



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

INGENIERÍA AGRICOLA

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO
AGRICOLA**

Tema:

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR
ASPERSIÓN, EN CACAO (*Theobroma cacao* L) EN EL CAMPUS DE LA
ESPAM-MFL**

AUTOR:

SOLÓRZANO ANGULO ANA JOHANA

TUTOR:

ING. LEONARDO MENDOZA CEDEÑO

Calceta, Abril 2012

DECLARACIÓN

Solórzano Angulo Ana Johana, declara bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Solórzano Angulo Ana Johana

CERTIFICACIÓN

Ing. Leonardo Mendoza Cedeño. Certifica haber tutorado la tesis titulada **“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN, EN CACAO (*Theobroma cacao*L)EN EL CAMPUS DE LA ESPAM-MFL”**, que ha sido desarrollada por Solórzano Angulo Ana Johana, previa a la obtención del Título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”.

Ing. Leonardo Mendoza C.

TUTOR DE TESIS

APROBACIÓN

Quienes abajo firmamos, miembros del tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO la tesis titulada “**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN, EN CACAO (*Theobroma cacao* L) EN EL CAMPUS DE LA ESPAM-MFL**”, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Solórzano Angulo Ana Johana, previa a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”.

Ing. Federico Díaz T

MIEMBRO

Ing. Sergio VelezZ

MIEMBRO

Ing. Gonzalo Constante T

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi familia, pilares fundamentales en la realización de este proyecto.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por facilitar el ingreso a los campos del saber ya que gracias a mi dedicación y esfuerzo he logrado tan anhelada meta.

A la Dirección de la Carrera de Ingeniería Agrícola, Director Ing. Lenin Vera Montenegro, por estar en los momentos que lo necesitaba.

Al Ing. Jesús Chavarría quien me brindo sus conocimientos para la realización de este proyecto. Gracias por soportarme

Al Director de tesis; Ing. Leonardo Mendoza Cedeño por haber asumido la responsabilidad de guiarme con dedicación y esfuerzo.

A los señores Ingenieros Miembros del tribunal de Tesis de la Carrera de Ingeniería Agrícola de Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López", por su colaboración en este trabajo.

A los catedráticos y compañeros de la carrera de agrícola quienes siempre estuvieron presto a colaborar cuando se los necesito.

A mis amigos y amigas incondicionales, por su colaboración, dedicación y sacrificio desinteresado.

Ya todas las personas que directa e indirectamente influyeron con la realización de este.

DEDICATORIA

Quiero dedicarles este trabajo a todas aquellas personas que confiaron en mí, ya que fueron el motor que me impulsaron a que este sueño se haga realidad.

A DIOS que me brinda cada día una oportunidad de vida y así poder cumplir mis objetivos.

A mi Hijo LUIS SANTIAGO que es la motivación para poder seguir adelante.

A mi Esposo Elio Cabrera que con su ayuda incondicional pude realizar una de mis metas. Gracias por apoyarme.

A mi familia que de una u otra forma me ayudaron en los momentos que los necesitaba. Gracias por esos sabios consejos.

A la Sra. Alicia Tucker mi tía, millón gracias por confiar en mí siempre, de alguna forma tenía que recompensarla y es esta. La meta está cumplida.

Y como olvidarme de una persona muy especial Mi Papi, Mauro Angulo que estoy segura que donde quiera que se encuentre en el cielo está orgulloso de ver unos de mis objetivos alcanzado. Te extrañamos mucho papá.

Ana Johana Solórzano Angulo

RESUMEN

El presente estudio de investigación se basó en el Diseño e Implementación de un Sistema de Riego por Aspersión para el cultivo de cacao (*Theobromacacao* L) en el campus de la ESPAM – MFL”, realizados los cálculos agronómicos, se establecieron las necesidades hídricas diarias, intervalos y tiempo de riego durante 1 año, resultando que los intervalos de riego son cada 1 día, y el tiempo de riego fluctúa entre 6.42 y 9.51 minutos. Una vez hecho los cálculos del diseño hidráulico, para las tuberías laterales o portaspersores, se estableció un caudal en el origen del lateral de 3150 L/h, y la longitud real y ficticia calculada es de 85 m y 102 m respectivamente, el diámetro interior es de 29.6 mm, y el comercial de 32 mm. La pérdida de carga real de 2.9 mca, la presión en el origen del lateral de 33.22 mca (PSI). Para la tubería terciaria se necesita un caudal en el origen de 17850 L/h, la longitud real y ficticia calculada es de 75 m y 90 m respectivamente, la pérdida de carga admisible de 3.22 mca, el diámetro interior y el exterior o comercial es de 58.1 mm y 63 mm, la pérdida de carga es de 1.99 mca, y la presión en el origen de 34.9 mca (49.6 PSI). Los costos implicados en diseñar e implementar el sistema de riego fueron de \$ 1211,029.

SUMMARY

This research was based on the " Design and installation of a sprinkle irrigation system at the cocoa crop (*Theobroma cacao*L) on the campus of the Espam - MFL", we made the agronomic design and evaluated daily water needs, intervals and time of irrigation for one year; the irrigation intervals were each day and the time of irrigation varies between 6.42 and 9.51 minutes. the hydraulic design for lateral pipelines and sprinkles need a flow in the origin of the side of 3150 H, the real and length and fictisial length were 85 and 102 m respectively, the inside diameter is 29.6 m, and the commercial diameter of 32 mm. The loss of actual load 2.9 mca, the pressure in the origin of the side of 33.22 mca (PSI). The tertiary pipe requires a flow in the origin of 17850 L, real and fictional calculated length is 75 m and 90 m respectively, the loss of admissible load of 3.22 mca, the inside diameter and the outside or commercial is 58.1 mm and 63 mm, the loss of load is 1.99 mca, and the pressure in the origin of 34.9 mca (49.6 PSI). The costs involved in designing and implementing irrigation system were \$1211,029.

CONTENIDO

I. ANTECEDENTES

1.1.	Problemática.....	1
1.2.	Justificación.....	2
1.3.	Objetivos.....	3

I.I. MARCO TEORICO.

2.1.	Riego.....	4
2.1.1	Criterio técnico para la elección de un método de riego.....	7
2.2	El riego del cultivo.....	8
2.3	Sistema de riego por Aspersión presurizado.....	8
2.3.1	Características más importante del sistema de riego por aspersión...10	
2.3.2	Ventajas del riego por aspersión.....	11
2.3.3	Limitaciones del riego por aspersión.....	12
2.4	Sistemas de riego por aspersión.....	12
2.5	Dispositivo de aspersión.....	16
2.6.	Disposición de las tuberías en los sistemas estacionarios.....	19
2.7.	Diseño Agronómico.....	21
2.7.1	Necesidades de agua de los cultivos.....	21
2.7.2	Determinación de los parámetros de riego.....	22
2.7.3	Dosis total.....	23
2.8.	Diseño Hidráulico.....	23
2.8.1	Calculo de laterales o portalaterales.....	23
2.8.2	Calculo de laterales.....	25
2.8.3	Calculo de tuberías secundarias y principales.....	26
2.9.	Cacao.....	27
2.10.	Características del clon EET 116.....	28
2.11.	Recomendaciones para el uso de riego en cacao.....	29
2.11.1	Condiciones de la zona de estudios.....	31
2.12	Especificaciones de los aspersores.....	32

I.I.I. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación.....	34
3.2. Características climáticas.....	34
3.3. Diseño.....	35
3.3.1 Análisis de Suelo.....	35
3.3.1.1 Análisis físicos.....	35
3.4. Diseño Agronómico.....	36
3.4.1. Determinación de la evapotranspiración del cultivo..... de referencia (eto.)	36
3.4.2. Calculo de la evapotranspiracion de cultivo (etc.).....	36
3.4.3. Dosis de riego e intervalo entre riego.....	37
3.4.4. Intervalo.....	38
3.4.5. Caudal necesario.....	38
3.4.6. Elección del aspensor.....	38
3.5. Diseño hidráulico.....	38
3.5.1. Caudal en el origen.....	39
3.5.2. Longitud Real.....	39
3.5.3. Longitud Ficticia.....	39
3.5.4. Calculo del diámetro según la fórmula de Blasius.....	39
3.5.5. Perdida de carga real.....	40
3.5.6. Presión necesaria en el origen.....	40
3.5.7. Perdida de carga admisible.....	40
3.5.8. Calculo del diámetro según Blasius.....	41
3.5.9. Perdida de carga producida en la terciaria.....	41
3.5.10. Presión en el origen de la terciaria.....	41
3.6. Pasos para la instalación.....	42
3.6.1. Excavación.....	42
3.6.2. Colocación de tuberías.....	42
3.6.3. Aspersores.....	42
3.6.4. Cabezal de Riego.....	42

IV. RESULTADOS.....	43
4.1. Guía de uso del sistema de riego.....	46
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
5.1 Conclusiones.....	48
5.2 Recomendaciones.....	49
Bibliografía.....	50
Anexos.....	54

INTRODUCCION

El Ecuador a nivel mundial es el octavo país productor de cacao y el primero de cacao fino o de aroma, aportando el 50% de la oferta que alimenta este pequeño pero importante segmento del mercado mundial. Actualmente hay cerca de 100000 unidades productivas con más de 400000 hectáreas de cacao, en su gran mayoría ubicadas en la región Litoral o Costa. Aproximadamente el 7% de esta superficie está sembrada con la variedad clonal CCN-51; el resto es cacao Nacional con reconocimiento internacional por sus características organolépticas. Manabí cuenta con un 85% de pequeños agricultores dedicados a la producción de este rubro. (Cevallos, 2005)

El valle Carrizal-Chone, cuenta con una infraestructura de riego presurizado, sin embargo las plantaciones de cacao continúan siendo regadas por gravedad. La incorporación de tecnologías implica efectuar estudios diseñados para implementar sistemas de riego por aspersión, como una alternativa para optimizar el recurso hídrico y mejorar la producción.

La Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López" desde su inicio contó con un jardín clonal de cacao (*Theobroma cacao* L) y a hecho énfasis en lo que es manejo de plantación control fitosanitario, riego y producción, pero a medida que avanzan las investigaciones es necesario aplicar nuevas técnicas de riego para aprovechar las bondades de estos cultivos y del recurso hídrico presente en el medio como es el sistema de riego Carrizal Chone.

I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTIAMIENTO DEL PROBLEMA

En la provincia de Manabí uno de los métodos de riego más utilizados en el cultivo de cacao es el riego por superficie. Este es muy empleado por los productores debido a su bajo costo de implementación; pero tiene muchos inconvenientes, como el uso inadecuado del agua y la erosión de los suelos por el arrastre las partículas.

La Carrera de Ingeniería Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” (ESPAM-MFL) cuenta con un lote de 17 Ha., de las cuales 0.55 Ha corresponden al clon de cacao EET 116, destinadas a la producción de plantas y semilla; la misma que fue recepada e injertada en el año 2010.

Estas plantas no disponen de la suficiente humedad en la época seca para poder desarrollarse vegetativamente, ya que la frecuencia de riego superficial no es regular y la lámina de agua que es aplicada no cubre las necesidades hídricas de este cultivo. (Vera, 2009).

1.2. JUSTIFICACION.

Las técnicas de riego actuales (riegos presurizados) permiten optimizar el uso del agua. Estas técnicas necesitan contar con una buena presión para el correcto funcionamiento de los dispositivos que se utilizan y justamente el sistema Carrizal-Chone aporta con las presiones adecuadas para establecer infraestructuras de riego (aspersión, microaspersión y goteo) que funcionen eficientemente

La implementación de un sistema de riego por aspersión posibilitará la siembra y riego oportuno de los cultivos, aplicando eficientemente la cantidad de agua requerida por las plantas y a la vez mantiene un nivel muy uniforme de humedad en el suelo.(Doorenbos y Pruitt1990).

Es importante efectuar un cambio en la forma como se está aplicando el riego en las parcelas de cacao de la ESPAM MFL, para lo cual la tecnificación permitirá disminuir el consumo del agua y ofrecer al cultivo la cantidad que demanda, reduciendo así el uso de mano de obra y aumentando la productividad del cultivo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Implementar un sistema de riego por aspersión para aprovechar el suministro de agua en el desarrollo del cultivo de cacao (*TheobromacacaoL.*).

