
24 Abr	114	Fin	0.0	1.00	100	5	20.4	0.0	0.0	29.1	0.56
30 Abr	120	Fin	0.0	1.00	100	5	17.2	0.0	0.0	24.6	0.48
6 May	126	Fin	0.0	1.00	100	2	7.7	0.0	0.0	11.0	0.21
10 May	Fin	Fin	0.0	1.00	0	1					

Tabla 13: Programación de riego

Fuente: CROPWAT

4. Capítulo 4: Evaluación de Impacto Ambiental

4.1 Introducción

Desde tiempos antiguos el agua para riego se ha utilizado con el fin de motivar, incentivar y aumentar la actividad agrícola en las regiones. La humanidad en los últimos tiempos ha progresado enormemente y esto ha provocado un aumento significativo en el consumo de recursos naturales muchas veces provocando una alteración significativa en el medio ambiente. Los tiempos en los que solo se necesitaba aumentar la actividad agrícola ha quedado en el pasado, ahora se necesita ser consciente con el medio ambiente para proteger los recursos naturales.

Debido al gran impacto ambiental que genera la industria de la construcción, nosotros como ingenieros civiles el poder desarrollar proyectos que tengan el menor impacto ambiental posible para de esta manera garantizar el progreso de una sociedad de manera que se logre con proyectos sustentables.

Entre los posibles factores que puede influir negativamente el impacto ambiental está la de la saturación de los suelos, así como salinización de los mismos provocando enfermedades en plantas y personas relacionadas con la transmisión del agua. Otros posibles efectos son aparición de plagas, enfermedades agrícolas, contaminación del agua subterránea como superficial.

4.2 Objetivos de evaluación en el impacto ambiental

El objetivo principal del estudio es el de evitar el deterioro del ambiente haciendo una evaluación del impacto ambiental derivado de la construcción del sistema de riego por aspersión y goteo para la hacienda San Antonio. Específicamente el estudio comprende:

- ✓ Aplicación preventiva de políticas ambientales.
- ✓ Revisión sobre las obras a realizar, ubicación y afectación al medio ambiente.
- ✓ Identificar los efectos positivos como negativos del impacto ambiental.
- ✓ Prevención de impactos ambientales negativos derivados de la acción humana.
- ✓ Establecer recomendaciones específicas para el manejo del sistema de riego.

4.3 Marco legal

Para poder definir el marco legal en este estudio ambiental se hace referencia a los aspectos jurídicos relacionados en este tipo de actividades.

De la Constitución Política de la República del Ecuador (2008).

- ✓ *El artículo 23*, reconoce, entre otros los siguientes derechos civiles: el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación; la inviolabilidad del domicilio; el derecho a transitar libremente por el territorio nacional y escoger su residencia; la libertad de empresa y la libertad de trabajo; la libertad de asociación; el derecho a una calidad de vida que asegure la salud, la alimentación y nutrición, agua potable, saneamiento ambiental, educación, trabajo empleo, recreación, vivienda y otros servicios sociales necesarios, el derecho de propiedad en los términos que señala la ley y, la seguridad jurídica.
- ✓ *En los artículos 30, 32 y 33* se consagran el derecho de las personas a la propiedad y a la vivienda y el derecho del Estado para expropiar bienes para fines de orden social.

- ✓ *En los artículos del 86 al 91 se establece que es deber del Estado garantizar a la población un medio ambiente sano. Se declara de interés público y se regulará conforme a la Ley: la preservación del medio ambiente, la preservación y recuperación ambiental y el sistema nacional de áreas naturales protegidas. Se consagra además la participación de la comunidad para toda decisión estatal que afecte al medio ambiente. Se señala que el Estado debe tomar medidas orientadas al uso de tecnologías limpias, a estímulos tributarios, a expedir normas ambientales. Se prohíbe la fabricación, tenencia y uso de armas químicas y desechos tóxicos. Se determina la responsabilidad por daños ambientales y se reconoce el derecho de las personas de emprender acciones para la protección ambiental.*

De la ley de gestión ambiental (Julio 1999).

- ✓ Para obtener los objetivos determinados en la Constitución Política que reconoce a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación; el interés público de la preservación del medioambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país; establece un sistema nacional de áreas naturales y protegidas y de esta manera garantiza un desarrollo sustentable, establece la normativa jurídica ambiental y la correspondiente estructura institucional adecuada.
- ✓ En la Ley de Gestión Ambiental se establece el ámbito y los principios de la Ley, el régimen institucional de la gestión ambiental: el desarrollo sustentable, la autoridad ambiental, el sistema descentralizado de gestión ambiental, la participación de las instituciones del estado. Determina los

instrumentos de Gestión Ambiental en los campos de: la planificación, la evaluación de impacto ambiental y el control ambiental, los mecanismos de participación social, los sistemas de capacitación y difusión. Determina los instrumentos de aplicación de las normas ambientales, establece el financiamiento para la ejecución de los programas de control y preservación ambiental; En este título se determina que las tasa por vertidos y otros cargos que fijen las municipalidades con fines de protección y conservación ambiental serán administradas por las mismas e invertidos en el mantenimiento y protección ecológica de la jurisdicción en que fueron generados.

- ✓ Determina además los sistemas de protección de los derechos ambientales, las acciones civiles, las acciones administrativas y contenciosas administrativas. Establece una reforma a la Ley de Régimen Municipal en la que determina que las municipalidades de acuerdo a su posibilidades financieras establecerán unidades de gestión ambiental que actuarán temporal o permanentemente y al final del artículo 213 de la Ley de Régimen Municipal determina que se agregue que: Los Municipios y Distritos Metropolitanos efectuarán su planificación siguiendo los principios de conservación, desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. De la misma manera reforma las Leyes de Régimen Provincial, de Hidrocarburos, de Minería, del sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, La Ley de Tierras Baldías y Colonización, el Código de la Salud, La Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y de Vida Silvestre.

