



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

Metodología de cálculo del diseño de un sistema de riego por aspersion aplicado al Cultivo del Maíz (*Zea Mays L*) en el Centro Experimental Agrícola de la “Facultad de Tecnología de la Construcción” propiedad de la Universidad Nacional de Ingeniería CEA-UNI-FTC.

TRABAJO MONOGRÁFICO PRESENTADO POR:

Br. Irasema Isabel Kerr Pérez
Br. Héctor Osmany Centeno Rodríguez

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

TUTOR:

Dr. Álvaro Benito Aguilar Velásquez

ASESOR:

Ing. José Mamerto Méndez Úbeda

MANAGUA, NICARAGUA
NOVIEMBRE, 2012

Dedicatoria

Le dedico esta Monografía A:

Díos:

Padre y Señor de los cielos, por ser mi guía, mi fortaleza, mi luz y porque gracias a él logre alcanzar unas de mis principales metas que me he propuesto en mi vida.

Mis Padres:

Sra. Josefana Isabel Sosa Cuadra y Sra. Irasema de la Luz Pérez Sosa, quienes han sido una madre que con su amor y su presencia ha sabido alentarme en mis metas.

Sr. Felipe Lester Kerr y Licdo. Nómel Pérez Sosa mis padres, una bendición de Dios en este mundo que con su protección y sus consejos me han guiado y apoyado en mis metas y proyectos.

Mis Hermanos:

En especial a Lester Rogelio por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, quien ha sido un orgullo y ejemplo a seguir, Jureann Lexamird y Verónica Sugely Kerr, con quienes he compartido mi niñez y me han acompañado en los momentos alegres y difíciles en familia y como los mejores amigos.

Mi Familia:

Mis tíos, en especial Amelín Pérez Sosa, Verónica Gunter y Norma María Medrano con quienes he crecido con un trato fraternal, al igual a todos los demás, que son muchos para tan poco espacio, pero que igualmente les quiero.

Dr. Irasema Isabel Kerr Pérez

Agradecimiento

Díos

Supremo padre, por haberme permitido cumplir esta meta y abrigarme con su misericordia y permitirme gozar de una familia.

Mís Padres y Hermanos

Por cuyo sacrificio y esfuerzo he podido lograr cada uno de mis proyectos, por estar presente con sus consejos y compañía en los buenos momentos, pero sobre todo por su amistad y amor en los momentos difíciles.

Familia

Mis tíos, primos, Cuñados Jessica Barahona y Ariel Amador y sobrino Lexamird Kerr por servir de compañía y a mi novio Héctor Osmany Centeno a quien le doy las gracias por compartir las alegrías y preocupaciones en mi camino.

Amigos

Por las múltiples muestras de amistad, que de una u otra manera me han ayudado a coronar esta meta les agradezco de corazón.

Dr. Álvaro Benito Aguilar Velásquez nuestro tutor, por su apoyo y guía en esta investigación y de manera especial a nuestro asesor, Ing. Mamerto Úbeda por siempre estar dispuesto a ayudarnos.

Mís compañeros y Docentes

A mis compañeros por acompañarme y ayudarme en el largo recorrido de mi formación, y mis docentes por su voluntad y paciencia con que nos han llevado el fruto del conocimiento.

Mí compañero de Monografía

Héctor Centeno, por la amistad y confianza depositada en mi persona desde el inicio de nuestra carrera.

Br. Frasema Isabel Kerr Pérez

Dedicatoria

A Díos:

Por darme la oportunidad de haber culminado mi carrera, ya que otras personas no la tienen y por poner en mi camino a grandes personas que contribuyeron a que alcanzara esta meta.

A Mis Madres:

Sra. Verónica del Carmen Romero Rodríguez y Sra. Ramona de la Concepción Rodríguez Balmaceda, por su apoyo y comprensión y por estar siempre a mi lado alentándome en los buenos y malos momentos.

Mis Hermanas:

Jahoska Centeno y Lilliam Montalván, con quienes he compartido mi niñez y me han acompañado en los momentos alegres y difíciles en familia como las mejores amigas.

A Mis Familiares y Amigos:

Por todos sus consejos y palabra de aliento, por estar siempre a mi lado apoyándome en todo momento, lo que me permitió poder ver llegar a su fin una de las metas de mi vida.

Dr. Hector Osmany Centeno Rodríguez

Agradecimiento

A Dios:

Por darme la vida y la gracia de poder prepararme académica y espiritualmente para ser una mejor persona.

A Mis Madres:

Sra. Verónica del Carmen Romero Rodríguez y Sra. Ramona de la Concepción Rodríguez Balmaceda, en testimonio de gratitud por su apoyo, aliento y estímulo, mismos que posibilitaron la conquista de esta meta.

A Mi Novia:

Irasema Isabel Kerr Pérez, por su compañía y motivación, por la alegría y el entusiasmo que día a día me transmite para poder enfrentar las adversidades.

A Mis Familiares y Seres Queridos:

A mis hermanas Jahoska Centeno y Lilliam Montalván, a mis primas Leyla Rizo y Carolina Rizo y a mi tía Mónica Romero gracias por todos sus consejos y orientaciones que siempre me han otorgado.

Dr. Álvaro Benito Aguilar Velásquez

Nuestro tutor, por su apoyo y guía en esta investigación.

Mis compañeros y Docentes

A mis compañeros por acompañarme y ayudarme en el largo recorrido de mi formación, y mis docentes por su voluntad y paciencia con que nos han llevado el fruto del conocimiento.

Mi compañero de Monografía

Irasema Kerr, por la amistad y confianza depositada en mi persona desde el inicio de nuestra carrera.

Dr. Hector Osmany Centeno Rodríguez

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en el Centro Experimental Agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería (CEA-UNI), adscrito al Departamento de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Tecnología de la Construcción. La finca está ubicada en la comunidad "Santa Clara" de la comarca "Las Cortezas", en el municipio de "Tisma", departamento de Masaya, tiene una extensión de 48 Mz aproximadamente.

El propósito de este trabajo fue realizar una metodología de cálculos para el sistema de riego por aspersión aplicado al cultivo del maíz.

En la realización de este trabajo se realizó un estudio de suelo para determinar las propiedades hidrofísica de éste, obteniendo como resultado un suelo franco con una velocidad de infiltración de 140 mm/hr, capacidad de campo 40.63%, punto de marchitez permanente de 29.92 % y densidad aparente 1.07 gr/cm^3 con los cuales se calculó el diseño agronómico.

Se seleccionó un aspersor tipo SENNINGER 7025RD-2-1"M, serie 70, doble boquilla con diámetros de 7.14 mm y 3.97 mm respectivamente, color turquesa, con un caudal de 1.07 lps, presión de trabajo 30 psi y diámetro de alcance de 39 m. Se obtuvieron diámetros de la tubería lateral de 3" y 4" para la tubería maestra y conductora.

Según los resultados del diseño de la tubería conductora se selecciona la bomba serie STA-RITE 6TS, sumergible, acero inoxidable, modelo L6TS-300 (5 - 20 hp), capacidad de 400 gpm, descarga 4", diámetro del motor 6" y un peso de 62 libras la cual cumple con los requerimientos de este sistema de riego.