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diseño agronómico e hidráulico para determinar las necesidades hídricas del cultivo.
- Elaborar una guía de uso del sistema de riego para su correcta operación.
- Establecer los costos incurridos en el diseño, materiales a emplear e instalación del sistema de riego.

II. MARCO TEORICO

2.1 RIEGO

Se denomina sistema de riego o perímetro de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas. El sistema de riego consta de una serie de componentes. Sin embargo debe notarse que no necesariamente debe constar de todas ellas, el conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial, por aspersión, o por goteo. (Valverde. 2007).

Montero (2000) mencionó que el objetivo del riego consiste en aplicar el agua uniformemente sobre el área deseada y dejarla a disposición del cultivo. Los sistemas de riego por aspersión deben diseñarse para aplicar el agua a un ritmo inferior a la velocidad de infiltración para evitar la escorrentía.

Una manera moderna de regar, es la utilización de los métodos de riego por goteo y micro aspersión (riego localizado), que consiste en la aplicación del agua al suelo en forma localizada, es decir, sólo se moja una zona restringida del volumen radicular. Estos métodos son apropiados para zonas donde el agua es escasa, ya que su aplicación se hace en pequeñas dosis y de manera frecuente, consiguiendo con esto un mejor control de la aplicación del agua y algunos otros beneficios agronómicos. (Moya. 2002).

El riego de tierras agrícolas supone la utilización de un 70% de los recursos hídricos en el mundo. En los países en vías de desarrollo, muchas veces el agua utilizada para riego representa el 95% del total de usos del agua y juega un papel esencial en la producción. (Granados, 1990)

El agua de riego es la que se destina para fines agrícolas, en la agricultura tendrá que ser cada día más intensa para poder alimentar a más gente y el riego es un factor de eficiencia que nos permitirá mejorar los rendimientos. Es decir, la producción agropecuaria depende más que antes de la irrigación, debido al cambio climático global. (Bautista, 1997).

En general, cuando se aplica un riego, no toda el agua queda almacenada en la zona del suelo explorada por las raíces, sino que parte se pierde por evaporación, escorrentía y percolación profunda, siendo muy diferentes la cuantía de cada tipo de pérdida según el tipo de suelo y sistema de riego. Conceptualmente, la idoneidad de un riego depende del incremento del agua almacenada en la zona radicular del cultivo producido por el riego. (Armoni, 2002).

Terron, (2002), señala que las aguas que se utilizan para el riego presentan valores de 6 hasta 8.5 en el pH (potencial de hidrogeno), en estas condiciones se considera variable que el agua es aceptable y su uso no es perjudicial, en cambio valores más altos o bajos indican anomalías que pueden producir problemas en los equipos de riego como corrosión de tuberías, formación de precipitados, entre otros.

Es conveniente que la cantidad de agua que se aplique, siga estrechamente los patrones de evapotranspiración de la zona para asegurar que los requerimientos hídricos que demanda una huerta de alta productividad se cubran satisfactoriamente. (Granados, 1990)

Este mismo autor manifiesta que el riego consiste en que los cultivos tengan un suministro de agua necesaria de manera que favorezcan su crecimiento y desarrollo. Además indica que los métodos más comunes de riego son: por arrollamiento o surcos, por inundación o sumersión, por aspersión o microaspersión, por infiltración, por goteo y por drenaje.

El riego por aspersión se adapta particularmente bien a la condición en que la capa freática es alta, puesto que el regante puede hacer la aplicación con el volumen de agua que se determine. En el caso del riego por aspersión se usa menos agua que en el riego por inundación. (Goyal. 2007)

Este mismo autor menciona que los primeros sistemas utilizados a gran escala consistían de laterales móviles a mano y aspersores de impactos rotativos, con dos líneas seguidas de laterales. Más tarde con la necesidad creciente de economizar trabajo y agua, surgieron los sistemas fijos a "solid-set". Instalados en plantaciones y huertas, consistían en laterales plásticos colocados entre o a lo largo de las hileras de árboles y rociadores de una baja razón de flujo o mini aspersores.

De igual manera señala que se desarrollaron aspersores gigantes o de cañones montados en carretones, facilitándose de esta forma una cobertura rápida en áreas extensas, inclusive las que recibían riego suplementario. La automatización simple se lleva a cabo mediante el uso de válvulas volumétricas que se ajustan para suministrar un volumen de agua deseado y luego se apagan automáticamente. A un nivel más avanzado las válvulas pueden funcionar a una secuencia predeterminada. Aun más refinado es el uso de unidades de control en el campo para encender y apagar las válvulas mediante electricidad según un horario establecido.

Las aplicaciones ligeras y frecuentes que se necesitan para esta finalidad, se logran fácilmente con algunos sistemas de aspersión. Se pueden regar casi todos los suelos con el método de aspersión, aunque los suelos con infiltración inferior a 5 mm/h pueden requerir medidas especiales. Los aspersores se pueden utilizar en suelos muy poco profundos para permitir que se amolde la superficie o en suelos muy variables para un riego eficiente de la superficie. (Ramírez, 2007)

Este mismo autor señala que en general, los aspersores se pueden usar en terrenos de cualquier topografía que pueda cultivarse. Por lo general no se requiere la nivelación del terreno. Los sistemas de aspersión se diseñan (con algunas excepciones) de manera que apliquen al agua con intensidad más baja que la infiltración a fin de que la cantidad de agua infiltrada en cualquier punto dependa de la intensidad de la aplicación y de tiempo de aplicación y no de la capacidad de infiltración del suelo.

2.1.1 CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA ELECCIÓN DE UN MÉTODO DE RIEGO

Desde la óptica de la tecnificación del riego presente en cualquier libro de texto referente al tema, la elección del método está en función a lograr una mayor “eficiencia” en el uso del agua con el fin de maximizar la producción por unidad de volumen de agua utilizada y minimizar los efectos negativos que el riego pueda causar en el medio ambiente, como ser la salinización del suelo, o efectos erosivos durante la práctica del riego. Entre los principales criterios para seleccionar el método, son comúnmente empleados parámetros referidos a las propiedades físicas del suelo y topografía del terreno y, el cultivo a ser implantado. En todo caso, dichos parámetros están enmarcados principalmente en la relación agua-suelo-planta, sin tomar en cuenta la disponibilidad de agua u otros factores como

limitantes. Es decir, en el “diseño de métodos de riego” se definen por ejemplo tiempos de riego, dimensiones de la parcela, el caudal de aplicación, etc. asumiendo que la oferta de agua es libre e irrestricta. (Duran. 1998).

(Janet.1990), indica que todo diseño de riego se lo realiza en base a una estricta relación suelo-agua-planta-clima, factores que determinan el tipo y método de riego a emplear. Es importante la calidad y el volumen global para aportar la cantidad de agua necesaria y este volumen está de acuerdo al tipo de suelo por la facilidad con que el agua puede penetrar y ser retenida.

2.2 EL RIEGO DEL CULTIVOS

Según Losada. (2000), el riego consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan favoreciendo así su crecimiento. Se utiliza en la agricultura y en jardinería. Los sistemas de riego que existen en los cultivos son:

- Riego con aspersores
- Riego con difusores
- Riego por goteo
- Riego subterráneo
- Riego con cintas de exudación
- Riego con micro aspersores
- Riego con manguera
- Macetas de auto- riego
- Riego por surcos (por ejemplo, el huerto)
- Riego a manta (por ejemplo, inundando un ariete)

Martinez, (2003) en su obra. Control e implementación de sistemas de riego señala que “La práctica del riego constituye uno de los factores más importantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas, la cual puede llevarse a cabo mediante el sistema de riego por goteo. El mismo permite una mejor utilización de agua y controlar a la perfección los fertilizantes a utilizar, así como suministrar la cantidad de agua exacta requerida por el cultivo en todo momento”.

2.3 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION PRESURIZADO Tovar, (1993)

El riego por aspersión es un sistema de riego presurizado que nació en el país de la cuna del riego por goteo, Israel. Este sistema de riego, en la última década ha tenido gran aplicación en el riego de árboles frutales e invernaderos.

Se le puede considerar como el resultado o híbrido de cruzar el sistema de riego por goteo con el sistema de riego por aspersión. Este sistema nace a causa de los problemas que presenta el riego por goteo en terrenos con textura arenosa, ya que en este tipo de suelos no se forma bien el bulbo de mojado característico de éste sistema de riego.. (Bonneau, L. 2001)

Seguin, P, (1995) Los sistemas de riego por aspersión suministran el agua a los cultivos en forma de lluvia artificial. La aspersión se aplica generalmente en cada árbol. Los difusores de los aspersores tienen varias formas de asperjar el agua, como la lluvia en círculos o sectores de círculos, la nebulización y los chorros.

Los aspersores deben seleccionarse con gastos adecuados para evitar encharcamientos y escurrimientos de agua.

Deben de utilizarse láminas precipitadas horarias que no excedan la velocidad de infiltración de agua en el suelo. El aspersor y/o microjet riega un espacio más amplio y más uniforme dentro de la zona radicular de los árboles frutales.

2.3.1 CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN.

Gurovích, (1999), manifiesta que las características más sobresalientes de los sistemas de riego por aspersión son:

- El agua la aplica en forma de rocío.
- Un mismo aspersor tiene accesorios necesarios que pueden ir cambiando y adaptando las distintas etapas de desarrollo de cada especie de frutal en particular. De esta manera puede irse controlando el diámetro de rociado del aspersor desde 0.5m. hasta 7.0 m.
- La instalación es más sencilla que el riego por goteo
- Es fácil de identificarse porque cada diámetro de boquilla tiene un color específico y determina el gasto en litros por hora en los aspersores regulados o compensados.
- Es el único sistema de riego en el mundo que cuenta con regulador integrado, que hace la función de obtener un flujo constante a diferentes presiones y/o diferentes cotas de terreno.
- Además pueden ser usados para moderar microclimas.

- En días cálidos y secos se pueden producir un rocío por encima del árbol, las gotas de rocío absorben el calor del aire circulante, enfriándolo y aumentando la humedad del ambiente.
- En una noche fría y helada el agua, al aplicarse por encima del follaje, calienta el ambiente, esto es debido a que el agua aplicada pierde calorías al enfriarse.
- La aspersión se utiliza más en árboles frutales, donde en riego por goteo, para cumplir los requerimientos de agua se tiene que utilizar doble manguera o doble línea por surco de árboles.
- El movimiento de las sales en el suelo es más apropiado en el riego por aspersión.
- Cuenta con un amplio rango de precipitación horaria (PPH) ya que se puede aplicar hasta 25 mm de aquí la gran aplicación a toda clase de precipitación y toda clase de texturas de suelos.
- Tiene bastante uso en riego de invernaderos donde la humedad y temperatura de los mismos debe estar bien controlada.
- Se pueden aplicar fertilizantes a través del sistema.

2.3.2 VENTAJAS DEL RIEGO POR ASPERSIÓN Según GUROVICH, (1999)

- El riego es sub-arbóreo, no moja la copa, además existe menor peligro de propagación de enfermedades, evita los efectos nocivos de depósitos salinos en el follaje y existe menor evaporación del agua utilizada.

- Se adecua para utilizar la fertirrigación.
- Necesita menor filtrado que el goteo.
- No es necesario regar con tanta frecuencia como en el sistema de riego por goteo.
- Aplicación de agua con alta eficiencia, alrededor del 70 %.
- Comparado con el riego por aspersión se utilizan presiones de trabajo bajas, entre 1,5 a 2 atmósferas.

2.3.3 LIMITACIONES DEL RIEGO POR ASPERSIÓN.

Este mismo autor señala las limitaciones que trae consigo el sistema de riego por aspersión y estas pueden ser.

- Necesita que el emisor se encuentre siempre en posición vertical para funcionar eficientemente.
- Es afectado por pisoteo del personal en épocas de cosecha.
- Las malezas afectan el funcionamiento de los aspersores.
- Resulta entre un 20 a 25 % más costoso que el sistema de riego por goteo.
- Emisores y tubos son dañados a veces por los animales.