- ✓ Las instituciones del estado con competencia ambiental forman parte del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental. Este sistema constituye el mecanismo de coordinación sectorial, integración y cooperación entre los distintos ámbitos de gestión ambiental y manejo de recursos naturales; subordinado a las disposiciones técnicas de la autoridad ambiental.
- ✓ Establece además un glosario de definiciones para la correcta interpretación y aplicación de la Ley.

De la ley de aguas (Mayo de 1972, enero de 1973, octubre de 1994).

- ✓ Determina que las aguas de los ríos, lagos, lagunas, manantiales que nacen y mueren en una misma heredad, nevados, caídas naturales y otras fuentes y las subterráneas afloradas o no, son bienes nacionales de uso público, están fuera del comercio y su dominio es inalienable e imprescriptible; no son susceptibles de posesión, accesión o cualquier otro modo de apropiación. Determina además que son obras de carácter nacional la conservación, preservación e incremento de los recursos hidrológicos.
- ✓ Prohíbe toda contaminación de las aguas que afecten a la salud humana o al desarrollo de la flora o la fauna. A fin de lograr las mejores disponibilidades de las aguas, el ex - INERHI, hoy CRNH, prevendrá en lo posible, la disminución de ellas, protegiendo y desarrollando las cuencas hidrográficas y efectuando los estudios de investigación correspondientes.

Reglamento para la aplicación de la Ley de Aguas (Enero de 1973).

- ✓ Para los efectos de aplicación del artículo 22 de la Ley de Aguas se considera como “agua contaminada” toda aquella corriente o no que presente deterioro de sus características físicas, químicas o biológicas, debido a la influencia de cualquier elemento o materia sólida, líquida,

gaseosa, radioactiva o cualquier otra sustancia y que den por resultado la limitación parcial o total de ellas para el uso doméstico, industrial, agrícola, de pesca, recreativo y otros.

- ✓ Para los fines de la Ley de Aguas, se considera "cambio nocivo" al que se produce por influencia de contaminantes sólidos, líquidos o gaseosos, por el depósito de material o cualquier otra acción susceptible de causar o incrementar el grado de deterioro del agua, modificando sus cualidades físicas, químicas o biológicas".

4.4 Evaluación del impacto ambiental

La evaluación del impacto ambiental o el estudio del impacto ambiental (EIA) se da previo a la ejecución de las obras, analizando de las posibles consecuencias de los servicios ambientales.

4.4.1 Ficha Técnica

Identificación Del Proyecto

Nombre del Proyecto: Diseño de un sistema de riego para la hacienda San Antonio	Código:
	Fecha:

Localización del Proyecto: Provincia: Pichincha
Cantón: Mejía
Parroquia: Machachi
Comunidad:

Auspiciado por: <input type="checkbox"/> Ministerio de:
--

<input type="checkbox"/>	Gobierno Provincial:	
<input type="checkbox"/>	Gobierno Municipal:	
<input type="checkbox"/>	Org. de inversión/desarrollo:	
<input checked="" type="checkbox"/>	Otro:	Propietario de la hacienda San Antonio

Tipo del Proyecto:	<input checked="" type="checkbox"/>	Abastecimiento de agua
	<input type="checkbox"/>	Agricultura y ganadería
	<input type="checkbox"/>	Amparo y bienestar social
	<input type="checkbox"/>	Protección áreas naturales
	<input type="checkbox"/>	Educación
	<input type="checkbox"/>	Electrificación
	<input type="checkbox"/>	Hidrocarburos
	<input type="checkbox"/>	Industria y comercio
	<input type="checkbox"/>	Minería
	<input type="checkbox"/>	Pesca
	<input type="checkbox"/>	Salud
	<input type="checkbox"/>	Saneamiento ambiental
	<input type="checkbox"/>	Turismo
	<input type="checkbox"/>	Vialidad y transporte
	<input type="checkbox"/>	Otros: (especificar)

Descripción resumida del proyecto:

El proyecto influenciará 43 hectáreas de terreno ubicado en la hacienda San Antonio, parroquia de Machachi, Cantón Mejía.

La propuesta de estudio ambiental tiene el objetivo evitar un impacto ambiental negativo cuando se realice la construcción del sistema de riego por aspersión y goteo. La construcción de dos reservorios para garantizar una distribución de agua constante.

Nivel de los estudios Idea o prefactibilidad

Técnicos del Factibilidad

proyecto:

 Definitivo

Categoría del Construcción

Proyecto

 Rehabilitación

 Ampliación o mejoramiento

 Mantenimiento

 Equipamiento

 Capacitación

 Apoyo

 Otro (especificar):

Datos del Promotor/Auspiciante Marcelo Enríquez		
Nombre o Razón Social:		
Representante legal:		
Dirección:		
Barrio/Sector	Ciudad: Quito	Provincia: Pichincha
Teléfono	Fax	E-mail

Caracterización del Medio Físico

Localización

Región geográfica:	<input type="checkbox"/> Costa
	<input checked="" type="checkbox"/> Sierra
	<input type="checkbox"/> Oriente
	<input type="checkbox"/> Insular
Coordenadas:	<input type="checkbox"/> Geográficas
	<input checked="" type="checkbox"/> UTM
	Superficie del área de influencia directa:
	Inicio Longitud 78° 37' 19" O Latitud 0° 32' 31"
	Fin Longitud Latitud
Altitud:	<input type="checkbox"/> A nivel del mar
	<input type="checkbox"/> Entre 0 y 500 msnm
	<input type="checkbox"/> Entre 501 y 2.300 msnm
	<input type="checkbox"/> Entre 2.301 y 3.000

	msnm
<input checked="" type="checkbox"/>	Entre 3.001 y 4.000
	msnm
<input type="checkbox"/>	Más de 4000 msnm