ÍNDICE

I - GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. ANTECEDENTES	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.4. MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN	5
1.5. OBJETIVOS	6
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	6
II - MARCO TEÓRICO	7
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO DEL MAÍZ.....	8
2.2. PERÍODO DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA.....	9
2.3. PREPARACIÓN DEL SUELO	9
2.4. VARIEDADES	10
2.4.1. Localización	12
2.5. SELECCIÓN DE SEMILLA.....	13
2.6. MODALIDADES DE SIEMBRA	13
2.7. DENSIDAD DE POBLACIÓN Y PROFUNDIDAD DE SIEMBRA	14
2.8. RIEGO POR ASPERSIÓN	14
2.9. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL RIEGO POR ASPERSIÓN.....	15
2.10. INFORMACIÓN BÁSICA A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN	16
2.10.1. Topografía	17
2.10.2. Suelos	17
2.11. PARTES ESENCIALES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN.....	17
2.11.1. Fuente del agua para riego	18

2.11.1.1. Ubicación.....	18
2.11.1.2. Calidad química y agronómica del agua con fines de riego.	19
2.11.1.3. Costo del agua	20
2.11.1.4. Volumen de agua disponible	20
2.11.2. Fuente de energía	20
2.11.3. Red de distribución del agua	21
2.11.4. Aspersores o regadores	21
2.11.5. Accesorios	23
2.12. SELECCIÓN DE ASPERSORES.....	24
2.13. ELECCIÓN DE LOS ASPERSORES.....	25
III – CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA.....	27
3.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	28
3.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.....	29
3.3. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS	32
3.3.1. Capacidad de campo (Cc)	32
3.3.2. Punto de marchitez permanente (PMP).....	32
3.3.3. Agua utilizable	33
3.3.4. Límite productivo (Lp)	33
IV – MATERIALES Y MÉTODOS	34
4.1. DISEÑO METODOLÓGICO.....	35
4.2. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	35
4.2.1. Levantamiento topográfico Altimétrico y Planimétrico	35
4.2.2. Análisis y características del suelo	36
4.2.3. Determinación de la velocidad de infiltración.....	38
4.2.4. Determinación de la humedad del suelo.....	39
4.2.5. Determinación de la capacidad de campo del suelo.....	40
4.2.6. Determinación del punto de marchitez permanente	41

4.2.7.	Determinación de la densidad aparente del suelo	42
4.2.8.	Determinación de la profundidad radicular	43
4.3.	DISEÑO AGRONÓMICO	45
4.3.1.	Método para el cálculo de la evapotranspiración potencial (Eto).....	46
4.3.2.	Método del balance de agua para estimar las necesidades de riego	47
4.3.3.	Norma neta del suelo.....	48
4.3.4.	Norma bruta del suelo	49
4.3.5.	Necesidades brutas del cultivo	50
4.4.	DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN ...	51
4.4.1.	Características hidráulicas de los aspersores (q_0).....	51
4.4.2.	Coeficiente de gasto del aspersor	52
4.4.3.	Altura de los tubos verticales para elevar los aspersores.....	53
4.4.4.	Lluvia del aspersor.....	54
4.4.4.1.	Calidad de la lluvia del aspersor	54
4.4.5.	Espaciamiento entre aspersores y acción del viento.....	54
4.4.6.	Cálculo del diámetro efectivo (Ea)	57
4.4.7.	Área efectiva.....	58
4.4.8.	Intensidad de aplicación	58
4.4.9.	Tiempo de puesta	59
4.4.10.	Diseño de la tubería lateral.....	60
4.4.11.	Cálculo de número de aspersores a utilizar	65
4.4.12.	Esquema de diseño.....	66
4.4.13.	Cálculo del número de laterales	66
4.4.14.	Cálculo del gasto del lateral	66
4.4.15.	Cálculo del valor de Z.....	67
4.4.16.	Cálculo de las pérdidas máximas	69
4.4.17.	Cálculo del diámetro de la tubería.....	69
4.4.18.	Cálculo de las pérdidas reales	69
4.4.19.	Carga de energía a la entrada del lateral	70
4.5.	DISEÑO DE LA TUBERÍA MAESTRA	70

4.5.1.	Cálculo del número de posiciones	70
4.5.2.	Cálculo del número de posiciones diarias del lateral	71
4.5.3.	Cálculo del número de laterales	71
4.5.4.	Cálculo del caudal de la maestra.....	71
4.5.5.	Criterio de Christiansen para las maestras	72
4.5.6.	Cálculo de las pérdidas máximas	73
4.5.7.	Cálculo del diámetro de la maestra	73
4.5.8.	Pérdidas totales	73
4.5.9.	Cálculo de carga a la entrada de la maestra	74
4.5.10.	Diseño de la Conductoras	74
4.5.11.	Cálculo de la carga a la entrada de la conductora.....	75
4.5.12.	Cálculo de la Carga Dinámica Total (CDT)	75
4.5.13.	Cálculo de la Potencia de Bombeo (Hp).....	76
V-	CÁLCULOS.....	77
5.1.	CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN (Eto).....	78
5.2.	DISEÑO AGRONÓMICO	80
5.2.1.	Norma neta del suelo.....	80
5.2.2.	Norma bruta.....	80
5.2.3.	Necesidades brutas del cultivo	81
5.3.	DISEÑO HIDRÁULICO	81
5.3.1.	Cálculo del gasto teórico.....	81
5.3.2.	Cálculo del coeficiente de gasto	82
5.3.3.	Cálculo del radio de alcance.....	82
5.3.4.	Cálculo del diámetro efectivo.....	82
5.3.5.	Cálculo de la intensidad de aplicación.....	83
5.3.6.	Cálculo del tiempo de puesta.....	83
5.3.7.	Cálculo de la calidad de lluvia.....	83
5.3.8.	Diseño de la tubería lateral	84
5.3.9.	Cálculo del número de aspersores	84
5.3.10.	Esquema de diseño.....	85

5.3.11.	Cálculo del gasto del lateral	85
5.3.12.	Cálculo de Z (Tabla)	86
5.3.13.	Cálculo de las pérdidas máximas	87
5.3.14.	Cálculo del diámetro de la tubería.....	87
5.3.15.	Cálculo de las pérdidas reales	87
5.3.16.	Cálculo de la carga a la entrada del lateral	87
5.4.	DISEÑO DE LA TUBERÍA MAESTRA	88
5.4.1.	Cálculo del número de posiciones	88
5.4.2.	Cálculo del número posiciones diarias del lateral	88
5.4.3.	Cálculo del número de laterales	89
5.4.4.	Cálculo del gasto de la maestra.....	89
5.4.5.	Cálculo de carga a la entrada de la maestra	92
5.5.	DISEÑO DE LA TUBERÍA CONDUCTORA	93
5.5.1.	Cálculo de las pérdidas de la conductora	93
5.5.2.	Cálculo de la carga a la entrada de la conductora.....	94
5.5.3.	Cálculo de la Carga Dinámica Total (CDT).....	94
5.5.4.	Cálculo de la Potencia de Bombeo (Hp).....	94
VI- RESULTADOS		95
6.1.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO (Laboratorio)	96
6.2.	RESULTADOS DE LOS DISEÑOS.....	96
6.2.1.	Diseño Agronómico	96
6.2.2.	Diseño Hidráulico.....	96
6.2.3.	Diseño de la tubería Lateral.....	97
6.2.4.	Diseño de la tubería Maestra.....	97
6.2.5.	Diseño de la tubería conductora	97
VII – CONCLUSIONES		98
VIII – RECOMENDACIONES.....		101
IX – BIBLIOGRAFÍA		103
X–ANEXOS.....		106

ANEXO 1: SELECCIÓN DEL ASPERSOR	107
ANEXO 2: TABLAS (INETER)	109
ANEXO 3: TABLA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN BÁSICA DE SUELO DE DIFERENTES TEXTURAS	118
ANEXO 4: DISEÑO GEOMÉTRICO	119
ANEXO 5: DATOS TÉCNICOS DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO.....	120
ANEXO 6: SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	121



I - GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El riego por aspersión o lluvia artificial se obtiene al impulsar agua a presión, a través de pequeños orificios o boquillas. La presión se obtiene por bombeo aunque puede lograrse por gravedad si la fuente de abastecimiento del agua es bastante elevada con relación al área regada, este método ha surgido por el deseo de imitar en todo lo posible a la naturaleza, dejando caer el agua sobre las plantas.