2.4 SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN.

Fuentes, (2003) señala que los sistemas de riego, por aspersión se pueden dividir en dos grandes grupos:

Sistemas estacionarios. Permanecen en la misma posición durante el riego.

Sistemas mecanizados. Se desplazan continuamente durante el riego.

A su vez, el grupo de los sistemas estacionarios comprende:

Sistema móvil. Todos los elementos de la instalación son móviles, incluso puede serlo el grupo motobomba cuando se hace una toma de agua distinta en cada posición de riego. Este sistema se utiliza sólo en pequeñas superficies o para dar riegos complementarios.

El grupo motobomba móvil, que puede ser accionado por la toma de fuerza de un tractor, envía el agua a una tubería en donde se instalan los aspersores. Con el fin de disminuir el número de posiciones se pueden acoplar a la tubería unas mangueras, en cuyos extremos se disponen los aspersores instalados sobre patines. De este modo, cada aspersor ocupa varias posiciones de riego antes de que sea necesario cambiar la tubería.

Sistema semifijo. En este sistema son fijos el grupo motobomba y la red de tuberías principales, que suele ir enterrada. De ella derivan los hidrantes en donde se conectan los ramales de alimentación (fijos o móviles), en donde, a su vez, se conectan las alas de riego, que son móviles. Estas últimas llevan acoplados los aspersores, bien directamente o a través de unas mangueras y montados sobre patines, con el fin de permitir el riego en varias posturas sin necesidad de cambiar la tubería.

Este sistema se utiliza cada vez menos, pues tiene mayores necesidades de mano de obra y exige un trabajo incómodo al tener que trasladar las tuberías en suelo mojado.

Sistema fijo. Todos los elementos de este sistema son fijos, salvo algunos casos en donde los aspersores van ocupando sucesivas posiciones a lo largo de las alas de riego.

La colocación de la red puede ser permanente (permanece enterrada a una mayor profundidad de 0,6-1 metro durante toda la vida útil) o temporal (se coloca al principio de la campaña de riego y se retira al final de la misma). Esta última modalidad requiere un poco más de trabajo, pero ofrece la ventaja de que el equipo se puede utilizar cada año en parcelas diferentes y es posible variar el marco de plantación cuando se crea conveniente.

Un sistema en donde todas las tuberías y aspersores son fijos se llama de cobertura total. Se utiliza cada vez más, debido a la poca mano de obra que requiere, ya que el trabajo se reduce, prácticamente, a abrir y cerrar las llaves de paso. Es el sistema más idóneo para parcelas pequeñas o medianas de forma irregular.

Cuando el sistema se automatiza, la puesta en marcha y la parada de los aspersores se realiza mediante la recepción de unas señales enviadas desde un programador central, en donde puede existir un programa de riego preestablecido, o bien se utiliza la información enviada desde unos sensores situados en diversos puntos del terreno de riego, que indican la humedad existente en ellos.

Un sistema automatizado contiene, además de los elementos convencionales una central de mando, desde donde se envían las órdenes, y unos órganos ejecutivos encargados de la distribución automática del agua. Estos últimos suelen ser válvulas con dos posiciones (apertura y cierre) que funcionan mediante señales eléctricas transmitidas por cables o

mediante señales transmitidas por las distintas presiones del agua en las conducciones.

Las tuberías fijas suelen ser de fibrocemento o de material plástico: PVC o polietileno. Estas últimas no se utilizan en diámetros grandes, por su mayor precio.

Las tuberías portátiles son de duraluminio o de material plástico. La primera tiene poco peso y una gran resistencia a la corrosión. La de PVC (con material especial para uso a la intemperie) es muy ligera y ofrece muy poca resistencia al paso del agua, pero tiene el inconveniente de que es muy frágil. La tubería portátil de acero galvanizado prácticamente no se utiliza, debido a su mayor peso. Las tuberías portátiles flexibles (mangueras), utilizadas en el riego con trineos, están fabricadas con caucho reforzado o materiales plásticos de buena calidad, con el fin de soportar los esfuerzos que se producen en su traslado.

Las tuberías rígidas portátiles están constituidas por elementos de 6 y 9 metros de longitud, y unos diámetros normalizados que varían desde 40 mm (1½ pulgadas) hasta 100 mm (4 pulgadas), aunque los de diámetro superior a 100 mm se utilizan raramente. Las uniones de los elementos permiten un cierto movimiento angular, consiguiéndose la estanqueidad mediante juntas troncocónicas de caucho que se comprimen mediante la presión del agua o mediante un anillo de goma que se comprime por medio de un cierre de palanca.

2.5 DISPOSITIVOS DE ASPERSIÓN Fuentes, (2003)

Los dispositivos de aspersión tienen por misión pulverizar el chorro de agua en gotas finas y repartirlas uniformemente por el terreno.

Pueden ser de varias clases:

- Tuberías perforadas.
- Aspersores no giratorios.
- Aspersores giratorios.

Tuberías perforadas Las tuberías perforadas están constituidas por tubos metálicos o de PVC, provistos de orificios calibrados o de pequeñas boquillas roscadas en la parte superior y distribuida en toda su longitud con un espaciamiento de 10-15 cm.

Las tuberías perforadas pueden ser estáticas o dotadas de movimiento oscilante mediante un motor hidráulico o eléctrico. Riegan franjas de terreno de 5 a 15 m y funcionan con poca presión. Su campo de aplicación se limita a cultivos hortícolas o florales.

Según Martínez (1993) las tuberías pueden estar construidas por varios materiales. Poseen un diámetro que es aquel que define una sección o área para que circule el agua. Según sea el diámetro será la sección que dispone el agua para recorrer la tubería. Una tubería de diámetro menor tendrá también una menor sección que una de mayor diámetro.

Aspersores no giratorios. Existen en el mercado numerosos modelos de aspersores no giratorios. Uno de los más utilizados tiene un orificio calibrado por donde sale el chorro, que se dispersa al chocar contra un deflector colocado de forma perpendicular u oblicua con respecto al eje del aspersor. Estos aspersores se utilizan, por lo general, a baja presión, con

un radio de alcance pequeño (0,5 a 5 m), y su campo de aplicación se limita a invernaderos y jardinería.

Aspersores giratorios Los aspersores giratorios, que son los más utilizados en agricultura, están constituidos por una o más toberas provistas de boquillas calibradas, cuyo diámetro oscila de 2 a 20 mm. El aspersor gira alrededor de su eje, lo que le permite regar la superficie de un círculo cuyo radio corresponde al alcance del chorro. Según el mecanismo que produce el movimiento giratorio, estos aspersores se clasifican de la siguiente forma:

Aspersores de brazo oscilante. El movimiento rotativo de cuerpo del aspersor es discontinuo, debido a impulsiones periódicas provocadas por el chorro del agua que golpea intermitentemente un brazo oscilante, el cual vuelve a su posición inicial por la acción de un resorte o de un contrapeso. Son aspersores de giro lento.

Los aspersores de brazo oscilante son los más utilizados, existiendo en el mercado una amplia gama de modelos, desde pequeño aspersores con una sola boquilla hasta grandes aspersores con varias boquillas.

Algunos aspersores tienen un dispositivo que limita el área regada a un sector circular aspersores sectoriales se utilizan en las lindes, junto a caminos y en los ángulos de las parcelas, con el fin de evitar el riego de áreas exteriores a la parcela.

Aspersores de reacción. Están basados en el molinete hidráulico, en donde la reacción a la salida del agua provoca el movimiento de giro del

aspersor. La boquilla o boquillas están orientadas de forma que la reacción al cambio de dirección en el movimiento del agua provoque el movimiento de rotación.

Estos aparatos son de giro rápido. Se utilizan en jardinería y en riego de árboles bajo las copas.

Aspersores de turbina. En estos aspersores el chorro incide sobre una turbina (rueda con aspas), cuyo movimiento se transmite a un eje instalado a lo largo del tubo del aspersor, y de éste, mediante engranajes, a la base del aspersor, para producir un giro del aspersor lento y uniforme. Estos aspersores, por lo general, son de gran tamaño y suministran grandes caudales.

Según la presión de funcionamiento, los aspersores giratorios se clasifican de la forma siguiente:

De baja presión. Funcionan con presiones inferiores a 2 kg/cm^2 . Suelen arrojar un caudal inferior a 1.000 l/hora y se instalan en espaciamientos inferiores a 12-15 m. Producen un riego uniforme, aun en el caso de vientos de cierta consideración. Se utilizan en jardinería, en hortalizas, en riego de frutales por debajo de las copas de los árboles y en el riego antihelada.

De presión media. Funcionan con presiones comprendidas entre 2 y 4 kg/cm^2 . Arrojan un caudal comprendido entre 1.000 y 6.000 l/hora y se utilizan con espaciamientos comprendidos entre 12 X 12m y 24 X 24 m. Producen un riego bastante uniforme y se utilizan en una gran variedad de suelos y de cultivos extensivos.

De alta presión. Funcionan con una presión superior a 4 kg/cm^2 y arrojan un caudal superior a 6.000 l/hora. Dentro de esta categoría se sitúan los cañones de riego, dotados a veces de 2 ó 3 boquillas (con el fin de conseguir un riego más uniforme), que arrojan unos caudales de hasta 200 m^3 hora o mayores aún.

Los cañones de riego tienen los inconvenientes de que son costosos, tanto de coste inicial como de funcionamiento, el reparto del agua se ve muy afectado por el viento y producen unas gotas muy gruesas que perjudican a determinados suelos y cultivos.

2.6 DISPOSICIÓN DE LAS TUBERÍAS EN LOS SISTEMAS ESTACIONARIOS (Fuentes, 2003)

Las disposiciones básicas más frecuentes son las siguientes:

Disposición unilateral. El ramal de alimentación se sitúa en la linde de la parcela, mientras que los ramales laterales se colocan a un solo lado de dicho ramal. Cuando los ramales laterales son portátiles se van desplazando a lo largo del ramal de alimentación a medida que se realiza el riego

Disposición bilateral. El ramal de alimentación se sitúa atravesando la parcela por su centro, mientras que los ramales laterales se colocan en ambos lados de aquél. Si los ramales laterales son portátiles se van desplazando sucesivamente a lo largo del ramal de alimentación. Si la instalación es fija se va regando por bloques de riego, ya que de esta forma, al disminuir los bordes

Un caso particular de esta disposición se da cuando del ramal de alimentación parten unas tuberías flexibles, en cuyos extremos se acoplan unos aspersores montados sobre trineos. Los aspersores se desplazan de una posición a la siguiente tirando de la tubería flexible, operación que se realiza desde terreno seco

Para el trazado de los ramales laterales hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Forma de la parcela.
- Topografía del terreno.
- Cultivo.
- Dirección del viento dominante.

Cuando no sea posible atender a todos estos factores se tomará la decisión más favorable. Dentro de lo posible se seguirán las siguientes recomendaciones relativas a los ramales laterales:

Se situarán paralelos a una de las lindes de la parcela.

Se colocarán en dirección perpendicular al viento dominante.

Se colocarán en la dirección de las hileras de las plantas.

Seguirán, en lo posible, las curvas de nivel, para reducir al mínimo las diferencias de presión entre los aspersores de un ramal lateral.

Estas diferencias de presión no deben sobrepasar el 20 % de la presión media. Mejor aún, conviene que sigan una dirección ligeramente descendente, para compensar los aumentos de pérdidas de carga a medida que los aspersores se alejan del origen.

2.7. DISEÑO AGRONÓMICO

Para Fuente, (2001) el diseño agronómico tiene por finalidad garantizar que la instalación sea capaz de suministrar la cantidad suficiente de agua, con un control efectivo de las sales y una buena eficiencia en la aplicación del agua. Se desarrolla en dos fases:

Cálculo de las necesidades de agua.