Clima

Temperatura	<input type="checkbox"/>	Cálido-seco	Cálido-seco (0-500 msnm)
	<input type="checkbox"/>	Cálido-húmedo	Cálido-húmedo (0-500 msnm)
	<input type="checkbox"/>	Subtropical	Subtropical (500-2.300 msnm)
	<input type="checkbox"/>	Templado	Templado (2.300-3.000 msnm)
	<input checked="" type="checkbox"/>	Frío	Frío (3.000-4.500 msnm)
	<input type="checkbox"/>	Glacial	Menor a 0 °C en altitud (>4.500 msnm)

Geología, geomorfología y suelos

Ocupación actual del	<input type="checkbox"/>	Asentamientos humanos
Área de influencia:	<input checked="" type="checkbox"/>	Áreas agrícolas o ganaderas
	<input type="checkbox"/>	Áreas ecológicas protegidas
	<input type="checkbox"/>	Bosques naturales o artificiales
	<input type="checkbox"/>	Fuentes hidrológicas y cauces naturales
	<input type="checkbox"/>	Manglares
	<input type="checkbox"/>	Zonas arqueológicas
	<input type="checkbox"/>	Zonas con riqueza hidrocarburífera

	<input type="checkbox"/> Zonas con riquezas minerales <input type="checkbox"/> Zonas de potencial turístico <input type="checkbox"/> Zonas de valor histórico, cultural o religioso <input type="checkbox"/> Zonas escénicas únicas <input type="checkbox"/> Zonas inestables con riesgo sísmico <input type="checkbox"/> Zonas reservadas por seguridad nacional <input type="checkbox"/> Otra: (especificar)
Pendiente del suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Llano El terreno es plano. Las pendientes son menores que el 30%. <input type="checkbox"/> Ondulado El terreno es ondulado. Las pendientes son suaves (entre 30% y 100 %). <input type="checkbox"/> Montañoso El terreno es quebrado. Las pendientes son mayores al 100 %.
Tipo de suelo	<input type="checkbox"/> Arcilloso <input checked="" type="checkbox"/> Arenoso <input type="checkbox"/> Semi-duro <input type="checkbox"/> Rocoso <input type="checkbox"/> Saturado
Calidad del suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Fértil <input type="checkbox"/> Semi-fértil <input type="checkbox"/> Erosionado <input type="checkbox"/> Otro (especifique)

	<input type="checkbox"/>	Saturado	
Permeabilidad del suelo	<input type="checkbox"/>	Altas	El agua se infiltra fácilmente en el suelo. Los charcos de lluvia desaparecen rápidamente.
	<input checked="" type="checkbox"/>	Medias	El agua tiene ciertos problemas para infiltrarse en el suelo. Los charcos permanecen algunas horas después de que ha llovido.
	<input type="checkbox"/>	Bajas	El agua queda detenida en charcos por espacio de días. Aparecen aguas estancadas.
Condiciones de drenaje	<input type="checkbox"/>	Muy buenas	No existen estancamientos de agua, aún en época de lluvias
	<input checked="" type="checkbox"/>	Buenas	Existen estancamientos de agua que se forman durante las lluvias, pero que desaparecen a las pocas horas de cesar las precipitaciones
	<input type="checkbox"/>	Malas	Las condiciones son malas. Existen estancamientos de agua, aún en épocas cuando no llueve

Hidrología

Fuentes	<input checked="" type="checkbox"/>	Agua superficial
	<input type="checkbox"/>	Agua subterránea

	<input type="checkbox"/>	Agua de mar	
	<input type="checkbox"/>	Ninguna	
Nivel freático	<input type="checkbox"/>	Alto	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Profundo	
Precipitaciones	<input type="checkbox"/>	Altas	Lluvias fuertes y constantes
	<input checked="" type="checkbox"/>	Medias	Lluvias en época invernal o esporádicas
	<input type="checkbox"/>	Bajas	Casi no llueve en la zona

Aire

Calidad del aire	<input checked="" type="checkbox"/>	Pura	No existen fuentes contaminantes que lo alteren
	<input type="checkbox"/>	Buena	El aire es respirable, presenta malos olores en forma esporádica o en alguna época del año. Se presentan irritaciones leves en ojos y garganta.
	<input type="checkbox"/>	Mala	El aire ha sido poluído. Se presentan constantes enfermedades bronquio-respiratorias. Se verifica irritación en ojos, mucosas y garganta.
Recirculación de aire:	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy Buena	Brisas ligeras y constantes Existen frecuentes vientos que renuevan la capa de aire

	<input type="checkbox"/>	Buena	Los vientos se presentan sólo en ciertas épocas y por lo general son escasos.
	<input type="checkbox"/>	Mala	
Ruido	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	No existen molestias y la zona transmite calma.
	<input type="checkbox"/>	Tolerable	Ruidos admisibles o esporádicos. No hay mayores molestias para la población y fauna existente.
	<input type="checkbox"/>	Ruidoso	Ruidos constantes y altos. Molestia en los habitantes debido a intensidad o por su frecuencia. Aparecen síntomas de sordera o de irritabilidad.