En la agricultura el agua juega un papel muy importante a lo largo de los tiempos, el control y aprovechamiento de las fuentes de agua en áreas donde las lluvias no son suficientes involucra el desarrollo de complejos sistemas de riego en los cuales el conocimiento de los factores involucrados como son: el suelo, los requerimientos de agua del cultivos y los problemas de salinidad constituyen la base de la funcionalidad del sistema y su desconocimiento puede conducir a diversos desastres ecológicos.

El método de aspersión se adapta al riego de la mayoría de las plantas como también puede adaptarse a la mayor parte de las condiciones climáticas. En este trabajo se diseñó un sistema de riego por aspersión aplicado al cultivo del maíz.

El maíz ocupa la tercera posición a nivel mundial entre los cereales más cultivados después del trigo y el arroz, debido que se puede encontrar en un mayor número de países en comparación con otro cultivo y ha producido el más alto rendimiento por unidad de área que cualquier otro cereal.

En nuestro país el maíz es un cultivo alimenticio muy importante en la dieta nacional, es el cultivo anual más valioso ya que tiene cientos de usos, ocupando un lugar privilegiado en nuestra economía, siendo considerado el producto de mayor consumo humano y principal fuente de alimentación.

1.2. ANTECEDENTES

El 23 de Enero de 2001, la Universidad Nacional de Ingeniería adquiere un área de 48.21 Mz de la finca “La Puebla”, la cual pasa a formar parte de la unidad académica adscrita al departamento de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Tecnología de la Construcción (FTC).

Actualmente es el Centro Experimental Agrícola (CEA), que tiene como misión generar investigación y difundir sus resultados, con el fin de aportar nuevas tecnologías a la agricultura para el mejor desarrollo de la sociedad nicaragüense; mediante ensayos realizados de carácter monográficos, hoy en día la finca cuenta con diseños y evaluaciones sistemas de riego por aspersión elaborados empíricamente sin ninguna metodología a seguir, por ello el uso y mal manejo del sistema de riego es ineficiente.

Una parte de la finca es destinada para el cultivo del Maíz (*Zea Mays L*), siendo este uno de los cultivos de mayor importancia en la zona. Con el objetivo de optimizar el uso y manejo del agua se propone elaborar una “Metodología a seguir para el cálculo del diseño de un sistema de riego por aspersión aplicado al cultivo del maíz”, logrando así de esta manera el aprovechamiento máximo del recurso agua y obtener mejores rendimientos en la producción del maíz.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Nicaragua posee una diversidad de clima, suelos y condiciones favorables para la producción de productos tradicionales, dentro de los cuales se encuentra el cultivo del maíz, por lo que la producción de este alimento proveniente del campo es indispensable para satisfacer las necesidades de la población creciente, para ello es necesario plantear nuevas alternativas que logren incrementar tanto los rendimientos como los niveles de producción, haciendo uso de sistemas de riego eficientes para obtener los resultados deseados.

El presente documento servirá de apoyo académico y técnico cuya intención tendrá como objetivo servir de guía a los estudiantes de la carrera de Ing. Agrícola, profesionales afines y agricultores para que se familiaricen con el conjunto de técnicas particulares del riego por aspersión, cálculo de las necesidades de agua de las plantas, consideraciones y componentes esenciales del sistema, fórmulas para estimar las pérdidas de carga en tuberías a presión, técnicas a seguir en la elección de los aspersores, diseño de laterales, distribuidores, subprincipales, principales y equipo de bombeo que conlleve a una buena racionalización del recurso agua.

1.4. MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

El diseño se realizó en el Centro Experimental Agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), adscrito al Departamento de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Tecnología de la Construcción. La finca está ubicada en la comunidad “Santa Clara” de la comarca “Las Cortezas”, en el municipio de “Tisma”, departamento de Masaya; el cual se localiza entre las coordenadas geográficas: 86°08' y 86°10' longitud oeste; 13°27' y 13° 29' latitud norte, a una altura entre 40 y 60 msnm; limita al norte con la comarca “Los Veinticuatro”, al sur con la comunidad “La Bolsa”, al este con la comarca “San Guillermo” y al oeste con la comunidad “Las Cortezas”, tiene una extensión de 48 Mz aproximadamente.

Figura 1: Macro y Micro Localización



Fuente: Google.com.ni/map

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Realizar la metodología de cálculo para el diseño de un sistema de riego por aspersión aplicado al Cultivo del Maíz (*Zea Mays L*) en el CEA – UNI – FTC.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el diseño agronómico para el Cultivo del Maíz en el CEA.
- Elaborar el diseño hidráulico del riego por aspersión aplicando la correspondiente metodología de cálculo.
- Servir de apoyo didáctico para las prácticas de la asignatura de diseño de sistemas de riego de la Carrera de Ingeniería Agrícola.



II - MARCO TEÓRICO

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO DEL MAÍZ

El maíz (*Zea Mays L.*) tiene un contenido elevado de proteína de 10 a 12 %, carbohidratos 70 %, aceite 3 a 4 %, y fibra 2 %. En la actualidad una de las principales preocupaciones es obtener variedades con mayor contenido de proteínas.

Figura 2: Cultivo del Maíz



Fuente: Propia

El maíz se desarrolla óptimamente en regiones con clima cálido, es un cultivo de crecimiento rápido que rinde con temperaturas de 23.9 a 29.4° C. Para obtener una producción máxima de cultivo de grano con período medio de madurez exige entre 500 y 800 mm de agua dependiendo del clima. Cuando se selecciona el tipo de suelo se debe preferir aquellos que presenten buen drenaje, planos, de textura franco arcillosa, y libre de infestación de malezas agresivas, baja infestación de plagas del suelo, pH de 6.5 a 7.0.

El período total de crecimiento de la planta la podemos dividir en dos: de la emergencia hasta la aparición de los estigmas y de aquí hasta la madurez fisiológica, pudiendo señalar que es el primer período el que puede ser más afectado por factores como la temperatura y la humedad.

2.2. PERÍODO DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA

La duración del ciclo vegetativo del cultivo depende de la variedad, el clima y la fecha de siembra. Normalmente el ciclo vegetativo del cultivo es mayor cuando el clima es frío.

Germinación y afianzamiento de la plántula: 15 a 25 días.

Desarrollo vegetativo: 25 a 40 días.

Floración: 15 a 20 días.

Formación de la cosecha: 35 a 45 días.

Maduración: 10 a 15 días.

Total: 100 a 145 días.

Del buen establecimiento del cultivo depende el éxito de obtener elevados rendimientos lo que determina que es necesario realizar una buena preparación del suelo. Es también importante planificar que labores preliminares hay que realizar para lograr cumplir los objetivos de la labranza.

➤ **Coefficiente del cultivo Kc**

Se conoce como Kc un valor dependiente de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de la planta. El Kc varía según el crecimiento de la planta y del clima determinado. Depende de la capacidad de la planta para extraer agua del suelo y según su estado de desarrollo vegetativo.