Determinación de los parámetros de riego:

- Dosis
- Frecuencia e intervalo entre riegos
- Caudal necesario
- Duración del riego

2.7.1 NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS(Fuentes,2003)

Las necesidades netas de riego (N_n) vienen definidas por las siguientes variables:

- Las necesidades de agua del cultivo ET (cultivo).
- Aportaciones de la precipitación efectiva Pe .
- Aporte capilar desde una capa freática próxima a las raíces.
- Variación en el almacenamiento de agua en el suelo.

$N_n = ET$ (cultivo) — Pe — Aporte capilar — Variación de almacenamiento.

Del total de agua de precipitación que cae sobre la superficie de un terreno, una parte se infiltra y se incorpora a la zona radical, otra parte percola en profundidad fuera del alcance de las raíces, otra parte se pierde por escorrentía superficial y otra parte queda interceptada por la vegetación, desde donde se evapora posteriormente. Se llama precipitación efectiva a la proporción de agua retenida en la capa radical con relación a la cantidad de lluvia caída. Su magnitud depende:

- De las características del terreno: condiciones físicas, grado de humedad, pendiente, cobertura de cultivo, etc.
- De las características de la precipitación: altura de agua caída, intensidad, duración y frecuencia.

Salvo en casos muy particulares no se tienen en cuenta el aporte capilar desde la capa freática ni la variación en el almacenamiento de agua en el suelo. En riego localizado tampoco se considera la lluvia efectiva, debido a la gran frecuencia en la aplicación del agua.

2.7.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RIEGO Fuentes, (2003)

La dosis de riego es la cantidad de agua que se aplica en cada riego por cada unidad de superficie. Cabe diferenciar entre dosis neta (Dn) y dosis bruta o total (Dt). La dosis neta corresponde a la reserva fácilmente disponible, y viene dada por la fórmula:

$$Dn = 100 * H * Da * (Ce - Pm) * f$$

Dn = Dosis neta expresada en m³/ha

H = Profundidad de las raíces, en m.

Da = Densidad aparente del suelo.

Ce = Capacidad de campo, expresado en porcentaje en peso de suelo seco.

Pm= Punto de marchitamiento, expresado en porcentaje en peso de suelo seco.

f= Fracción de agotamiento del agua disponible, expresado en tanto por uno.

2.7.3. LA DOSIS TOTAL

$$Dt = \frac{Dn}{Ea}$$

Siendo Ea eficiencia de aplicación.

Se debe regar cuando las extracciones de las plantas agoten la reserva fácilmente disponible. Por consiguiente, el intervalo (i) en días será:

$$i = \frac{\text{Reserva fácilmente disponible}}{Et(\text{cultivo})}$$

Naturalmente, la Dn y las Nn diarias se han de expresar en las mismas unidades (m^3/ha o mm de altura de agua).

2.8. DISEÑO HIDRÁULICO.

2.8.1. CÁLCULO DE LATERALES Y PORTALATERALES Fuentes, (2003)

El diseño hidráulico tiene por finalidad el cálculo de las dimensiones de la red de distribución y del óptimo trazado de la misma.

Los ramales laterales, portaaspersores o alas de riego son los que distribuyen el agua al cultivo por medio de los aspersores acoplados a ellos. Las tuberías portalaterales o de alimentación son aquellos de donde derivan los laterales. Tanto en laterales como en portalaterales se da el caso de una conducción con salidas múltiples distribuidas a lo largo de ella, uniformemente espaciadas y por las que descarga el mismo caudal.

$$Q = n \cdot q$$

Q =Caudal del ramal.

n = Número de salidas.

q = Caudal de cada salida.

Este autor manifiesta que al principio de la tubería con salidas múltiples (en su conexión con la tubería de alimentación), el caudal es Q . A medida que se avanza en la tubería, las pérdidas de carga por rozamiento son menores que las que ocurrirían en una tubería de igual diámetro y longitud, pero sin salidas intermedias. Estas pérdidas de carga se pueden calcular tramo por tramo entre dos salidas consecutivas, en donde el caudal se mantiene constante, y luego sumar los valores obtenidos en todos los tramos. Para evitar este procedimiento tan engorroso, Christiansen ideó un método basado en calcular la pérdida en una tubería de igual longitud, diámetro y rugosidad, sin salidas intermedias, por la que circula el caudal Q . Posteriormente se multiplica por un coeficiente reductor F (*Factor de Christiansen*) para que las pérdidas en ambos casos sean equivalentes.

Además precisa que el 75 % de las pérdidas de carga por rozamiento que se producen en los ramales laterales ocurren en la primera cuarta parte de su longitud, por cuyo motivo es importante la distancia a que está acoplada la primera salida. En la tabla 2 se muestran los valores del Factor Christiansen, en función del número de emisores, de la constante β , y de la distancia del origen al primer emisor, que puede ser: $l_0 = l$ (la distancia del origen al primer emisor es igual a la distancia entre emisores consecutivos) y $l_0 = l/2$ (la distancia del origen a la primera salida es igual a la mitad de la distancia entre dos emisores).

2.8.2. CÁLCULO DE LATERALES Fuentes, (2003)

El cálculo del diámetro de un ramal lateral se basa en la uniformidad conseguida en la descarga del agua por los aspersores del ramal. Como norma se establece que la diferencia máxima del caudal descargado por dos aspersores cualesquiera del mismo ramal sea inferior al 10 % del caudal nominal. Se demuestra que en riego por aspersión una variación del 10 % del caudal representa una variación del 20 % en la presión de entrada del emisor. Por tanto, la diferencia en la presión de entrada entre dos aspersores cualesquiera del ramal debe ser inferior al 20 % de la presión nominal del aspersor, en caso de ramales horizontales.

Este mismo criterio se podría aplicar (como se hace en riego localizado) a un bloque de riego formado por una tubería portalaterales y por los laterales que derivan de ella. En este caso, el coste mínimo de la instalación ocurre cuando el 55 % de las pérdidas admisibles en el bloque se produce en los laterales, mientras que el 45 % restante se produce en la tubería portalaterales.

Consideremos el primer caso, en que la diferencia de presiones entre dos aspersores cualesquiera del mismo lateral horizontal sea inferior al 20 % de la presión nominal del aspersor. En un lateral, aparte de las pérdidas por rozamiento, se producen unas pérdidas singulares (en los acoplamientos de los tubos, en la conexión de los emisores, etc.). Estas pérdidas singulares representan del 5 al 15 % de las pérdidas por rozamiento (los valores más bajos corresponden a tuberías de PVC y PE, y los más altos a tuberías de aluminio), por lo que la pérdida de carga total podría ser:

$$h = 1,10 \text{ hr}$$

Siendo h y h_r , respectivamente, la pérdida total y las pérdidas por rozamiento.

También se puede considerar que la pérdida total es la de una tubería semejante de igual diámetro, pero con una longitud ficticia (L_f) cuyo valor es igual a 1,10 su longitud real (L).

$L_f = 1,10L$,

Las pérdidas de carga que se producen en un lateral son:

$$h = J \cdot F \cdot L_f$$

h = Pérdida de carga en el lateral, en mca.

J = Pérdida de carga unitaria, en mca/m lineal.

F = Factor de Christiansen.

L_f = Longitud ficticia, en m.

Estas pérdidas de carga deben ser, como máximo, las admisibles, es decir, inferiores al 20 % de la presión nominal del aspersor.

2.8.3. CALCULO DE TUBERÍAS SECUNDARIAS Y PRINCIPALES. Fuentes, (2003)

EL cálculo de las tuberías secundarias y principales se hace en cada caso con arreglo al diseño de la instalación. Las pérdidas de carga se pueden calcular por tramos sucesivos de caudal constante, o aplicando el coeficiente de Christiansen para tuberías con salidas uniformemente espaciadas por las que descarga un caudal constante. Cuando en el diseño se forman bloques de riego semejantes a las subunidades de riego localizado, se puede aplicar en el cálculo el mismo criterio que en este sistema de riego.

El cu de Christiansen (1942) es una representación estadística de la uniformidad, utilizado principalmente en los sistemas de aspersión.

2.9 CACAO Infoagro.(2007)

2.9.1 TAXONOMIA Y MORFOLOGIA DEL CULTIVO

Familia: Esterculiáceas.

Especie: *Theobroma cacao* L.

Origen: El hábitat natural del género *Theobroma* está en el más bajo estrato del bosque lluvioso siempre verde. Todas las especies silvestres del género se encuentran en los bosques lluviosos del hemisferio occidental, desde los 18 °N a los 15 °S, es decir desde México, hasta el sur de la Amazonía en Brasil y Bolivia (Toxopeus, 1985).

Árbol de tamaño mediano (5-8 m) aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 m cuando crece libremente bajo sombra intensa. Su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 m. Tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales. (Infoagro 2007)

Sistema radicular: La forma y desarrollo de las raíces del cacao dependen principalmente de la textura, estructura y consistencia del suelo así como del modo de reproducción. En suelos profundos bien aireados su crecimiento puede alcanzar hasta 2 metros de profundidad; en suelos pedregosos su crecimiento es tortuoso.

Cuando el suelo es de una estructura granular uniforme y de textura arcillosa, la raíz crece erecta (Batista, 2009.)

Flores: La flor individual del cacao tiene un pedicelo largo y fino de 1 a 1,5 cm de longitud, se compone de cinco sépalos agudos y rosados, de seis a ocho mm de largo, pubescentes, que en la flor abierta se expanden formando ángulo recto con el peciolo. La corola consiste de cinco pétalos blancos de seis a ocho mm de largo. (León, 2000).

Fruto: De tamaño, color y formas variables, pero generalmente tienen forma de baya, de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, siendo lisos o acostillados, de forma elíptica y de color rojo, amarillo, morado o café. La pared del fruto es gruesa, dura o suave y de consistencia como de cuero. Los frutos se dividen interiormente en cinco celdas. La pulpa es blanca, rosada o café, de sabor ácido a dulce y aromática. El contenido de semillas por baya es de 20 a 40 y son planas o redondeadas, de color blanco, café o morado, de sabor dulce o amargo. (Infoagro 2007)

Propagación: La propagación del cacao se realiza por la vía sexual o por semillas y por métodos de reproducción asexual o vegetativa, la cual utiliza los métodos de estacas, injertos y acodos (Soto y Herrera, 1985)

2.10. CARACTERISTICAS DEL CLON EET 116

Pertenece al grupo de los "Amazónicos", caracterizados por su productividad y resistencia a la enfermedad Mal del machete y susceptibilidad a Monilia; presenta alelos de autoincompatibilidad.

En la actualidad este clon es utilizado como patrón para las futuras injertaciones de cualquier tipo u origen de cacao, por lo cual posee alta resistencia a estas enfermedades, sin dejar de descartar que cuando este se comporta como madre para futura hibridación sus progenitores serán

medianamente resistentes a esta enfermedad, por la alta resistencia de la madre. (INIAP, 2007)

Según (Pastorelly 2006) las exigencias agroecológicas en el cultivo de cacao son: temperaturas mínima de 20°C y máximas de 26°C, siendo la óptima de 21°C. Suelos de textura suelta, arcillosos agregados y franco arenosos. Tolerancia a salinidad cero. Profundidad efectiva de enraizamiento de 1,2 m. horas luz entre 800 y 1000 h/año. Humedad relativa óptima de 75%. Tolerancia a inundaciones de 3 – 4 días. Precipitación de 1500 a 2000 mm repartido en todo el año en zonas cálidas, y en épocas seca de 180 a 250 mm. Y en zonas húmedas requiere de 1200 a 1500 mm por año repartido en época seca entre 100 a 120 mm de agua.

2.11. RECOMENDACIONES PARA EL USO DE RIEGO EN CACAO. (INIAP, 2008)

- **Para plantas en crecimiento**

Generalmente los pequeños y medianos productores previamente construyen surco a un costado de las hileras de las plantas y en este caso hacen riego por inundación.

Los sistemas de riego por “goteo” o “micro aspersión” garantizan eficiencia del uso del agua y mantiene un nivel de humedad muy uniforme en suelo.

Sin embargo su utilización se dificulta porque requiere una alta inversión inicial y su operatividad cierto nivel tecnológico, que en la mayoría de los

casos los productores de cacao (medianos y pequeños) no lo tienen. Los agricultores desconocen que este sistema de riego a largo plazo son económicamente rentable. (Agama, J. 2005)

- **Para plantas en producción**

Cuando las plantas de cacao son adultas (comienza a producir mazorca), se les debe proporcionar riego complementario cada treinta días durante la época seca.