Caracterización del Medio Biótico

Ecosistema

<input checked="" type="checkbox"/>	Páramo
<input type="checkbox"/>	Bosque pluvial
<input type="checkbox"/>	Bosque nublado
<input type="checkbox"/>	Bosque seco tropical
<input type="checkbox"/>	Ecosistemas marinos
<input type="checkbox"/>	Ecosistemas lacustres

Flora

Tipo de cobertura	<input type="checkbox"/>	Bosques
Vegetal:	<input type="checkbox"/>	Arbustos
	<input checked="" type="checkbox"/>	Pastos
	<input type="checkbox"/>	Cultivos
	<input type="checkbox"/>	Matorrales
	<input type="checkbox"/>	Sin vegetación
Importancia de la	<input checked="" type="checkbox"/>	Común del sector
Cobertura vegetal:	<input type="checkbox"/>	Rara o endémica
	<input type="checkbox"/>	En peligro de extinción
	<input type="checkbox"/>	Protegida
	<input type="checkbox"/>	Intervenida
Usos de la	<input checked="" type="checkbox"/>	Alimenticio
vegetación:	<input checked="" type="checkbox"/>	Comercial
	<input type="checkbox"/>	Medicinal
	<input type="checkbox"/>	Ornamental
	<input type="checkbox"/>	Construcción
	<input type="checkbox"/>	Fuente de semilla
	<input type="checkbox"/>	Mitológico
	<input type="checkbox"/>	Otro (especifique):

Fauna silvestre

Tipología	<input type="checkbox"/> Microfauna <input type="checkbox"/> Insectos <input type="checkbox"/> Anfibios <input type="checkbox"/> Peces <input type="checkbox"/> Reptiles <input type="checkbox"/> Aves <input checked="" type="checkbox"/> Mamíferos
Importancia	<input checked="" type="checkbox"/> Común <input type="checkbox"/> Rara o única especie <input type="checkbox"/> Frágil <input type="checkbox"/> En peligro de extinción

Caracterización del Medio Socio-Cultural*Demografía*

Nivel de consolidación	<input type="checkbox"/> Urbana
Del área de influencia:	<input type="checkbox"/> Periférica <input checked="" type="checkbox"/> Rural
Tamaño de la población	<input type="checkbox"/> Entre 0 y 1.000 habitantes

	<input type="checkbox"/>	Entre 1.001 y 10.000 habitantes
	<input checked="" type="checkbox"/>	Entre 10.001 y 100.000 habitantes
	<input type="checkbox"/>	Más de 100.00 habitantes
Características étnicas de la Población	<input checked="" type="checkbox"/>	Mestizos
	<input type="checkbox"/>	Indígena
	<input type="checkbox"/>	Negros
	<input type="checkbox"/>	Otro (especificar):

Infraestructura social

Abastecimiento de agua	<input type="checkbox"/>	Agua potable
	<input type="checkbox"/>	Conex. domiciliaria
	<input type="checkbox"/>	Agua de lluvia
	<input type="checkbox"/>	Grifo público
	<input checked="" type="checkbox"/>	Servicio permanente
	<input type="checkbox"/>	Racionado
	<input type="checkbox"/>	Tanquero
	<input type="checkbox"/>	Acarreo manual
	<input type="checkbox"/>	Ninguno
Evacuación de aguas servidas	<input checked="" type="checkbox"/>	Alcantari. sanitario
	<input type="checkbox"/>	Alcantari. Pluvial

	<input type="checkbox"/> Fosas sépticas <input type="checkbox"/> Letrinas <input type="checkbox"/> Ninguno
Evacuación de aguas	<input type="checkbox"/> Alcantari. Pluvial
Lluvias	<input type="checkbox"/> Drenaje superficial <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno
Desechos sólidos	<input checked="" type="checkbox"/> Barrido y recolección <input type="checkbox"/> Botadero a cielo abierto <input type="checkbox"/> Relleno sanitario <input type="checkbox"/> Otro (especificar):
Electrificación	<input checked="" type="checkbox"/> Red energía eléctrica <input type="checkbox"/> Plantas eléctricas <input type="checkbox"/> Ninguno
Transporte público	<input type="checkbox"/> Servicio Urbano <input checked="" type="checkbox"/> Servicio intercantonal <input type="checkbox"/> Rancheras <input type="checkbox"/> Canoa <input type="checkbox"/> Otro (especifique):
Vialidad y accesos	<input type="checkbox"/> Vías principales

	<input checked="" type="checkbox"/> Vías secundarias <input type="checkbox"/> Caminos vecinales <input type="checkbox"/> Vías urbanas <input type="checkbox"/> Otro (especifique):
Telefonía	<input checked="" type="checkbox"/> Red domiciliaria <input type="checkbox"/> Cabina pública <input type="checkbox"/> Ninguno

Actividades socio-económicas

Aprovechamiento y uso de la tierra	<input checked="" type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Recreacional <input checked="" type="checkbox"/> Productivo <input type="checkbox"/> Baldío <input type="checkbox"/> Otro (especificar):
Tenencia de la tierra:	<input checked="" type="checkbox"/> Terrenos privados <input type="checkbox"/> Terrenos comunales <input type="checkbox"/> Terrenos municipales <input type="checkbox"/> Terrenos estatales

Organización social

<input type="checkbox"/>	Primer grado	Comunal, barrial
<input type="checkbox"/>	Segundo grado	Pre-cooperativas, cooperativas
<input checked="" type="checkbox"/>	Tercer grado	Asociaciones, federaciones, unión de organizaciones
<input type="checkbox"/>	Otra	

Aspectos culturales

Lengua	<input checked="" type="checkbox"/>	Castellano
	<input type="checkbox"/>	Nativa
	<input type="checkbox"/>	Otro (especificar):
Religión	<input checked="" type="checkbox"/>	Católicos
	<input type="checkbox"/>	Evangélicos
	<input type="checkbox"/>	Otra (especifique):
Tradiciones	<input type="checkbox"/>	Ancestrales
	<input type="checkbox"/>	Religiosas
	<input checked="" type="checkbox"/>	Populares
	<input type="checkbox"/>	Otras (especifique):