2.3. PREPARACIÓN DEL SUELO

La preparación del suelo depende del sistema de producción que tiene cada región. En el sistema de producción tecnificado con maquinaria, el número de pasadas de un implemento agrícola dependerá del tipo de suelo y de la solvencia económica del productor, es decir de los recursos que disponga. Por lo general, en suelos francos es suficiente con una arada y dos pases de grada, mientras que

en suelos arcillosos además de la arada, el número de pases de grada dependerá del tamaño de los terrones. En el sistema de producción tecnificado con labranza mínima, la forma más apropiada consiste en chapodar y luego aplicar 2,4-D (1 l/mz) o Round-up (0.75 l/mz) antes de la emergencia del cultivo.

2.4. VARIEDADES

Las variedades de polinización libre e híbridos disponibles actualmente en el mercado, son las siguientes: NB-30 y NB-S: Variedades precoces, de 100 días a madurez fisiológica. Se recomienda para las siembras de primera, lo más temprano posible (15 al 25 de mayo), en los lugares donde se piensa sembrar frijol en postrera y en siembras de Postrera en los lugares donde no hay achaparramiento. Se recomienda para las zonas A-1, A-2, B-3 y B-5. NB-6: Variedad intermedia de 110 días, recomendada para las siembras de primera, postrerón y postrera, por su buen potencial de rendimiento y su tolerancia al achaparramiento. Se recomienda para las zonas A-1, A-2, B-3, B-5 y C-6. NB-9043: Variedad intermedia a tardía de 120 días recomendada para la siembra de primera y apante, de alto potencial de rendimiento y características agronómicas deseables. Se recomienda para las zonas húmedas de las regiones B-3, B-5 y C-6.

H-53 y H-59: Son híbridos de ciclo intermedio de 110 a 115 días a madurez fisiológica, desarrollados por el CENTA, El Salvador. Se recomienda para las siembras de primera, postrerón y postrera por su buen potencial de rendimiento de grano y para las zonas A-1, A-2, B-3 y B-5. HS-5: Es un híbrido de ciclo intermedio a tardío, de la compañía semillera Cristiani Bunkard, de 115 días a madurez fisiológica. Se recomienda para las siembras de primera en zonas húmedas. También se puede sembrar de postrerón, postrera y apante, en zonas húmedas libres de achaparramiento.

HN-951: Es un híbrido de ciclo intermedio, desarrollado por el Programa Nacional de Maíz del INTA. Es de 110 días a madurez fisiológica. Se recomienda para la siembra de primera en zonas húmedas. También se puede sembrar en postrerón, postrera y apante en zonas húmedas libres de achaparramiento.

2.4.1. Localización

Tabla 1: Variedades e híbridos y localidades donde mejor se comportan.

Variedades	Zonas	Localidades	Épocas de siembras
NB-6	A-1	Chinandega, posoltega, El sauce, Villa 15 de julio	Primera, Postrerón, Postrera, Riego
	A-2	Masatepe, Santa Teresa, Diriomo, San Marcos, Jinotepe, Diriamba, Cofradía, Nindirí, Los Altos, Nandaime, Rivas, Altagracia, Moyogalpa	Primera, Postrerón y Riego
	B-3	Jalapa, Quilalí, Ocotal, Estelí	Primera, Postrerón, Apante y Riego
	B-5	San Ramón, Pantasma, Esquipulas, San Dionisio	Primera y Apante
	C-6	Nueva Guinea, San Carlos	Primera y Apante
NB-30	A-1	Posoltega, El Sauce, Villa 15 de Julio	Primera
NB-S	A-2	Masatepe, Santa Teresa, Diriomo San Marcos, Jinotepe, Diriamba Las Esquinas, La Concepción, Ticuantepe, Cofradía, Nindirí, Los Altos, Nandaime, Rivas, Tola, Altagracia, Moyogalpa	Primera y Postrera
	B-3	Estelí, Santa Cruz, San Isidro La Trinidad, Pueblo Nuevo, Condega, Ocotal	Primera y Postrera
	C-6	San Lorenzo, Tecolostote, Juigalpa	Primera y Postrera
HS-5	B-5	San Ramón, Esquipulas, San Dionisio, El Cuá.	Primera
	B-3	Jalapa, Quilalí	Primera
HN-951	A-1	Tonalá, El Viejo	Primera
	A-2	Masatepe, San Marcos, Jinotepe, Diriamba	Primera
	B-3	Quilalí, Jalapa, Ocotal	Primera
	B-5	San Ramón, Esquipulas, San Dionisio, Pantasma, San Rafael, El Cuá, La Dalia	Primera
NB-9043	B-3	Jalapa, Quilalí	Primera y Apante
	B-5	San Ramón, Esquipulas San Dionisio, El Cuá	Primera y Apante
H-53	A-1	Tonalá, El Viejo	Primera, Postrerón Postrera y Riego
H-59	A-2	Masatepe, San Marcos, Jinotepe, Diriamba	Primera, Postrerón Postrera y Riego
	B-3	Quilalí, Jalapa, Ocotal	Primera, Postrerón Postrera y Riego
	B-5	San Ramón, Esquipulas, San Dionisio, Pantasma, San Rafael, El Cuá, La Dalia	Primera, Postrerón Postrera y Riego

Fuente: <http://www.inta.gov.ar/info/maiz.pdf>

2.5. SELECCIÓN DE SEMILLA

La semilla es el componente que más incide en la productividad. Es conveniente sembrar semilla genéticamente pura. En este cultivo existen dos tipos de materiales a escoger para la siembra: variedades de polinización libre e híbridos. El agricultor debe conocer muy bien el entorno ecológico de su área dedicada al cultivo de maíz. Si se siembra una variedad de polinización libre, se puede seleccionar semilla al momento de la cosecha para la próxima siembra, siempre y cuando no esté sembrada otra variedad cerca de su lote que la haya contaminado.

Los híbridos producen mayores rendimientos pero son muy exigentes en cuanto al manejo agronómico, fertilización, control de malezas, humedad. Por ser más delicada y laboriosa la producción de semilla híbrida y por requerirse mayor inversión para generarlas, el valor de la semilla es de muy alto costo, por lo tanto se recomiendan para las zonas donde no hay problemas de precipitación y para suelos con buena fertilidad; además es importante tomar en cuenta la capacidad económica del productor.

2.6. MODALIDADES DE SIEMBRA

➤ **Tecnificado**

Bajo esta modalidad se ubican todos los productores que cuentan con terrenos planos, con buena fertilidad, capacidad económica para usar maquinaria, insumos, semillas híbridas y/o variedades de polinización libre cada año y riego.

➤ **Semi-tecnificado**

En esta modalidad se utilizan pocos insumos agrícolas y en la preparación de suelo se combina el uso de maquinaria con tracción animal.

➤ **Tradicional**

Bajo esta modalidad se ubican todos los pequeños agricultores que siembran variedades criollas al espeque y que no utilizan fertilizantes, herbicidas ni insecticidas.

2.7. DENSIDAD DE POBLACIÓN Y PROFUNDIDAD DE SIEMBRA

La siembra de la semilla debe efectuarse con suficiente humedad en el suelo, a una profundidad de 2.5 a 3.75 centímetros.

La densidad óptima de siembra de las variedades precoces debe ser de 75 centímetros entre hilera y de 15 a 19 centímetros entre golpe, depositando una semilla por golpe, para obtener una mejor densidad de siembra.

2.8. RIEGO POR ASPERSIÓN

Es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar.