En esta etapa los productores que suministran riego a sus huertas lo hacen inundado alrededor de cada planta en una corona que proyecta la copa de los árboles de cacao. En general la fuente de agua son pozos profundos construidos en la plantación y se utilizaba bombas y tubo de plástico de dos o tres pulgadas de PVC. (Enríquez, G. 1995)

Los sistemas de riego "Por Goteo", "Micro aspersion" o "Aspersion Subfoliar", son alternativas tecnológicas que ofrecen ventajas y desventajas indicadas anteriormente y su utilización depende de la decisión del productor.

- **Cantidades que requiere la planta de cacao en época seca**

Los registros de precipitación disponibles para las áreas cacaoteras señalan promedios de 1000mm/año en el valle del río Carrizal-Chone las cantidades calculadas para el riego suplementario complementan y garantizan una provisión de humedad de acuerdo a los requerimientos básicos del cultivo de cacao.

**Cantidades de agua (mm) a aplicar entre Julio y Noviembre en
Huertas de cacao del sistema Carrizal-Chone.**

Etapa del cultivo	Cada 15 días	Cada 30 días	Cantidad total
Transplante definitivo al campo	50	---	500
Plantas en producción	---	100	500

**2.11.1 CONDICIONES DE LA ZONA DE ESTUDIO
Amores(2009.)**

El promedio de lluvias en la zona de Calceta es de 970 mm concentrados en los primeros cuatro o cinco meses del año. Sin embargo, la desviación estándar de ese promedio es amplia, es decir hay años que reciben poca lluvia y otros en que dicho valor excede el promedio, igual a lo que ocurre en otras zonas cacaoteras con promedios diferentes de precipitación. Parte de un ambiente ideal para el cacao es la disponibilidad de 1.500 mm de lluvia anual, bien distribuida para maximizar su desarrollo vegetativo y potencial productivo, pero este ideal no existe en el país. El suelo en la zona de Calceta presenta un alto contenido de arcilla y durante el periodo sin lluvias, las plantas son sometidas a un ambiente muy inclemente por falta de agua. Si el problema no se soluciona con la aplicación de riegos oportunos, se corre el riesgo de que algunas plantas no sobrevivan este

periodo, produciéndose en casos extremos la pérdida de un porcentaje importante de la población.

En las condiciones de la zona de Calceta y similares, el riego representa una práctica necesaria para garantizar el desarrollo y maximizar la expresión del potencial productivo de los nuevos clones. Es conveniente que la cantidad de agua que se aplique, siga estrechamente los patrones de evapotranspiración de la zona, para asegurar que los requerimientos hídricos que demanda una huerta de alta productividad se cubran satisfactoriamente. Una hectárea de cacao puede llegar a consumir por evapotranspiración cerca de 1000 000 de litros de agua por mes. La magnitud de esta cifra proporciona una idea de la importancia de la necesidad de regar, en zonas en que el cacao tiene que pasar muchos meses sin lluvia.(Amores, 2002)

Para mayor precisión, las recomendaciones sobre la frecuencia y láminas de agua necesarias para sostener una huerta cacaoteras de gran productividad, deben ser provistas por expertos en el tema. Sin embargo, como regla general el cacao requiere alrededor de 100 mm de agua por mes o 500 a 600 mm durante la época seca (julio-noviembre) en la zona de Calceta y similares, con una frecuencia de riego quincenal.

2.12. ESPECIFICACION DE LOS ASPERSORES

Según Netafim (2010) menciona que meganet es el nuevo aspersor de Netafim para cultivos a campo abierto. Se caracteriza por su gran robustez, sistema popupantiinsectos y por tener dos chorros que lo equilibran.

Aplicando en riegos de viveros, subarbóreos, germinación, sistema antiheladas y otras aplicaciones.

Modelos de distintos caudales para macros, medios de 6x6 y 10x10.

- Cada aspersor tiene un filtro individual para proteger de la boquilla y simplificar cuando se requiera.
- El aspersor esta codificado con colores para su fácil distinción. El color de la tapa indica el caudal del aspersor, el color de la turbina indica el ángulo de trayectoria.
- La distribución uniforme del aspersor la cual corresponde a su caudal y espaciamiento, es la mas alta en el mercado.
- Puede instalarse en sistemas fijos o desmontables.
- Hecho de materiales resistente a los rayos ultra violeta, resistente a cualquier tipo de clima y nutrientes inyectados en las aplicaciones agrícolas.

El mismo autor manifiesta que los aspersores Meganet poseen las siguientes características:

Dos chorros iguales aseguran un excelente funcionamiento equilibrado del aspersor.

La estructura cerrada y compacta proporciona robustez al aspersor mientras que previene la penetración de insectos dentro de la boquilla y protege a la parte del mecanismo durante el transporte del aspersor.

III. DISEÑO METODOLÓGICO.

3.1 UBICACIÓN.

Este proyecto se ejecutó en el campus de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí sitio El Limón, ubicado geográficamente a una latitud Sur 0°49'23" y 80°11'01" de longitud Oeste con una elevación de 15msnm. Cuenta con un área de 110Ha. y para la Carrera de Ingeniería Agrícola fueron destinadas 17 Ha., de las cuales se tomo 0.55 Ha. para ejecutar el presente proyecto, en el lugar donde encuentra establecido el cultivo de cacao.^{1/}

3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMATICAS.^{1/}

Precipitación media anual:	838,7 mm
Humedad relativa media:	89,9%
Temperatura media anual:	33.3° C
Heliofanía anual	1045.4 horas-sol
Evaporación:	1528 mm

1/. Estación meteorológica ESPAM-MFL,(2010)

3.3. DISEÑO:

LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO.

Se midió el área en el cual se implementó el sistema de riego por aspersión, utilizando un GPS, que permitió obtener datos reales y exactos mediante coordenadas programadas en 17M UTM. En (Prov. S Am 56)

Luego se procedió a dibujar en AutoCad el área tomada con el GPS y se realizó el diseño del sistema de riego por aspersión que permitió determinar la cantidad de materiales y equipos a utilizar. Cabe indicar que no se realizó el levantamiento altimétrico, porque el terreno tiene una topografía plana.

3.3.1. ANÁLISIS DE SUELO.

3.3.1.1 ANÁLISIS FÍSICO.

Se realizó una calicata o pozo agrológico donde se observó la profundidad del suelo y se tomaron muestras a los 40 cm, de profundidad para luego llevarla al laboratorio de suelos de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López" para determinar los siguientes parámetros:

- Textura.
- Densidad Aparente.
- Capacidad de Campo.
- Punto de Marchitez.

3.4. DISEÑO AGRONÓMICO

Para realizar el diseño agronómico se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

3.4.1.DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ET_o .)

Los datos meteorológicos que se utilizaron en los cálculos corresponden a la Estación Meteorológica de Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” (ESPAM-MFL)

La ET_o se la determino mediante el método de la cubeta evaporimétrica que se basa en relacionar la evaporación del agua de la cubeta con la evapotranspiración del cultivo de referencia mediante la siguiente fórmula:

$$ET_o = K_p * E_p$$

De donde:

ET_o = Evaporación del cultivo de referencia, expresada en mm por día.

K_p = Coeficiente de la cubeta de la clase A,

E_p = Evaporación de la cubeta, expresada en mm por día

3.4.2.CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION DE CULTIVO (ET_c .)

Se calculo por medio de la siguiente fórmula.

$$ET(\text{cultivo}) = ET_0 * Kc$$

$ET(\text{cultivo})$ = Evapotranspiración del cultivo o real, expresada en mm

ET_0 = Evaporación del cultivo de referencia, expresada en mm por día.

Kc = Coeficiente del cultivo

3.4.3. Dosis de riego e intervalo entre riegos

La dosis neta corresponde a la reserva fácilmente disponible, y viene dada por la fórmula:

$$Dn = 100 * H * Da * (Cc - Pm) * f$$

De donde:

Dn = Dosis neta expresada en m³/Ha.

H = Profundidad de las raíces, en m.

Da = Densidad Aparente del suelo

Cc = Capacidad de campo, expresado en porcentaje en peso de suelo seco

Pm = Punto de marchitamiento, expresado en porcentaje en peso de suelo seco

f = Fracción de agotamiento del agua disponible.

3.4.4. Intervalo

Es igual reserva fácilmente disponible dividido por las necesidades diarias del cultivo.

3.4.5. Caudal necesario

El caudal de agua necesaria viene dado por la expresión:

$$Q = 10 \frac{S * Dt}{ir * T}$$

Q = Caudal necesario, en m³/hora.

S = Superficie regada, en ha.

Dt = Dosis total, en mm de altura de agua.

ir = Número de días empleados en regar, dentro del intervalo de riego.

T = Tiempo de riego, en horas/día.

3.4.6. Elección del aspersor

Con los datos del catálogo se elige un aspersor que, para el marco de riego considerado (10x10), tenga una pluviometría inferior a la velocidad de infiltración estabilizada (13.2mm/hora) y se obtenga una buena uniformidad en el reparto.

3.5. DISEÑO HIDRAULICO

Para el diseño hidráulico se uso las formulas de Christianssen y Blasius.

A continuación se realizaron los siguientes cálculos:

3.5.1. CAUDAL EN EL ORIGEN

Es igual al número de aspersor por el caudal de cada aspersor

$$Q = n \times q$$

3.5.2. LONGITUD REAL

Es igual al número de aspersor menos uno por la longitud del aspersor más el diámetro del aspersor en el origen.

$$Le = n \times Le + do$$

3.5.3. LONGITUD FICTICIA

La longitud ficticia es 1.20 que es un valor constante por la longitud lateral

$$Lf = 1.20 \times Lr$$

3.5.4. CALCULO DEL DIÁMETRO SEGÚN LA FORMULA DE BLASIUS

Es igual a una constante(0.496) por el caudal en el origen elevado a una potencia por el coeficiente de descarga por el factor de christiansen que es un valor de tabla por la longitud ficticia dividido para una constante (0,055) por la presión de trabajo del aspersor todo esto elevado a una potencia.

$$D = \left(\frac{0.496 \times Q^{1.75} \times X \times Fc \times Lf}{0.055 \times H} \right)^{1/4.75}$$

3.5.5. PÉRDIDA DE CARGA REAL

Es igual a una constante por el caudal en el origen elevado a una potencia por el factor de Christianse dado en una tabla por la longitud ficticia dividido por el resultado de factor de Christianse elevado a una potencia.

$$h = \frac{0.496 \times Q^{1.75} \times Fc \times Lf}{D^{4.75}}$$

3.5.6. PRESIÓN NECESARIA EN EL ORIGEN

Es igual a la presión de trabajo del aspersor más una constante por la pérdida de agua real menos la cota final del lateral dividido para dos más la altura del portaaspersor.

$$Po = Pm + (0,75 \times h) - \frac{hg}{2} + ha$$

3.5.7. PERDIDA DE CARGA ADMISIBLE EN LOS PORTALATERALES

La pérdida de carga admisible se calcula mediante 0.1 que es constante dividido, por el coeficiente de descarga multiplicado, por la presión de trabajo menos la pérdida de carga real.

$$ha = \left(\frac{0.1}{x} \times H \right) - h$$

3.5.8. CALCULO DEL DIÁMETRO SEGÚN BLASIUS

El cálculo del diámetro según Blasius es igual a 0.496 que es un valor constante, por el caudal en el origen, por el valor de tabla de Christiane, por la longitud ficticia dividido para la pérdida de carga admisible todo esto elevado a una potencia.

$$D = \left(\frac{0.496 \times Q^{1.75} \times Fc \times Lf}{ha'} \right)^{1/4.75}$$

3.5.9. PERDIDA DE CARGA PRODUCIDA EN LA TERCIARIA

La pérdida de carga producida en la terciaria se la calcula mediante 0.496 que es una constante por el caudal en el origen elevado a una potencia, por el factor de Christiane, por la longitud ficticia dividido para el diámetro según Blasius, pero este resultado depende del diámetro exterior de la tubería

$$ha' = \frac{0.496 \times Q^{1.75} \times Fc \times Lf}{D^{4.75}}$$

3.5.10. PRESIÓN EN EL ORIGEN DE LA TERCIARIA

Es igual a la presión en el origen del lateral, más 0.75 que es una constante por la pérdida de carga producida en la terciaria, más la diferencia entre la cota inicial y final, dividido para dos.

$$Po' = Po + (0,75 \times h') + hg/2$$

3.6. PASOS PARA LA INSTALACIÓN

3.6.1. EXCAVACIÓN

Una vez que las líneas se trazaron se procedió a excavar con un pico y una pala a una profundidad de 0.50 m por 0.40 m de ancho.