Medio Perceptual

Paisaje y turismo	<input type="checkbox"/>	Zonas con valor paisajístico
	<input type="checkbox"/>	Atractivo turístico

<input type="checkbox"/>	Recreacional
X	Otro: No presenta

Riesgos Naturales e inducidos

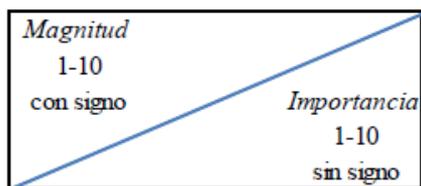
Peligro de Deslizamientos	<input type="checkbox"/>	Inminente	La zona es muy inestable y se desliza con relativa frecuencia
	<input type="checkbox"/>	Latente	La zona podría deslizarse cuando se produzcan precipitaciones extraordinarias.
	X	Nulo	La zona es estable y prácticamente no tiene peligro de deslizamientos.
Peligro de Inundaciones	<input type="checkbox"/>	Inminente	La zona se inunda con frecuencia
	<input type="checkbox"/>	Latente	La zona podría inundarse cuando se produzcan precipitaciones extraordinarias.
	X	Nulo	La zona, prácticamente, no tiene peligro de inundaciones.
Peligro de Terremotos	<input type="checkbox"/>	Inminente	La tierra tiembla frecuentemente
	<input type="checkbox"/>	Latente	La tierra tiembla ocasionalmente (está cerca de o se ubica en fallas geológicas).
	X	Nulo	La tierra, prácticamente, no tiembla.

4.4.2 Matriz de Leopold

La matriz de Leopold fue desarrollada en Estados Unidos en 1971 como una respuesta a la ley ambiental de los Estados Unidos. Este método establece un análisis de los impactos, en donde se evalúa estos impactos para ser considerados en la etapa de planeación del proyecto.

La matriz está dividida por dos ejes, el eje horizontal en donde se especifican las acciones que causan el impacto ambiental y en el eje vertical las condiciones ambientales que pueden ser afectadas por las acciones del eje horizontal.

La forma de calificar las celdas se divide en dos, la primera calificación va de una escala de 1 – 10 con signo, mientras que la segunda calificación va de una escala 1 – 10 pero sin signo.



Rango	Importancias y Magnitudes
1 a 3	Efectos negativos o positivos bajos.
4 a 7	Efectos negativos o positivos moderados.
8 a 10	Efectos negativos o positivos altos.

Tabla 14: Tabla de importancia y magnitudes

Fuente: Leopold, L. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. Washington, D.C.

Los resultados de la matriz se dan al sumar los productos verticales y horizontales con lo cual se va a determinar si el impacto ambiental es positivo o negativo y si el factor ambiental es afectado o no.

FACTORES AMBIENTALES			A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8		
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	TIERRA	SUELOS	-2	1	-2	2	-2	1	-2	1	-1	1	-1	1	-2	2	-1	2	-18
		FORMA DEL TERRENO	-3	2	-3	2	-2	2	-1	1	-1	1			-2	2			-22
	AGUA	SUPERFICIAL	-1	1	-1	2			-2	2	-2	1	-3	2	-1	1	-1	2	-18
		CALIDAD DE AGUA	-1	1	-2	1			-2	2	-2	2	-3	2	-2	2	-2	2	-25
	ATMÓSFERA	CALIDAD DE AIRE	-1	1	-2	2	-2	2	-1	1	-2	2							-14
	PROCESOS	EROSIÓN	-2	2	-2	1					-1	1	-3	2	-3	3			-22
CONDICIONES BIOLÓGICAS		FLORA	-2	2	-1	1	-1	1	-2	2	-1	1			-1	1			-12
		FAUNA	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1			-1	1			-6
FACTORES CULTURALES	USO DE TIERRA	AGRICULTURA					-2	2	-1	1	-1	1			-1	1			-7
																			0
	ASPECTOS CULTURALES	PATRONES CULTURALES					-2	2	-1	1	-1	1			2	1	2	2	0
		SALUD Y SEGURIDAD	-1	1	-1	1	-2	2	-1	2	-1	2	-2	1	2	2	2	2	-4
	EMPLEO																		0
ACTIVIDADES HUMANAS	REDES DE SERVICIO											2	2	2	2	-1	1	7	
RELACIONES ECOLÓGICAS		SALINIZACIÓN DEL TERRENO											-2	2	-3	3	-2	2	-17
																			0
			-21		-23		-24		-21		-19		-21		-24		-5		

Tabla 15: Matriz de Leopold para la hacienda San Antonio

Elaborado por: Leonardo Erazo

Donde:

A!: Limpieza y desbroce

A2: Movimiento de tierras para instalaciones

A3: Transporte de materiales

A4: Construcción

A5: Transporte de materiales

A6: Captación del agua de riego

A7: Riego por aspersión y goteo

A7: Mantenimiento de tuberías y aspersores

Después de haber analizado tanto la matriz de Leopold como la ficha técnica ambiental se puede llegar a la conclusión que el proyecto no presenta alteraciones importantes para el medio ambiente. Si se tiene un gran cuidado al momento de ejecutar las obras no habrá problema en el manejo ambiental.

4.4.3 Medidas de mitigación

Los impactos ambientales en la hacienda San Antonio serán mínimos si se realizan algunas medidas de mitigación.