Figura 3: Riego por Aspersión

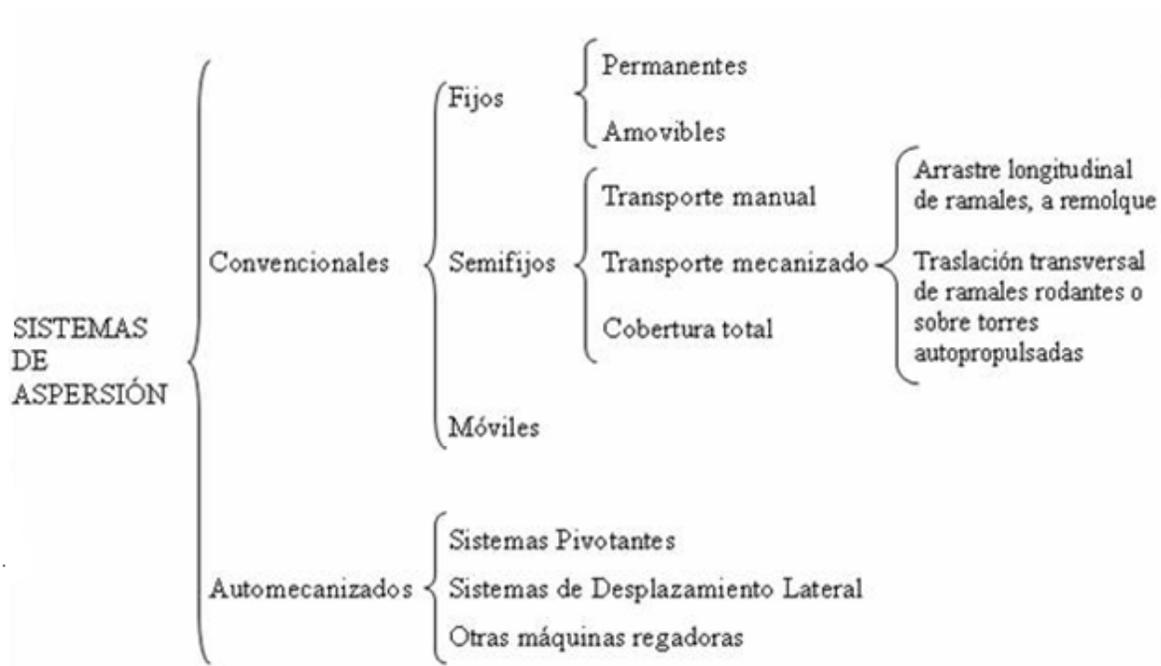


Fuente: Propia

➤ **Clasificación de los sistemas de riego por aspersión**

Se clasifican en función de la movilidad de los diferentes elementos del sistema ya que facilita la comprensión de su funcionamiento y puede dar idea de los gastos de inversión necesarios. Con carácter previo podemos hablar de sistemas

convencionales y no convencionales (sistemas auto mecanizados) atendiendo a la disposición que adoptan en el campo y la utilización de maquinaria adicional o no. Así, se tendrá:



2.9. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

VENTAJAS:

- **Ahorro en mano de obra.** Una vez puesto en marcha no necesita especial atención. Existen en los mercados eficaces programadores activados por electro válvulas conectadas a un reloj que, por sectores y por tiempos, activará el sistema según las necesidades previamente programadas. Con lo cual la mano de obra es prácticamente inexistente
- **Adaptación al terreno.** Se puede aplicar tanto a terrenos lisos como a los ondulados no necesitando allanamiento ni preparación de las tierras.
- **La eficiencia del riego.** Por aspersión es de un 80% frente al 50 % en los riegos por inundación tradicionales. Por consecuencia el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema.

- **Especialmente útil para distintas clases de suelos.** Ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.

INCONVENIENTES:

- **Daños a las hojas y a las flores.** Las primeras pueden dañarse por el impacto del agua sobre las mismas, si son hojas tiernas o especialmente sensibles al depósito de sales sobre las mismas. En cuanto a las flores pueden, y de hecho se dañan, por ese mismo impacto sobre las corolas.
- **Requiere una inversión importante.** El depósito, las bombas, las tuberías, las juntas, los manguitos, las válvulas, los programadores y la intervención de técnicos hacen que en un principio el gasto sea elevado aunque la amortización a medio plazo está asegurada.
- **El viento puede afectar.** En días de vientos acentuados el reparto del agua puede verse afectado en su uniformidad.
- **Aumento de enfermedades y propagación de hongos.** Debido al mojado total de las plantas.

2.10. INFORMACIÓN BÁSICA A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Para poder proyectar un sistema de riego por aspersión, se requiere de una adecuada información básica, del predio tales como: agua, planta, suelo, atmósfera y aspectos socio-económicos. Al no existir reglas algunas acerca de los casos en que deberá o no aplicarse el riego por aspersión. El proyectista tendrá que superar una serie de factores en pro y en contra de la transformación del predio en regadío. Para un mejor análisis e interpretación de la información básica se dividirá en:

- Topografía
- Suelos
- Cultivos
- Recursos de agua
- Clima

- Aspectos socio-económico

2.10.1. Topografía

El plano planimétrico del terreno deberá suministrar la información de la forma, tamaño y límites de la propiedad, también la ubicación y trazado del sistema general del riego que abastece al predio y otros detalles de interés como estructura de toma, acequias internas, accidentes topográficos, cauces naturales o artificiales que actúan como drenaje, ubicación del pozo, etc., resulta generalmente adecuado.

El plano altimétrico, deberá representar el desnivel del terreno, en lo posible figurar las cotas de las tomas de agua, obras hidráulicas existentes, o de otros detalles que puedan servir como apoyo en el momento de proyectar el sistema de riego.

2.10.2. Suelos

El estudio del suelo es una de las bases principales en que debe apoyarse el proyectista, y por eso se debe hacer un estudio concienzudo del suelo antes de hacer un proyecto, y consecuentemente es necesario conocer las siguientes propiedades físicas del suelo.

- Textura
- Porosidad y densidad aparente
- Curva de velocidad de infiltración
- Disponibilidad de agua en el suelo

2.11. PARTES ESENCIALES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Un sistema de riego por aspersión debe poseer un conjunto de componentes elementales como:

- Fuente de agua para riego

- Fuente de Energía
- Red de distribución del agua o tuberías
- Aspersores o rociadores
- Accesorios

2.11.1. Fuente del agua para riego

Puede ser la fuente del agua de riego superficial, subterráneo o combinada, para lograr una alta eficiencia en la distribución del agua en forma de lluvia, se requiere de un caudal continuo. Las características que más influyen en el diseño y operación del riego por aspersión son:

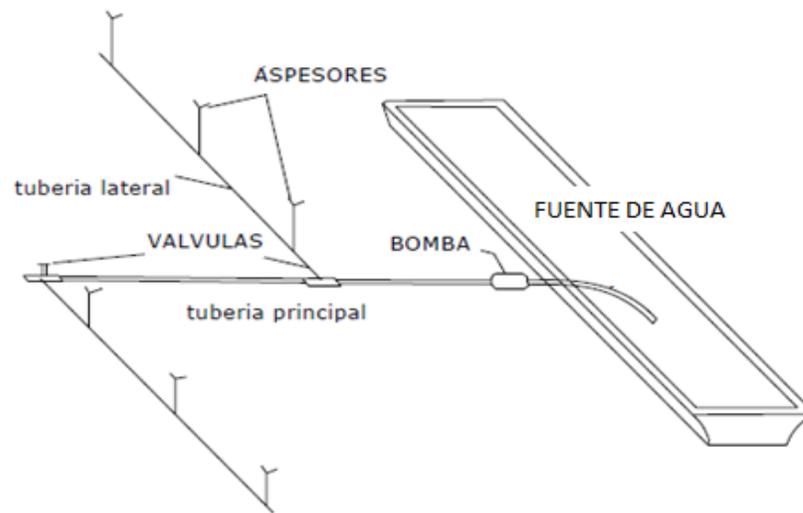
- Ubicación
- Calidad química y agronómica del agua
- Costo del agua
- Volumen de agua disponible

2.11.1.1. Ubicación

Es la característica de gran influencia para tomar decisiones en el diseño y entre los factores más importantes a considerar son:

Diferencia de nivel, distancia y relieves topográficos entre la fuente del agua y el terreno a regar.