3.6.2. COLOCACIÓN DE TUBERÍA

Se colocaron tuberías de conducción de 75 y 32 mm dentro de la zanja, luego fueron enterradas para protegerlas del sol.

3.6.3. ASPERSORES

Una vez instalada la tubería se midió cada 10 m para colocar una T de reducción de 32×20 mm en la cual se le colocó el portaspersor que midió 25 cm de altura en el cual va un adaptador h de 20 mm en donde se coloca el aspersor Meganet. Este es enroscable ya que tenemos que sacarlos y limpiarlos

3.6.4. CABEZAL DE RIEGO

En el cabezal del sistema de riego se instaló una válvula universal cuya función es ajustar o regular la presión según la requiera en el terreno que va a ser regado. Luego se le colocó una válvula de aire que tiene como función de expulsar el aire que se encuentra dentro de la tubería cuando la conducción empieza a trabajar y luego se termine de regar le permita la entrada del aire de modo que las tuberías no se dañen. Y por último un manómetro que sirve para medir la presión de funcionamiento del sistema de riego.

IV. RESULTADOS

Para el diseño agronómico realizado al cultivo de cacao en etapa productiva, se consideraron algunos parámetros para sus cálculos los cuales son:

Una vez realizado el análisis físico del suelo se determinó que predominó una textura Franco Arcillosa, con una densidad aparente de 1.23 g/cc, capacidad de campo 26 mm, y punto de marchitez 8 mm. Se utilizaron datos climáticos de un año atrás, considerando la instalación del sistema de riego. **(Anexo 1)**

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia se utilizó el método de la cubeta evaporimétrica ubicada en la Estación Meteorológica ya que los datos tomados pertenecen a la zona en donde se desarrolla el cultivo de cacao en el cual se implementó el sistema de riego. **(Anexo 2 tabla 1)**

Las Necesidades hídricas diarias del cultivo durante la etapa de producción fueron calculadas para un año, el resultado fluctuó entre 2,52 a 5,21 mm de agua por día. **(Anexo 2 tabla 2)**

La reserva de agua fácilmente disponible es de 5.4 mm, esto se obtuvo considerando las propiedades físicas del suelo y la profundidad de las raíces del cultivo (1 m).

Para determinar el balance hídrico del cultivo se consideraron calcular la precipitación efectiva durante un año estableciéndose que los meses de

diciembre, enero y abril son superiores a las necesidades mensuales, por lo tanto en estos meses no se realizara riego. **(Anexo 2 tabla 4)**

Los intervalos de riego para el cultivo serán de 1 día. El método de riego implementado es el de aspersión por cuanto se debe considerar la eficiencia de aplicación del agua que es de 75%, por cuanto se ajusta a las necesidades diarias a la eficiencia de aplicación del agua del método de riego. **(Anexo 2 tabla 6)**

El distanciamiento de siembra del cultivo del cacao es de 3,5m x 3,5m es decir que 1 aspersor riega a 8 plantas de cacao por lo cual si el caudal del aspersor es de 350l/h se divide para 8 planta cada planta recibirá 43,75 L/h.

Considerando los cálculos anteriores se determino el tiempo de riego para el cultivo de cacao en producción fluctuando entre 6,42min y 9,51min. El caudal necesario para satisface las necesidades hídricas del cultivo del cacao en producción durante 9 meses, es de 2536,4m³. **(Anexo 2 tablas 9 y 10)**

Para el Diseño Hidráulico del cacao en producción, por la desuniformidad de la parcela, los laterales portaspersores no tienen el mismo número de emisores.

El emisor utilizado para el diseño fue el Meganet cuya características son las siguientes: caudal 350 l/h, presión de trabajo 3 bares (43.52 PSI), el diámetro de mojado es de 14m. El espaciamiento entre emisores es de

10m porque se requiere un traslape 25% entre aspersores y así evitar áreas secas dentro del lote de cacao.

Los cálculos realizados para las lateral portaspersores (4 laterales) que funcionan con 9 aspersores son los siguientes: El caudal en el origen del lateral es de 3150 l/h, la longitud real del lateral es 85m, la longitud ficticia calculada es de 102m, el diámetro interior de la tubería del lateral portaspensor es de 28.8mm, y el diámetro exterior, nominal o comercial es de 32mm. La pérdida de carga real en este caso es de 2,9mca, y la presión necesaria en el origen del lateral es de 33,22mca (47.2 PSI). **(Anexo 3)**

Los cálculos realizados para la lateral portaspersores (1 lateral) que funciona con 8 aspersores son los siguientes: El caudal en el origen del lateral es de 2800 l/h, la longitud real del lateral es 75 m, la longitud ficticia calculada es de 90 m, el diámetro interior de la tubería del lateral portaspensor es de 28 mm, y el diámetro exterior, nominal o comercial es de 32 mm. La pérdida de carga real en este caso es de 2,15 mca, y la presión necesaria en el origen del lateral es de 32.66 mca (46.4 PSI).**(Anexo 3)**

Los cálculos realizados para la lateral portaspersores (1 lateral) que funciona con 4 aspersores son los siguientes: El caudal en el origen del lateral es de 1400 l/h, la longitud real del lateral es 35 m, la longitud ficticia calculada es de 42 m, el diámetro interior de la tubería del lateral portaspensor es de 22.6 m, y el diámetro exterior, nominal o comercial es de 32 mm. La pérdida de carga real en este caso es de 1.03 mca, y la presión necesaria en el origen del lateral es de 31.82mca (45.2 PSI). **(Anexo 3)**

Los cálculos realizados para la lateral portaspersores (1 lateral) que funciona con 3 aspersores son los siguientes: El caudal en el origen del lateral es de 1050 l/h, la longitud real del lateral es 25 m, la longitud ficticia calculada es de 30 m, el diámetro interior de la tubería del lateral portaspersor es de 22.6 mm, y el diámetro exterior, nominal o comercial es de 32 mm. La pérdida de carga real en este caso es de 0.49 mca, y la presión necesaria en el origen del lateral es de 31.40 mca (44.6 PSI).

(Anexo 3)

La tubería secundaria o portlaterales necesita un caudal del origen de 17850 l/h, la longitud real es de 75 m, la longitud ficticia calculada es de 90 m, la pérdida de carga admisible es de 3,22 mca. El diámetro interior y exterior, nominal o comercial de la tubería es de 58,1 y 63 mm respectivamente. La pérdida de carga es de 1.99 mca, y la presión necesaria en el origen de la secundarias 34.9 mca (49.6 PSI)

Los costos incurridos en la compra de materiales, del diseño e instalación del sistema de riego por aspersión es de \$ 1211,029.

4.1. GUIA DE USO DEL SISTEMA DE RIEGO

Para la correcta operación del sistema de riego se deben seguir los siguientes pasos:

1. Revisar que la presión del manómetro del cabezal sea la adecuada. (49.6 PSI)
2. Una vez revisada la presión, abrir la válvula de paso para que funcionen simultáneamente las 8 laterales portaspersores.
3. Constatar que los aspersores estén en bien ajustados y que estén funcionando correctamente.

4. Si algún aspersor se encuentra obstruido se debe proceder a quitar el difusor (tobera) de este y dejar correr el agua, para así, eliminar las impurezas que se encuentren en la tubería.

V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

- La instalación de sistema de riego en el cacao, es una buena opción para incrementar la productividad del cultivo, debido a que la planta recibe sus requerimientos de agua en la cantidad precisa.
- Con la realización de los diseños agronómicos e hidráulicos se obtienen las necesidades hídricas reales de la planta y los caudales y presiones de trabajo adecuados para el buen funcionamiento del sistema de riego.
- La aplicación de la guía para la correcta operacionalidad del sistema de riego contribuirá a la larga vida útil del mismo.

5.2. RECOMENDACIONES.

- Realizar evaluaciones del funcionamiento del sistema de riego anualmente.
- Establecer evaluaciones sobre la productividad del cultivo de cacao considerando el sistema de riego instalado.
- Efectuar un adecuado mantenimiento al sistema de riego.
- La utilización de este sistema de riego, es recomendable, por la facilidad de su manejo y por el ahorro en mano de obra, ya que el sistema puede ser operado por una sola persona.
- Probar otros tipos de sistemas de riego presurizado en el área de la carrera Agrícola de la ESPAM MFL para optimizar el uso del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFIA

- Amores, F; Peña, G; Motamayor, J; Schnell, R; Calderón, D; Suárez, C; y Loor G. 2009. Búsqueda de clones superiores con parte de una investigación colaborativa INIAP-USDA-MARS para el mejoramiento genético de cacao en el Ecuador. Documento científico.
- Amores, F., 2002. Requerimientos de suelo para el cultivo del cacao. Revista Sabor arriba. Vol.1 N° 2. ANECACAO. Guayaquil. EC. p.18-20.
- Armoni, S. 2002. Riego por goteo y Microjet. Facultad de Ingeniería agrícola universidad de concepción. Primera edición Madrid España.
- Agama, J. 2005. Selección de progenies y plantas élite de cacao (*Theobromacacao L.*) mediante evaluación de características agronómicas y de resistencia a enfermedades. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 96 p.
- Batista, L.; 2009. Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF, 2009. p 250.
- Bautista. M. J. A. 1997. Respondiendo a la escasez de Agua de Riego. Cambio institucional y Mercado de Agua. Estudio de un caso en las islas canarias. Revista. Economía Agraria. p 167-197.
- Bonneau, L. (2001) Performance of irrigation systems on irrigated banana plantation in Cameroon, (en línea). Disponible en <http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/iwe/index.htm>. [Consulta junio 2011]
- Cevallos, J. (2005), El desarrollo agropecuaria de Manabí. Capítulo 4: El cultivo de Cacao. Ed. por Casa de la Cultura Ecuatoriana. Portoviejo – Ecuador. p 85.
- Christiansen J., 1942. Irrigation by Sprinkling. Revista, Cie Téc Agr. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba. Vol.19. N°4. p. 180.

- Duran, A. 1998. Disponibilidad de agua y decisiones productivas: el rol de las estrategias de uso de agua en la agricultura regada campesina. Documento presentado en: Curso posgrado de especialización en gestión campesina y diseño de sistema de riego (junio- diciembre de 1998). PEIRAV-PRONAR-FCAPFYV. Cochabamba, Bolivia. p.20.
- Doorenbos J. y Pruitt W. O. 1990. Las necesidades de Agua de los Cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje 24. FAO. ROMA.
- Enríquez, G. 1995. Beneficios del cacao. Ed. por Sección de Comunicaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Boletín Divulgativo N°254 Quito – Ecuador.
- Fuente, L. 2001 Performance of irrigation systems on irrigated banana plantation in Cameroon, (en línea). Consultado junio del 2010 Formato (PDF). Disponible en <http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/iwe/index.htm>
- Fuentes J. 2003 Técnicas de Riego. Cuarta Edición. Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid. España ed. por Mundi-prensa. p 235-279.
- Granados A. 1990. Infraestructura de Regadíos, Redes Colectivas de Riego a Presión. Universidad Politécnica de Madrid. España. p 166.
- Goyal, M. 2007 Manual de riego por goteo. Capítulo 4: El riego por aspersión, Universidad de Puerto Rico – Recinto de Mayagüez, PO Box 5984, Mayagüez. Puerto Rico 00681-5984 p.99.
- Gurovich R. 1999. Riego Superficial Tecnificado. Segunda Edición Editorial Alfaomega. Universidad Católica de Chile. p 77.
- INFOAGRO 2007 EL cultivo de cacao. Parte 1. (en línea). (Consultada el 21 de enero del 2010). Formato (PDF). Disponible en <http://www.infoagro.com>
- INIAP, 2007 Característica de clones de Ascendencia Nacional. Estación Experimental Pichilingue. Quevedo. Ecuador.