Antes de la construcción

Se debe conscientizar a los usuarios de lo beneficioso que sería un sistema de riego por aspersión y goteo con la tecnología y el diseño adecuado para evitar desperdicio de agua, así como saturación y salinización de los suelos. Se debe seleccionar sitios especiales para almacenar herramientas y materiales que se van a utilizar en la construcción del sistema de riego. Especificar áreas destinadas a los desechos de la construcción. Construcción o instalación de baños portátiles para evitar aguas residuales.

Durante la construcción

Desarrollar un plan de manejo de desperdicios. Aplicar normas de seguridad para evitar riesgos laborales. El área destinada para los cultivos debe ser cercada

para evitar daños en el terreno. Controlar el mantenimiento de los servicios sanitarios en el sitio de trabajo. Manipular correctamente los materiales de construcción y también los desechos de materiales. Controlar que los deciveles generados por maquinarias pesadas no afecten la salud de los trabajadores. Verificar que no se contamine el agua destinada para el riego. Mantener un plan para manejar la escorrentia y aguas lluvias en el terreno. Humedecer las áreas de construcción al momento de realizar limpieza y desbroce del terreno, excavaciones, desalojo de material. Debido a que genera partículas de polvo y afecta la calidad del aire en el terreno.

Durante su funcionamiento

El ingeniero esta obligado a realizar un plan para evitar la erosión del suelo. Realizar vigilancia periodicamente de los puntos de acceso de agua. Realizar mantenimiento constante de las bombas, tuberias, reservorios y aspersores. Se recomienda lavar los suelos para evitar salinizacion de las sales en el terreno. Asegurarse que la tasa de infiltración del suelo sea mayor a la tasa de aplicación de agua en el riego. Verificar constantemente la calidad de agua en el riego. Proveer herramientas de protección contra el ruido a trabajadores y calibrar de manera adecuada los equipos con el fin de reduci el ruido de las máquinas. Regular la aplicación de agua para evitar saturación del suelo. Incorporar cada cierto tiempo materia orgánica, abonos, fertilizantes y hacer rotar los cultivos en el terreno para evitar dañar el suelo.

5. Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

Una vez realizado el proyecto del diseño del sistema de riego para la hacienda San Antonio se puede entender la importancia del sistema para los distintos campos que realiza el ser humano ,debido a que abarca conceptos de ingeniería civil, hidráulica y agronomía.

A su vez este documento presenta recomendaciones para el correcto funcionamiento de los sistemas de riego por aspersión y goteo, para que los equipos funcionen con eficiencia y eficacia y de un adecuado mantenimiento en el sistema para garantizar el éxito en los cultivos.

5.1 Conclusiones

- Es importante para los ingenieros civiles conocer sobre los sistemas de riego, debido a que aumenta el campo profesional de los ingenieros ya que Ecuador es un país agrícola.
- Existen varios sistemas de riego y se los escoge y diseña dependiendo de factores como la topografía del terreno, clima y tipo de cultivo que mejor se adapte.
- Los principales problemas en los agricultores es la falta de riego o el inadecuado sistema para el riego en las parcelas debido a una mala conducción y distribución del agua.
- Para determinar la cantidad de agua que necesita el cultivo se necesita información sobre las precipitaciones y la evapotranspiración que existe en la zona del cultivo.

- Para tener un cultivo de gran eficacia y eficiencia hay que determinar con la mayor precisión posible las necesidades de agua del cultivo para no enfrentarlo a estrés hídrico.
- El riego por aspersión es uno de los sistemas de riego más utilizados pero se debe tomar en cuenta que no se utilizan en zonas con vientos fuertes o altas temperaturas para evitar pérdidas por evaporación y arrastre.
- El sistema de riego por aspersión no puede ser utilizado para todo tipo de cultivos, ya que puede dañar los cultivos por la presión del agua en el riego.
- Se debe realizar mantenimientos continuos a aspersores, difusores y tuberías debido a que se acumula materia extraña proveniente de las sales de agua y de los químicos de los fertilizantes.
- El sistema de riego por goteo reduce las pérdidas de carga por agua y permite que su caudal sea controlado en cada tubería, facilitando de esta manera su control y mantenimiento.
- La irrigación en el sistema de riego por goteo debe ser constante, de esta manera se pretende que el cultivo tenga una dotación de agua equivalente en cada tramo y que no sobrepase su capacidad de agua.
- El programa realizado por la FAO, CROPWAT, calcula la evapotranspiración, la cantidad de lluvia esperada y las necesidades de agua del cultivo mediante los datos ingresados de temperatura, heliofanía, datos de suelo, datos de lluvia y datos del cultivo.
- Se realizó un seguimiento de los datos meteorológicos obtenidos desde la estación Latacunga (Aeropuerto) del INAMHI, los cuales facilitaron los cálculos para el diseño de los sistemas de riego.

- Cada uno de los sistemas realizados en la tesis se los diseño de acuerdo a las normas vigentes y en especial a los conocimientos en práctica que posee el Ing. Miguel Araque.

5.2 Recomendaciones

- Apoyar para que este tipo de proyectos de diseño de sistemas de riego los realicen personas capacitadas para aprovechar al máximo las ventajas antes mencionadas en el sector agrícola.
- Se recomienda brindar especial atención en las bombas, tuberías que trabajan a presión y válvulas para evitar interrupción en el riego por problemas mecánicos.
- Es de gran importancia que se realice un mantenimiento periódico de las tuberías, bombas, aspersores, que conforman los sistemas de riego. Con el respectivo mantenimiento el diseño rendirá su vida útil sin ningún problema, evitando causar problemas en los cultivos.
- Capacitar al personal para tomar las medidas de seguridad necesarias al momento de la construcción y funcionamiento del sistema de riego para no afectar su salud, la zona del proyecto y la eficacia de los cultivos.
- Por último se aconseja al constructor de respetar las medidas de mitigación que se desarrollaron en el impacto ambiental, y así evitar daños al ambiente que rodea el área de influencia.