Figura 4: Componentes de un sistema de riego por aspersión



Fuente: google.com.ni

2.11.1.2. Calidad química y agronómica del agua con fines de riego.

La calidad de un agua para riego debe evaluarse en base a la potencialidad de ésta para producir efectos dañinos al suelo, a los cultivos, a los animales y personas que consumen dichos cultivos.

La calidad química del agua, que puede tener un uso muy amplio, está dada por: la cantidad de sales solubles, contenido de elementos tóxicos para las plantas y efecto probable del sodio sobre las características físicas.

La calidad agronómica del agua está determinada por los siguientes factores: calidad química, cultivo por regar, suelo por regar, condiciones climatológicas, métodos de riego, condiciones de drenaje del suelo y prácticas de manejo del agua del suelo y de las plantas.

Se debe considerar para fines de diseño, contenido de sedimentación, contenido de materia orgánica y temperatura del agua.

2.11.1.3. Costo del agua

En caso de que el costo del agua es elevado, será necesario un mayor control y optimizar su uso, esto se logrará con un diseño adecuado.

2.11.1.4. Volumen de agua disponible

Será necesario contar con un estudio del origen de la fuente de agua para conocer el caudal disponible seguro con una determinada probabilidad de ocurrencia, la misma que servirá para un buen diseño que optimice el uso del agua y de las tierras cultivables.

2.11.2. Fuente de energía

Tiene por objetivo de aspirar el agua desde la fuente de agua e impulsarla a través del sistema. Dado que para el buen funcionamiento y operación del riego por aspersión se requiere relativamente de presiones altas; se logra utilizando la bomba y las más empleadas son bombas centrífugas de eje horizontal y bombas turbinas, y el motor puede ser eléctrico o a combustión interna; conjuntamente con la bomba, el motor integran el equipo motobomba que puede ser fijo o móvil.

La motobomba fija se utiliza cuando se eleva agua del subsuelo o de una estación de bombeo.

La motobomba móvil, como su nombre lo indica, cambia de ubicación en cada posición de riego, por lo general está montada sobre ruedas neumáticas, facilitando ser arrastrada con tractor, también se considera al equipo de bomba movida con la polea de un tractor.

2.11.3. Red de distribución del agua

Consiste fundamentalmente de: tubería principal, lateral y los aspersores. La tubería principal es la que conduce el agua a los laterales puede encontrarse sobre la superficie del terreno o enterrado, a su vez puede ser fijas o móvil actualmente hay una gran variedad en la forma, material y disposición.

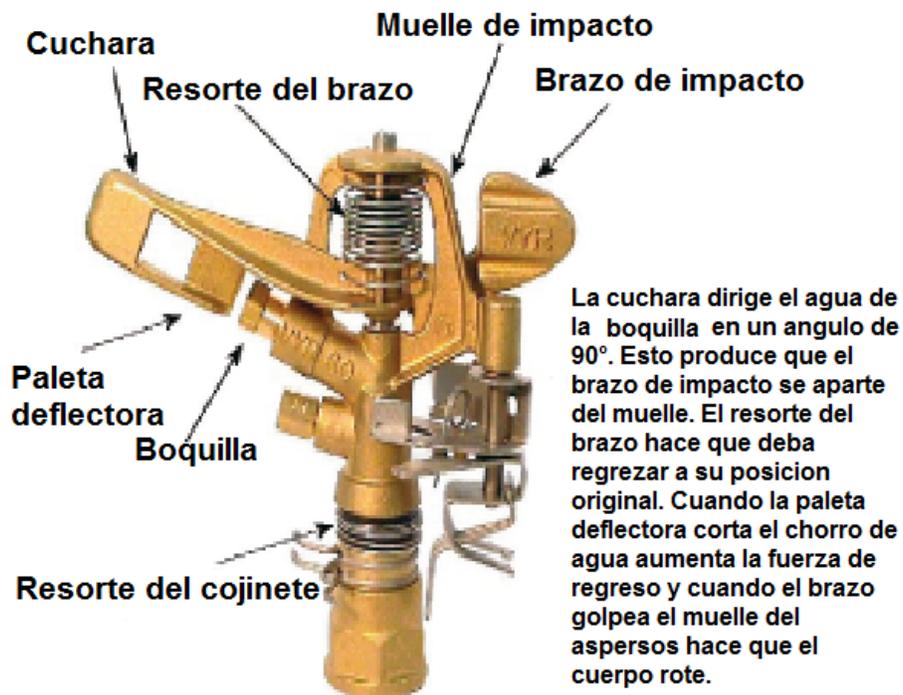
Los laterales son tuberías por lo general de menor diámetro que el principal y conduce agua a los aspersores colocados en la misma. Los laterales pueden ser fijos o móviles, superficiales o enterrados.

Por lo general las tuberías fijas son metálicas, de plástico, de asbesto cemento o de concreto reforzado con junta especial. Las tuberías móviles o portátiles, son de aluminio o acero zincado a fuego de reducido peso, facilitándose su traslado y se integran por tramos de 6, 9, o 12 m. De largo y diámetro variable entre 2" y 10", cada tramo se une por acoplamientos especiales que se caracteriza por su facilidad y rapidez. Existen acoplamientos angulares de 12° a 30° permite adaptar la tubería a las irregularidades del terreno.

2.11.4. Aspersores o regadores

Los aspersores son dispositivos que tienen como finalidad de aplicar el agua en forma de gotas. Consta de una o dos boquillas cuyas dimensiones y formas varían de acuerdo a la marca y modelo, a su vez estas pueden ser móviles, fijas, de alta o baja presión y de diversos materiales. En el diseño del sistema, las características peculiares de cada aspersor es determinante.

Figura 5: Partes de un aspersor



Fuente: http://www.interssa.com/legionella/riego_aspersion

En la actualidad lo más generalizado para uso en la agricultura son los aspersores giratorio o móviles; accionado por efecto del impacto, por acción del chorro de agua sobre una rueda dentada, son regulables para que el giro de espesor fuera sectorial o total (360°) de acuerdo a la conveniencia del riego.

Una variante del sistema clásico de riego por aspersión lo constituye la tubería perforada. En tal caso la tubería tiene una sucesión de perforaciones a través de las cuales fluye el agua, de esta manera el lateral cubre una faja de terreno que oscila de 10 m, y 14 m, de ancho. Su ventaja de este sistema radica en la baja presión requerida generalmente entre 0.4 y 0.45 atmósferas y su principal limitación son las altas intensidades de aplicación que lo limitan a terrenos de textura gruesa.

2.11.5. Accesorios

Los accesorios facilitarán el funcionamiento del sistema como conducción, distribución del agua y el control de la misma.

Podemos mencionar entre los accesorios más importantes los siguientes:

Para equipo de bombeo

- Manguera o tubería de succión
- Colador para tomar el agua de la fuente
- Válvula de pie
- Mecanismo para el cebado de las bombas
- Aditamentos en la descarga como: conexiones, reducciones, medidores de caudal y presión, válvulas para impulsión de agua o reguladores de presión, etc.