- INIAP, 2008 Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Riego suplementario para el cultivo de cacao en Manabí, boletín divulgativo N° 345, Ecuador Manabí. p. 1, 15-17.
- Janet, K. 1990. El Agua en el suelo. Agricultura de las Américas, 2da edición editorial. Acribia España.p146-150.
- León, Jorge. 2000. Botánica de los Cultivos Tropicales. Tercera edición. San José, C. R. IICA. p 678.
- Losada, A. 2000. El Riego fundamento hidráulico. 3ª edición. Universidad Politécnica de Madrid Ministerio de agricultura alimentación y pesca Madrid- España.
- Martínez, L. 2003.Control e implementación de sistemas de riego. MX. P 38.
- Martínez, M., 1993. Hidráulica Aplicada a proyectos de Riego. Universidad de Murcia, ES. p. 311.
- Montero, J., 2000. Análisis de la Distribución de Agua en el Sistema de Riego por Aspersión Estacionario. Universidad de Castilla. La Mancha. Revista, AGROS 35. Vol.3. N° 46. p. 125.
- Moya, J. 2000. Riego localizado y Fertirrigación. 3ª edición. Ministerio de agricultura alimentación y pesca Madrid- España.p.323-327.
- Netafim 2010. Especificación Técnica del Aspersor Meganet. (en línea) Ecuador Consultado 20 sept 2010.Formato (PDF). Disponible en [http//,www.netafim.com](http://www.netafim.com)
- Pastorelly, D.; Vera, M., Pilamunga, M.; Izquierdo, L.; Mejia y Posligua, W.; Zambrano, D.; Rodriguez, R., 2006. Manual del cultivo de cacao. ANECACAO, Guayaquil, Ec. p 80. (En línea). EC. Consultado, 29 de ene. Disponible en, [http//:www.ciifen-int.org](http://www.ciifen-int.org).

- Ramírez V. 2007. Manual de riego por goteo. Tercera Edición: El riego por aspersión, Universidad de Puerto Rico- Recinto de Mayagüez.
- Seguí, P. 1995. Riego y Drenaje. Editorial Pueblo y Educación. P. 224. La Habana – Cuba.
- Soto, J; Herrera, S. 1985. Propagación. In. SARH. Manual sobre el Cultivo del Cacao. Tapachula, Chiapas. MX. p 38-49
- Terrón, U. 2002. Escuela politécnica de Madrid. Ingeniero de la producción vegetal. Ed. Mundi – prensa. Madrid. España. p 324
- Tovar R. E. 1993. Hidráulica Elemental. UACH. Dirección de Difusión Cultural. Departamento de Irrigación, Chapingo, México. p 25.
- Toxopeus, H. 1985. Botany, Types and Population, in Cocoa.London. England. p 11-37.
- Valverde, J. 2007. Riego y Drenaje. Universidad Estatal A Distancia. San José, Costa Rica.
- Vera L. 2009 Docente de la Asignatura de Cultivo de Cacao de la Carrera agrícola-ESPAM Calceta Manabí. Consulta realizada en miércoles 28 de Noviembre del 2009. (Referencia personal)

ANEXOS

ANEXO 1

Cálculos de textura del suelo que posee el área en donde se implemento el sistema de riego por aspersión.

Tabla nº 1

	Textura	Capacidad de campo	Punto de marchitez
Perfil 1	Franco limoso	26	8
Perfil 2	Franco arenoso	21	7
Perfil 3	Franco arenoso	23	8
Perfil 4	Franco arenoso	23	8
Perfil 5	Franco limoso	26	10
Perfil 6	Franco limoso	28	9

ANEXO 2

DISEÑO AGRONÓMICO PARA CULTIVO DE CACAO EN PRODUCCION DEL CLON EET 116

$$ET_o = K_p \times E_p$$

Tabla N°1:

Evapotranspiración por el método de la cubeta			
MESES	KP	EP	ET_o (mm/día)
Noviembre	0,85	3,98	3.383
Diciembre	0,85	2,83	2.405
Enero	0,85	3,32	2.822
Febrero	0,85	4,37	3.714
Marzo	0,85	5,33	4.530
Abril	0,85	3,97	3.374
Mayo	0,85	4,60	3.91
Junio	0,85	3,98	3.383
Julio	0,85	4,12	3.502
Agosto	0,85	5,12	4.352
Septiembre	0,85	5,84	4.964
Octubre	0,85	5,40	4.59
Noviembre	0,85	5,69	4.83

Coeficiente Kp, en el caso de una cubeta de la clase A, para diferentes cubiertas y niveles de humedad relativa media y vientos durante las 24 horas (FAO).

<i>Cubeta clase A</i>	<i>Caso A</i>			<i>Caso B</i>				
	<i>Cubeta rodeada de cubierta verde baja</i>			<i>Cubeta con barbecho de secano</i>				
<i>RH media %</i>		<i>Baja <40</i>	<i>Media 40-70</i>	<i>Alta >70</i>		<i>Baja <40</i>	<i>Media 40-70</i>	<i>Alta >70</i>
<i>Vientos km/día</i>	<i>Distancia a barlovento de la cubierta verde (en m)</i>				<i>Distancia a barlovento del barbecho de secano (en m)</i>			
<i>Débiles <175</i>	0	0,55	0,65	0,75	0	0,7	0,8	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,6	0,7	0,8
	100	0,7	0,8	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1.000	0,75	0,85	0,85	1.000	0,5	0,6	0,7
<i>Moderados 175-425</i>	0	0,5	0,6	0,65	0	0,65	0,75	0,8
	10	0,6	0,7	0,75	10	0,55	0,65	0,7
	100	0,65	0,75	0,8	100	0,5	0,6	0,65
	1.000	0,7	0,8	0,8	1.000	0,45	0,55	0,6
<i>Fuertes 425-700</i>	0	0,45	0,5	0,60	0	0,6	0,65	0,7
	10	0,55	0,6	0,65	10	0,5	0,55	0,65
	100	0,6	0,65	0,7	100	0,45	0,5	0,6
	1.000	0,65	0,7	0,75	1.000	0,4	0,45	0,55
<i>Muy fuertes >700</i>	0	0,4	0,45	0,5	0	0,5	0,6	0,65
	10	0,45	0,55	0,6	10	0,45	0,5	0,55
	100	0,5	0,6	0,65	100	0,4	0,45	0,5
	1.000	0,55	0,6	0,65	1.000	0,35	0,4	0,45

Fuentes, J. 2003. Técnicas de Riego.

ETAPAS DEL CULTIVO

	I	II	III
Días	270	365	365
Kc	1	1.05	1.05

NECESIDADES DIARIAS DEL CULTIVO SEGUN ETAPAS DE PRODUCCION

$$ET(\text{cultivo}) = ETo * Kc$$

Tabla N°2:

MESES	ETo	Kc	<i>Etc.(mm/días)</i>
Noviembre	3.383	1.05	3.552
Diciembre	2.405	1.05	2.525
Enero	2.822	1.05	2.963
Febrero	3.714	1.05	3.899
Marzo	4.530	1.05	4.756
Abril	3.374	1.05	3.543
Mayo	3.91	1.05	4.105
Junio	3.383	1.05	3.552
Julio	3.502	1.05	3.677
Agosto	4.352	1.05	4.569
Septiembre	4.964	1.05	5.212
Octubre	4.59	1.05	4.819
Noviembre	4.83	1.05	5.071

NECESIDADES MENSUALES DEL CULTIVO

$$Nmc = Etc \times dias$$

Tabla N° 3:

MESES	<i>Etc.</i>	<i>días</i>	<i>N.m.c (mm/mes)</i>
Noviembre	3.552	30	106.56
Diciembre	2.525	31	78.27
Enero	2.963	31	91.85
Febrero	3.899	29	113.07
Marzo	4.756	31	147.43
Abril	3.543	30	109.83
Mayo	4.105	31	127.25
Junio	3.552	30	106.56
Julio	3.677	31	113.98
Agosto	4.569	31	141.63
Septiembre	5.212	30	156.36
Octubre	4.819	31	149.38
Noviembre	5.071	30	152.13

DATOS DEL SUELO

Capacidad de campo	26mm
Punto de marchitez	8mm
Fracción de agotamiento	0.30m
Profundidad de las raíces	1m

AGUA DISPONIBLE ($Ad = Cc - Pm$)

$$Ad = 26 - 8 = 18mm/profundidad$$

RESERVA DE AGUA DISPONIBLE ($Rad = Ad \times Pr$)

$$Rad = 18 \times 1 = 18mm$$

RESERVA DE AGUA FACILMENTE DISPONIBLE

$$(Rafd = Rda \times Fa)$$

$$Rafd = 18 \times 0.30 = 5.4mm$$

PRECIPITACION EFECTIVA

Cuando P es superior a 75mm, la precipitación efectiva (Pe) se

Puede calcular mediante la formula. $Pe = 0.8 \times P - 25$

Cuando P es inferior a 75mm se aplica la formula. $Pe = 0.6 \times P - 10$

Tabla N°4:

MESES		P		Pe
Noviembre	0.6	3.6	10	-7.84
Diciembre	0.8	268.2	25	189.56
Enero	0.8	93.6	25	49.88
Febrero	0.8	100.2	25	55.16
Marzo	0.6	54.4	10	22.64
Abril	0.8	210.2	25	143.16
Mayo	0.6	1.9	10	-8.86
Junio	0.6	11.8	10	-2.92
Julio	0.6	9.3	10	-4.42
Agosto	0.6	0.5	10	-9.7
Septiembre	0.6	0.1	10	-9.94
Octubre	0.6	1.2	10	-9.28
Noviembre	0.6	0.7	10	-9.58

La Pe negativas calculadas no se consideran para realiza el cálculo posterior.

Tabla N°5:

MESES	Nm	Pe	
Diciembre	78.27	189.56	-111.29
Enero	91.85	70.243	21.60
Febrero	113.07	55.16	57.91
Marzo	147.43	22.64	124.79
Abril	109.83	143.16	-33.33

INTERVALO DE RIEGO

$$I_n = \frac{R.a.f.d}{Nd}$$

Tabla N°6:

MESES	R.a.f.d	ND	I_n
Noviembre	5.4	3.552	1.52
Febrero	5.4	3.899	1.38
Marzo	5.4	4.756	1.13
Mayo	5.4	4.105	1.31
Junio	5.4	3.552	1.52
Julio	5.4	3.677	1.46
Agosto	5.4	4.569	1.18
Septiembre	5.4	5.212	1.03
Octubre	5.4	4.819	1.12
Noviembre	5.4	5.071	1.06

Los intervalos de riego no se pudieron calcular para los meses Diciembre Enero y Abril puesto que la precipitación efectiva en esos meses fue mayor que las necesidades hídricas del cultivo.

DOSIS NETA AJUSTADA

$$Dn = Nd \times In$$

Tabla N°7:

MESES	Nd	In	Dn
Noviembre	3.552	1	3.552
Febrero	3.899	1	3.899
Marzo	4.756	1	4.756
Mayo	4.105	1	4.105
Junio	3.552	1	3.552
Julio	3.677	1	3.677
Agosto	4.569	1	4.569
Septiembre	5.212	1	5.212
Octubre	4.819	1	4.819
Noviembre	5.071	1	5.071

DOSIS TOTAL AJUSTADA

$$Dta = \frac{D.n}{(0.75)}$$

Tabla N°8:

MESES	Dn		D.t.a
Noviembre	3.552	0.75	4.73
Febrero	3.899	0.75	5.19
Marzo	4.756	0.75	6.34
Mayo	4.105	0.75	5.47
Junio	3.552	0.75	4.73
Julio	3.677	0.75	4.90
Agosto	4.569	0.75	6.09
Septiembre	5.212	0.75	6.94
Octubre	4.819	0.75	6.42
Noviembre	5.071	0.75	6.76

TIEMPO DE RIEGO

Este calculo se lo realizo con una simple regla de tres.