6. Bibliografía

- Ambiente, T. U. (s.f.). Libro VI. De la calidad ambiental. Ecuador.
- Araque, M. (22 de Noviembre 2015). Comunicación personal. Quito: Universidad San Francisco de Quito
- Beccar, L., Rutgerd B y Hoogendam, P. (2001). Derechos de agua y acción colectiva en el riego comunitario. Lima: IEP
- Canales, A., Molina, J. (2010). Automatización y telecontrol de sistemas de riego. Barcelona: Marcombo.
- Climate-data.org. (15 de Abril de 2015). Obtenido de Climate-data.org.: <http://es.climate-data.org/location/1012/>.
- FAO. Water Development and Management Unit. "CROPWAT for Windows; Manual"
- Guerra, M. (2009). Diseño de un sistema de riego por goteo para cultivos en zonas con escasas de agua. (Tesis inédita de maestría). Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Enríquez, M. (05 de Marzo 2015). Comunicación personal. Machachi. San Antonio
- INAMHI, Anuarios meteorológicos 1980 – 2009, Instituto nacional de Meteorología e hidrología, estación "Latacunga, Aeropuerto"
- Leopold, L., Clarke, B., and Balsley, J. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C.
- León, D., Valarezo, M. (2011). Diseño del sistema de riego para el proyecto de la hacienda Guadalupe, ubicado en la parroquia Checa, Cantón Quito, Provincia de Pichincha. (Tesis inédita de maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- López, C. (19 de Noviembre 2015). Evaluación de Impacto Ambiental. Machachi: San Antonio.
- Martínez, V., Soto M., Automatización y telecontrol de sistemas de riego. Barcelona: Marcombo.
- Saud, J. (2012). Diseño de un sistema de riego por goteo para cultivos en zonas con escasas de agua. (Tesis inédita de maestría). Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Silva, M. Manual de Riego y Drenaje. Quito: Universidad Central del Ecuador- Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Villacís, M. (2012). Diseño de un sistema de riego por aspersión. (Tesis inédita de maestría). Universidad San Francisco de Quito, Quito.

Vascones, X. (1 de Octubre 2015). Comunicación personal. Machachi: Agroconsultores.

7. Anexos

- Detalles del sistema.
- Plano topográfico de la hacienda.
- Plano de diseño de los sistemas de riego.

ANEXO 1.1.

SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

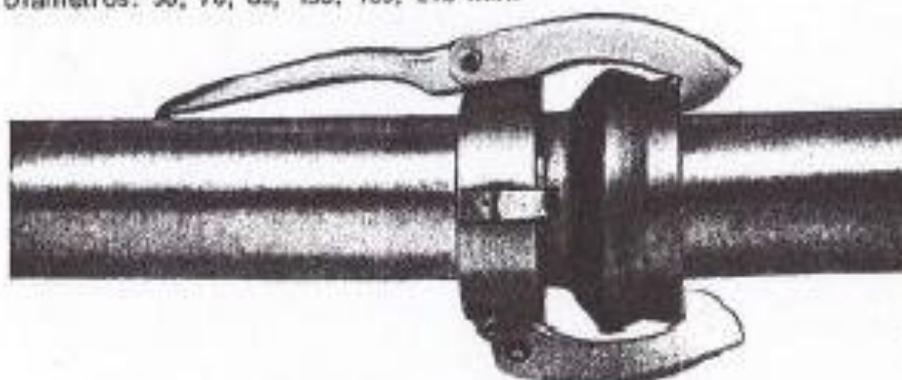
DETALLE DEL SISTEMA

Tubos de acoplamiento rápido-Perrot y piezas de unión (surtido) con acoplamiento articulado Cardan, tipo KSKR

Fácil conexión, rápida aspiración e impulsión, para presiones de servicio hasta 10 atmósferas (atü), ligero a toda prueba, fácil de desmontar. Servicio seguro para las conducciones de agua limpia, aguas residuales y abonos líquidos así como para aire comprimido, gas y carburantes.

Material: Tubo de acero ligero galvanizado.

Diametros: 50, 70, 89, 133, 159, 216 mm.

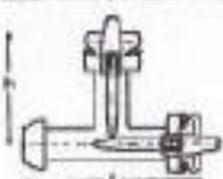
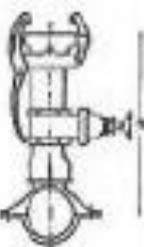
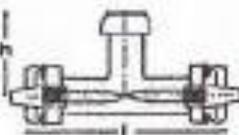
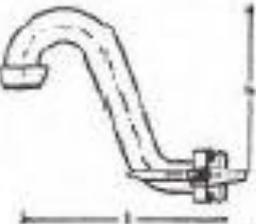
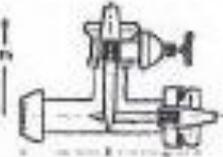


Largo	Medidas y contraseña de pedido	Largo	Medidas y contraseña de pedido
normal 6 m	KSKR 50/S KSKR 70/S KSKR 89/S KSKR 108/S KSKR 133 KSKR 159	por bajo de lo normal 3 m	KSKR 50/3/S KSKR 70/3/S KSKR 89/3/S KSKR 108/3/S KSKR 133/3 KSKR 159/3
por bajo de lo normal 5 m	KSKR 50/5/S KSKR 70/5/S KSKR 89/5/S KSKR 108/5/S KSKR 133/5 KSKR 159/5	por bajo de lo normal 2 m	KSKR 50/2/S KSKR 70/2/S KSKR 89/2/S KSKR 108/2/S KSKR 133/2 KSKR 159/2
por bajo de lo normal 4 m	KSKR 50/4/S KSKR 70/4/S KSKR 89/4/S KSKR 108/4/S KSKR 133/4 KSKR 159/4	por bajo de lo normal 1 m	KSKR 50/1/S KSKR 70/1/S KSKR 89/1/S KSKR 108/1/S KSKR 133/1 KSKR 159/1

ANEXO 1.2.

SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

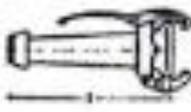
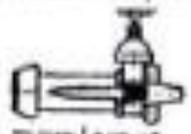
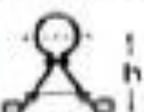
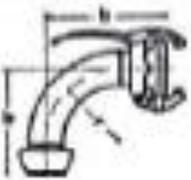
DETALLE DEL SISTEMA

Designación	Figura	Tipo	Contraseña de pedido	Medidas
		Pieza Cardan en T de derivación		
		Tipo KT		
KT 50 x 50		KT 108 x 88		
KT 70 x 50		KT 108 x 108		
KT 89 x 50		KT 133 x 108		
KT 70 x 70		KT 159 x 108		
KT 89 x 70		KT 133 x 133		
KT 108 x 70		KT 159 x 133		
KT 89 x 89		KT 159 x 159		
		Pieza con borne Cardan en T con válvula		
		Tipo ATK x P		
ATK 70 x P 50		ATK 89 x P 89		
ATK 89 x P 50		ATK 108 x P 89		
ATK 108 x P 50		ATK 133 x P 89		
ATK 70 x P 70		ATK 159 x P 89		
ATK 89 x P 70		ATK 108 x P 138		
ATK 108 x P 70		ATK 133 x P 138		
ATK 133 x P 70		ATK 159 x P 108		
ATK 159 x P 70				
		Pieza Cardan en T Distribuidor		
		Tipo KTV		
KTV 50 x 50		KTV 108 x 108		
KTV 70 x 50		KTV 133 x 108		
KTV 70 x 70		KTV 133 x 133		
KTV 89 x 70		KTV 159 x 133		
KTV 89 x 89		KTV 159 x 159		
KTV 108 x 89				
		Cuello de Cisne Cardan (indicar altura en el pedido)		
		Tipo KRDB		
KRDB 50 x 50		KRDB 108 x 108		
KRDB 50 x 70		KRDB 108 x 133		
KRDB 70 x 70		KRDB 108 x 159		
KRDB 70 x 89		KRDB 133 x 133		
KRDB 89 x 89		KRDB 133 x 159		
KRDB 89 x 108		KRDB 159 x 159		
KRDB 89 x 133				
		Pieza Cardan en T con Válvula		
		Tipo KT x P		
KT 70 x P 60		KT 89 x P 89		
KT 89 x P 60		KT 108 x P 89		
KT 108 x P 60		KT 133 x P 89		
KT 70 x P 70		KT 159 x P 89		
KT 89 x P 70		KT 108 x P 108		
KT 108 x P 70		KT 133 x P 108		
KT 133 x P 70		KT 159 x P 108		
KT 159 x P 70				
		Pieza reductora Cardan		
		Tipo KKMGV		
KKMGV 70 x 50		KKMGV 89 x 70		
KKMGV 89 x 70		KKMGV 108 x 89		
KKMGV 108 x 89		KKMGV 133 x 108		
KKMGV 133 x 108		KKMGV 159 x 133		

ANEXO 1.3.

SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

DETALLE DEL SISTEMA

Designación	Figura	Tipo	Contraseña de pedido	Medidas
 <p>Pieza Cardan de alargamiento Tipo KGMKV</p> <p>KGMKV 50 x 70 KGMKV 70 x 89 KGMKV 70 x 108 KGMKV 89 x 108 KGMKV 89 x 133 KGMKV 108 x 133 KGMKV 89 x 159 KGMKV 133 x 159</p>			<p>Pieza Cardan M en negro, para acoplar y soldar (Palanca galvanizada)</p>  <p>Tipo KKM</p> <p>KKM 50 KKM 108 KKM 70 KKM 133 KKM 89 KKM 159</p>	
 <p>Corredera extensora Cardan Tipo KZA</p> <p>KZA 50 KZA 108 KZA 70 KZA 133 KZA 89 KZA 159</p>			<p>Soporte Cardan para tubos y accesorios</p>  <p>Tipo KRS</p> <p>KRS 50 KRS 108 KRS 70 KRS 133 KRS 89 KRS 159</p>	
<p>Codo Cardan de: 90, 60, 45, 30</p>  <p>Tipo KRKB</p> <p>KRKB 50 KRKB 70 KRKB 89 KRKB 108 KRKB 133 KRKB 159</p>			<p>Junta anular Cardan de goma, normal</p>  <p>Tipo KKG</p> <p>KKG 50 KKG 108 KKG 70 KKG 133 KKG 89 KKG 159</p>	
 <p>Acoplamiento terminal Cardan en V Tipo KXV</p> <p>KXV 50 KXV 108 KXV 70 KXV 133 KXV 89 KXV 159</p>			<p>Bridas para conexión de aspersores. Rosca: interior = 1/2", exterior = 1"</p>  <p>Tipo SLK</p> <p>KLK 32/JA KLK 89/JA KLK 37/JA KLK 70/JA KLK 41/JA KLK 89/JA KLK 51/JA</p>	
 <p>Pieza Cardan, negra, para acoplar y soldar Tipo KKV</p> <p>KKV 50 KKV 108 KKV 70 KKV 133 KKV 89 KKV 159</p>				