Figura 6: Accesorio para el equipo de bombeo



Regulador de presión

Válvula de pie

Medidor de caudal

Fuente: <http://pvcde monterrey.com>

Para conducción

- Codos, cruz, elevadores, etc.
- Uniones de T
- Hidrantes
- Tapones

- Manómetros con tubo pitot
- Filtros
- Inyectores de fertilizante y sistemas de control

Figura 7: Accesorios para conducción



Fuente: <http://www.copersa.com>

2.12. SELECCIÓN DE ASPERSORES

La selección de los aspersores se basa principalmente en el espaciamiento entre sí y la presión de trabajo; además debe considerarse los factores limitantes en la aplicación del agua tales como: la velocidad, viento, la erodabilidad de los suelos y la infiltración básica, las que servirán para elegir presiones y espaciamientos lógicos y comparar los diferentes modelos existentes en el mercado presentados por los fabricantes, para el logro de una buena distribución del agua de riego.

Un buen aspersor debe reunir las siguientes cualidades:

- Una buena distribución del agua y un coeficiente de uniformidad.
- Ser compactos y de un mecanismo simple, debido a que frecuentemente son transportados y algunas veces en muy malas condiciones.
- Proporcionar gotas de agua lo más fina posible, para evitar el compactado superficial del suelo, desfavorable para la infiltración del agua.

- Una velocidad de giro uniforme para una buena distribución del agua.
- Ser poco costoso, criterio secundario con relación a las otras.

El manual de Ames (1962) clasifica los aspersores en los tipos siguientes:

1. Aspersores de baja presión, entre 1 y 2 atmósfera. Diseñado para riego de los árboles frutales debajo de la copa o para cultivos anuales o permanentes, en los casos en que se cuenta con reducida presión.
2. Aspersores de presión intermedia entre 2 y 4 atmósferas. Diseñado con una o dos taberas y se ajustan a los diferentes tipos de suelo y cultivo. Diámetro del círculo humedecido varía entre 21 m y 39 m.
3. Aspersores de alta presión, entre 4 y 7 atmósferas. Aspersores gigantes especialmente adaptados para cultivos de elevado tamaño tales como maíz y caña de azúcar. Diámetro del círculo humedecido varía entre 60 m y 150 m.

2.13. ELECCIÓN DE LOS ASPERSORES

Existen una gran variedad de modelos de aspersores, en cuanto a características, tamaño, forma y presión de trabajo, diferenciándose en la intensidad de lluvia, radio de alcance del chorro y distribución de la lluvia.

Las casas fabricantes publican especificaciones de diferentes marcas y tipos de aspersores donde se detalla las condiciones de trabajo. Según la NANA MECHANICAL-ISRAEL, las reglas a seguir para la elección de un aspersor es el siguiente:

1. La elección del tipo de aspersor debe hacerse en función del cultivo y para una presión determinada.

2. La determinación de la precipitación horaria o intensidad deseada, se efectuará en función de la dosis o lámina de riego y la duración del riego. Por ejemplo: lámina de riego 100 mm, duración del riego 8 horas. Precipitación horaria $100/8 = 12.5$ mm/h.
3. Se encontrará en la tabla proporcionada por la casa fabricante las características del aspersor elegida como: la precipitación necesaria, el diámetro de la boquilla, el espaciamiento de los aspersores correspondientes, gasto, etc.
4. Cuando el riego se efectúa sin viento se recomienda no sobrepasar el 65% del diámetro total cubierto por los aspersores, con el objetivo de obtener una superposición de eficiencia máxima.
5. El cálculo del número de aspersores necesarios se realizará dividiendo la superficie total de la parcela a regar por la superficie cubierta por un aspersor.
6. La mejor elección del aspersor se hará evitando las características que figuran en las superficies sombreadas de la tabla correspondiente a cada tipo de aspersor.

III – CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA

3.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS

El clima de la zona de estudio es clasificado como Trópico Sub- Húmedo, y comprende las estribaciones de La Meseta de Carazo y planicies de Nandaime-Rivas- Masaya – Granada – Zambrano – Altagracia – Moyogalpa (Isla de Ometepe); la fisiología corresponde a terrenos por debajo de los 300 msnm, con temperaturas cálidas y calientes entre los 25 a 28° C; precipitación media anual de 1,100 a 1,600 mm, y presencia de período canicular definido.

Presenta una diversificación restringida a cultivos de temperaturas cálidas y calientes, condiciones favorecidas para los siguientes cultivos:

➤ **Perennes:**

Frutales: Mango (*Mangífera indica* L), aguacate (*Persea gratísima* Gaertn f. *Persea americana* Mili), mamón (*Mammea americana*), guayaba (*Psidium guajava*). Cítricos: limón criollo y Tahití (*Citrus limon*). Pastos, Bosques.

➤ **Semi -perennes:**

Musáceas: Plátano y Guineo (*Mussa spp*).

Frutales: Papaya (*Carica papaya* L), melocotón (*Melocanna baccifera*), granadilla (*Pasiflora edulis*) , pitahaya (*Hylocereu. s. undafus* Britt)

➤ **Anuales:**

Maíz: Maíz precoz (*Zea mays* (L.)) / ajonjolí (*Sesamo indicum*) o frijol blanco.

Sorgo: Sorgo [*Sorgum bicolor* (L.) Moench] / rebrote – sorgo / ajonjolí o frijol blanco (*Phaseolus spp*). Ajonjolí (*Sesamo indicum*): Postrera.

Frijol blanco (*Phaseolus spp*): Postrera.

Tabaco: tipo Burley.

Tubérculos: Yuca (*Arracacia xanthorrhiza*), quequisque (*Xanthosoma spp*).

3.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Los elementos climáticos utilizados fueron tomados de la estación 69115 Masaya, la cual se encuentra a una elevación de 120 msnm y presenta latitud: 11° 58' 48" N y longitud: 86° 06' 18" W, a cargo del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). Para el cálculo de la evapotranspiración la cual es de suma importancia para el diseño agronómico del sistema de riego por aspersión.

Un parámetro muy importante a tomar en cuenta al momento de realizar un estudio para cualquier cultivo, es el clima; ya que este puede condicionar de manera significativa la programación del riego y el éxito o fracaso de los rendimientos de una producción agrícola. Por tal razón se hace necesario conocer la relación entre el suelo – planta – agua – atmosfera y particularmente los elementos que componen el clima.

Dentro de los elementos que componen el clima y que tienen incidencia directa sobre el cultivo tenemos: precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, evaporación e insolación.

El clima de la zona se caracteriza por presentar una estación lluviosa de seis meses, de mayo a octubre, con un período de baja precipitación en los meses de julio y agosto (canícula) y altas precipitaciones entre septiembre y octubre. El período seco se presenta de noviembre a abril. Las temperaturas medias se comportan altas durante todos los meses del año, presentando una media anual de 27 °C, siendo los meses de mayor temperatura marzo, abril, mayo y los de menor temperatura en noviembre y diciembre.

La precipitación varía de 1100 a 2000 mm/año, la evaporación anual es de 3.2 mm y la humedad relativa del 77%.

La media mensual mínima de insolación corresponde al mes de junio es de 167.8 y la máxima corresponde al mes de marzo de 282.8. En el área se producen vientos con velocidades de 6.48 km/h hasta 13.68 km/h. Notándose las máximas

intensidades en los meses de enero a abril y las menos intensas entre agosto y noviembre.