Tabla N°9:

MESES	Min	L/H por planta	Dt	Total en Min	Total en h/días
Noviembre	60	43.75	4.73	6.48	0.10
Febrero	60	43.75	5.19	7.11	0.11
Marzo	60	43.75	6.34	8.69	0.14
Mayo	60	43.75	5.47	7.50	0.12
Junio	60	43.75	4.73	6.48	0.10
Julio	60	43.75	4.90	6.72	0.11
Agosto	60	43.75	6.09	8.35	0.13
Septiembre	60	43.75	6.94	9.51	0.15
Octubre	60	43.75	6.42	6.42	0.14
Noviembre	60	43.75	6.76	6.76	0.15

Los meses de Diciembre, Enero y Abril no son tomados en cuenta debido a que la precipitación efectiva cubre las necesidades hídricas del cultivo.

CAUDAL NECESARIO

$$Q = 10 \frac{S \times Dt}{ir \times t}$$

Tabla N°10:

MESES		S	Dt	lr	t (h/d)	Q (m³/h)
Noviembre	10	0.55	4.73	1	0.10	260.1
Febrero	10	0.55	5.19	1	0.11	259.5
Marzo	10	0.55	6.34	1	0.14	249
Mayo	10	0.55	5.47	1	0.12	250.7
Junio	10	0.55	4.73	1	0.10	260.1
Julio	10	0.55	4.90	1	0.11	245
Agosto	10	0.55	6.09	1	0.13	257.6
Septiembre	10	0.55	6.94	1	0.15	254.4
Octubre	10	0.55	6.42	1	0.14	252.2
Noviembre	10	0.55	6.76	1	0.15	247.8
						2536.4m³/h

ANEXO 3

DISEÑO HIDRAULICO

Numero de aspersores (n)	9
Caudal del aspersor (q)	350 L/h
Presión del trabajo (Pn)	3 bares(43.52 psi)
Separación del aspersor (Le)	10m
Distancia del primer aspersor (do)	5m

CAUDAL EN EL ORIGEN

$$Q = n \times q$$

$$Q = 9 \times 350$$

$$Q = 3150 \text{ l/h}$$

LONGITUD REAL

$$L_R = n \times Le + do$$

$$L_R = 8 \times 10 + 5$$

$$L_R = 85 \text{ m}$$

LONGITUD FICTICIA

$$L_f = 1.20 \times L_R$$

$$L_f = 1.20 \times 85$$

$$L_f = 102 \text{ m}$$

CALCULO DE DIAMETRO SEGÚN LA FORMULA DE BLASIUS

$$D = \left(\frac{0.496 \times Q^{1.75} \times X \times Fc \times L_f}{0.055 \times H} \right)^{1/4.75}$$

$$D = \left(\frac{0.496 \times 3150^{1.75} \times 0.5 \times 0.380 \times 102}{0.055 \times 30.6} \right)^{1/4.75}$$

$$D = 28.06 \text{ mm}$$

Se elige la tubería de PVC de diámetro interior 28.8mm y de diámetro exterior 32mm

PERDIDA DE CARGA REAL

$$h = \frac{0.496 \times Q^{1.75} \times Fc \times L_f}{D^{4.75}}$$

$$h = \frac{0.496 \times 3150^{1.75} \times 0.380 \times 102}{28.8^{4.75}}$$

$$h = 2.9 \text{ mca}$$

PRESION NECESARIA EN EL ORIGEN

$$P_o = P_m + (0.75 \times h) + \frac{hg}{2} + 0.25$$

$$P_o = 30.6 + (0.75 \times 2.9) + \frac{0.40}{2} + 0.25$$

$$P_o = 33.22 \text{ mca}$$

CAUDAL EN EL ORIGEN

$$Q = n \times q$$

$$Q = 8 \times 350$$

$$Q = 2800 \text{ l/h}$$

LONGITUD REAL

$$L_R = n \times L_e + d_o$$

$$L_R = 7 \times 10 + 5$$

$$L_R = 75 \text{ m}$$

LONGITUD FICTICIA

$$L_f = 1.20 \times L_R$$

$$L_f = 1.20 \times 75$$

$$L_f = 90 \text{ m}$$

CALCULO DEL DIAMETRO SEGÚN LA FORMULA DE BLASIUS

$$D = \left(\frac{0.496 \times Q^{1.75} \times X \times F_c \times L_f}{0.055 \times H} \right)^{1/4.75}$$

$$D = \left(\frac{0.496 \times 2800^{1.75} \times 0.5 \times 0.383 \times 90}{0.055 \times 30.6} \right)^{1/4.75}$$

$$D = 26.2 \text{ mm}$$

Se elígela tubería de PVC de diámetro interior 28mm y de diámetro exterior 32mm.

PERDIDA DE CARGA REAL

$$h = \frac{0.496 \times Q^{1.75} \times Fc \times Lf}{D^{4.75}}$$

$$h = \frac{0.496 \times 2800^{1.75} \times 0.383 \times 90}{28.8^{4.75}}$$

$$h = 2.15 \text{ mca}$$

PRESION NECESARIA EN EL ORIGEN

$$Po = Pm + (0.75 \times h) + \frac{hg}{2} + 0.25$$

$$Po = 30.6 + (0.75 \times 2.15) + \frac{0.40}{2} + 0.25$$

$$Po = 32.66 \text{ mca}$$

CAUDAL EN EL ORIGEN

$$Q = n \times q$$

$$Q = 4 \times 350$$

$$Q = 1400 \text{ l/h}$$

LONGITUD REAL

$$L_R = n \times L_e + d_o$$

$$L_R = 3 \times 10 + 5$$

$$L_R = 35 \text{ m}$$

LONGITUD FICTICIA

$$L_f = 1.20 \times L_R$$

$$L_f = 1.20 \times 35$$

$$L_f = 42 \text{ m}$$

CALCULO DEL DIAMETRO SEGÚN LA FORMULA DE BLASIUS

$$D = \left(\frac{0.496 \times Q^{1.75} \times X \times F_c \times L_f}{0.055 \times H} \right)^{1/4.75}$$

$$D = \left(\frac{0.496 \times 1400^{1.75} \times 0.5 \times 0.419 \times 42}{0.055 \times 30.6} \right)^{1/4.75}$$

$$D = 17.62 \text{ mm}$$

Se elige la tubería de PVC de diámetro interior 22.6 mm y de diámetro exterior 32mm.

PERDIDA DE CARGA REAL

$$h = \frac{0.496 \times Q^{1.75} \times F_c \times L_f}{D^{4.75}}$$

$$h = \frac{0.496 \times 1400^{1.75} \times 0.419 \times 42}{22.6^{4.75}}$$

$$h = 1.03 \text{ mca}$$

PRESION NECESARIA EN EL ORIGEN

$$P_o = P_m + (0.75 \times h) + \frac{hg}{2} + 0.25$$

$$P_o = 30.6 + (0.75 \times 1.03) + \frac{0.40}{2} + 0.25$$

$$P_o = 31.82 \text{ mca}$$

CAUDAL EN EL ORIGEN

$$Q = n \times q$$

$$Q = 3 \times 350$$

$$Q = 1050 \text{ l/h}$$

LONGITUD REAL

$$L_R = n \times L_e + d_o$$

$$L_R = 2 \times 10 + 5$$

$$L_R = 25 \text{ m}$$

LONGITUD FICTICIA

$$L_f = 1.20 \times L_R$$

$$L_f = 1.20 \times 25$$

$$L_f = 30 \text{ m}$$

CALCULO DE DIAMETRO SEGÚN LA FORMULA DE BLASIUS

$$D = \left(\frac{0.496 \times Q^{1.75} \times X \times Fc \times Lf}{0.055 \times H} \right)^{1/4.75}$$

$$D = \left(\frac{0.496 \times 1050^{1.75} \times 0.5 \times 0.448 \times 30}{0.055 \times 30.6} \right)^{1/4.75}$$

$$D = 14.9 \text{ mm}$$

Se elige la tubería de PVC de diámetro interior 22.6mm y de diámetro exterior 25mm.

PERDIDA DE CARGA REAL

$$h = \frac{0.496 \times Q^{1.75} \times Fc \times Lf}{D^{4.75}}$$

$$h = \frac{0.496 \times 1050^{1.75} \times 0.448 \times 30}{22.6^{4.75}}$$

$$h = 0.47 \text{ mca}$$

PRESION NECESARIA EN EL ORIGEN

$$Po = Pm + (0.75 \times h) + \frac{hg}{2} + 0.25$$

$$Po = 30.6 + (0.75 \times 0.47) + \frac{0.40}{2} + 0.25$$

$$Po = 31.40 \text{ mca}$$

CAUDAL DE ORIGEN DE LOS LATERALES O TERCIARIA

$$Q_t = 17850 \text{ l/h}$$

LONGITUD REAL

$$L = n \times L_e \times d_o$$

$$L = (7 \times 10) + 5$$

$$L = 75 \text{ m}$$

LONGITUD FICTICIA

$$L_f = 1.20 \times l$$

$$L_f = 1.20 \times 75$$

$$L_f = 90 \text{ m}$$

PERDIDA DE CARGA ADMISIBLE EN LA TERCIARIA O PORTALATERALES

$$h_{a'} = \left(\frac{0.1}{x} \times H \right) - h$$

$$h_{a'} = \left(\frac{0.1}{0.5} \times 30.6 \right) - 2.90$$

$$h_{a'} = 3.22 \text{ mca}$$

DIAMETRO SEGÚN BLASIUS

$$D = \left(\frac{0.496 \times Q^{1.75} \times F_c \times L_f}{h_{a'}} \right)^{1/4.75}$$

$$D = \left(\frac{0.496 \times 17850^{1.75} \times 0.380 \times 90}{3.22} \right)^{1/4.75}$$

$$D = 52.5 \text{ mm}$$

Se elige unatubería de PVC de diámetro interior 58.1mm y de diámetro exterior 63 mm.

PERDIDA DE CARGA PRODUCIDA EN LA SECUNDARIA

$$h' = \frac{0.496 \times Q^{1.75} \times Fc \times Lf}{D^{4.75}}$$

$$h' = \frac{0.496 \times 17850^{1.75} \times 0.388 \times 90}{58.1^{4.75}}$$

$$h' = 1.99 \text{ mca}$$

PRESION EN EL ORIGEN DE LA SECUNDARIA

$$Po' = Po + (0.75 \times h') + Hg/2$$

$$Po' = 33.22 + (0.75 \times 1.99) + 0.40/2$$

$$Po' = 34,9 \text{ mca}$$

$$10 \text{ mca} \quad 14.22 \text{ psi}$$

$$34.9 \text{ mca} \quad x = 49.6 \text{ psi}$$

VI. COSTO DE INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO

DESCRIPCION DE MATERIALES	Cantidad	PVP	TOTAL
Meganet 650 lh	54,00	3,5	189
Tubería PVC de 75mm x 0.5 mpa	9,00	9	81
Tubería PVC de 63mm x 0.63 mpa	9,00	7,9	71,1
Tubería PVC de 32mm x 0.80 mpa	85,00	3,8	323
Codos pvc 90°x75mm T	5,00	6,00	30
Codos pvc 90°x32mm T	9,00	1,00	9
Codos pvc 90°x25mm T	23,00	0,56	12,88
Tee reducción de 75*32mm	9,00	4	36
Tee reducción de 32*20mm	54,00	1,2	64,8
Válvula de 3"	1,00	159	159
Reducción de 75mmx32mm/75x63mm	2,00	3	6
Pega	1,00	6	6
Adaptadores machos de 75mmx3"	2,00	3,45	6,9
collarín 75x3/4	1,00	4	4
válvula de aire ¾	1,00	22	22
Adaptadores h de 20mm	54,00	0,45	24,3
Teflón	3	1	3
Mano de obras	10	10	100
			1147.98
Imprevisto			63.049
	TOTAL		1211.029





