Temperatura (T):

La temperatura está directamente relacionada con la intensidad, duración de la radiación solar y tiende a fijar los límites extremos de crecimiento de la planta, juega un papel importante en el desarrollo y crecimiento de un cultivo, las temperaturas óptimas oscilan entre 20 – 32°C, las temperaturas debajo de los 20°C retardan el desarrollo fisiológico de la planta, por lo tanto el tiempo entre la emergencia del brote es mayor. Las hojas presentan síntomas cloróticos y mueren prematuramente. A consecuencia de esto la planta pierde turgencia y el crecimiento es lento, los racimos no emergen con vigor y nacen deformes.

Según los datos de temperatura se observa que la temperatura máxima es de 34°C en abril y la temperatura mínima es de 21°C en diciembre. Los vientos máximos son de 5.0 m/s en el mes de febrero. La humedad relativa es un elemento climático que tiene gran influencia en el desarrollo y aparición de enfermedades.

Vientos (v):

La evaporación de la superficie de agua y en el suelo ocurre más rápidamente cuando hay aire seco y caliente en movimiento, más que cuando existen condiciones de calma, vientos secos y calientes que soplen durante el periodo de crecimiento, afectarán grandemente la cantidad de agua consumida. Sin embargo existe un límite en la cantidad de agua que se puede evaporar, cuando la superficie del terreno se seca, la evaporación prácticamente cesa, y la transpiración se ve limitada a la que las plantas pueden extraer de las raíces.

Otro factor que hace a la planta de maíz susceptible al viento es un sistema radicular superficial. Esta no posee ninguna raíz de anclaje.

Radiación solar (Rs):

El efecto de la radiación solar entre la actividad de la planta es un proceso botánico conocido como fotosíntesis. Todos los procesos de la planta, incluyendo la circulación del agua a través de las raíces, tallos y hojas, son acelerados por un incremento de en la radiación solar.

Estudios realizados en el cultivo del maíz, indican que las plantas que crecen con menor intensidad de luz, prolongan su ciclo vegetativo, son más altas y desarrollan mayor área foliar y en la gran mayoría de veces en la parte vegetativa no se desarrollan por lo tanto no producen frutos y si los dan lo hacen muy pequeños.

Evaporación (Ev):

Este elemento climático tiende a variar debido a la acción de otros elementos meteorológicos y además por naturaleza de la superficie evaporante, dentro de los elementos que tiene influencia tenemos la radiación solar, hora del día, nubosidad, temperatura del aire, la presión de vapor, el viento y la estación del año.

Los valores de evaporación donde se tiene el valor mínimo es el mes de octubre, los valores máximos de evaporación corresponden a la estación seca enero, febrero, marzo, abril y mayo, estando la máxima evaporación en el mes de marzo. Invirtiéndose el fenómeno en los mese de junio, julio, agosto, septiembre y octubre los cuales pertenecen a la estación lluviosa.

Según los cálculos realizados de evapotranspiración, por el método de Penman y utilizando los datos obtenidos de la estación de 69115 Masaya, el mes de máxima evapotranspiración es Abril con 5.51 mm/día.

Precipitación:

La precipitación o la lluvia es el elemento más importante para la agricultura debido a que es una de las fuentes que provee a los suelos la humedad necesaria para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos.

Según la estación los registros promedios anuales de lluvia andan por 1328.7 mm, los meses de lluvia son de mayo – noviembre (7 meses) y sin lluvia de diciembre – abril, siendo los promedios máximos en septiembre y octubre con 254 mm y 246.1 mm y promedio mínimo en noviembre con 73.4 mm. Por lo tanto los valores de la estación lluviosa nos dan un indicativo de cuando podríamos iniciar y suspender los riegos para un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos existentes.

3.3. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS

3.3.1. Capacidad de campo (Cc)

El suelo es capaz de retener agua de acuerdo a sus características de capilaridad (tamaño de los poros y tensión superficial del agua) y de adsorción (superficie específica de las arcillas).

El contenido de agua que tiene el estrato de suelo originalmente saturada luego que se ha drenado libremente en el perfil hacia estratos inferiores se conoce como Capacidad de Campo, que no es más que la cantidad máxima de humedad que el suelo puede retener contra el efecto gravitacional.

La Cc es distinta para los diferentes tipos de suelo, es menor para los suelos arenosos y mayor para los suelos arcillosos.

3.3.2. Punto de marchitez permanente (PMP)

Considerado como el contenido de agua que tiene un suelo, bajo el cual las plantas no son capaces de absorberla por las raíces para cumplir con las exigencias impuestas por la transpiración.

El punto de marchitez permanente depende del consumo de agua de la planta, profundidad de la zona radicular, del agua utilizada por la planta y de la capacidad de retención del suelo. Cuando aumenta la temperatura y la velocidad del

consumo de humedad, el marchitamiento se produce con tensiones más bajas y contenido de humedad mayor.

Cuando la humedad disminuye acercándose al PMP, las plantas se afectan, se obstaculiza su desarrollo y al final disminuye mucho el rendimiento. Para un buen desarrollo de la planta se recomienda mantener la humedad del suelo muy por encima del PMP.

3.3.3. Agua utilizable

Llamado también humedad aprovechable es el rango definido de contenidos de agua en el cual la planta puede desarrollarse. Este rango se encuentra entre los contenidos de agua correspondiente a Cc y PMP.

3.3.4. Límite productivo (Lp)

Se define como el punto que determina el rango de humedad óptima en la capa activa del suelo para un determinado cultivo asegurando, que éste nos dé los máximos rendimientos o sea producción, este valor se ha determinado en un punto entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

Se ha considerado este valor como un 66% del valor de la capacidad de campo, sin embargo debemos hacer referencia que este es un dato aproximado y en ningún momento deberá representar para el ingeniero proyectista una realidad imperativa, más bien se deben hacer validaciones al respecto según las condiciones de la zona.



IV – MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología utilizada se fundamentó en definir las variables que permitieron el diseño Agronómico e Hidráulico del sistema de riego por aspersión para la parcela del cultivo de Maíz (*Zea Mays L.*) en el CEA – UNI – FTC.

La metodología consta de tres partes:

- Recopilación de la información.
- Diseño Agronómico.
- Diseño Hidráulico.

4.2. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La primera etapa consistió en el levantamiento de datos generales del terreno lo que incluye: clima, levantamiento de la parcela, diseño geométrico, tipo del cultivo a regar, tipo de suelo y fuente de agua. Para su revisión e interpretación, esto se llevó a cabo en diferentes instituciones privadas y públicas, así también como consultas a especialistas en la materia.

4.2.1. Levantamiento topográfico Altimétrico y Planimétrico

Se realizó el levantamiento topográfico con ayuda del teodolito, estadía, nivel, cinta y GPS.

➤ **Levantamiento Planimétrico:**

El levantamiento planimétrico del área cultivada se realizó con ayuda del GPS, esto consistió en bordear los linderos de la plantación con el fin de determinar las dimensiones de esta, dato que fue de mucha utilidad para determinar la localización de la tubería maestra y de conducción, además permitió conocer la longitud de los laterales a utilizar y la cantidad de agua a aplicar.

➤ **Levantamiento Altimétrico:**

El levantamiento altimétrico de dicha área se hizo con ayuda del nivel, teodolito y estadía, con el fin de determinar los niveles existentes en la parcela dicho dato nos sirvió para determinar la pendiente con la que se estuvo trabajando dato que fue de mucha utilidad para determinar la carga que deberá vencer la bomba en el diseño.

4.2.2. Análisis y características del suelo

➤ **Muestreo de suelo:**

Una muestra del suelo es usualmente empleada para obtener información que permita evaluar sus características. La muestra consiste en una mezcla de porciones de suelo (sub-muestras) tomadas al azar de un terreno homogéneo (ICA, 1992). El muestreo que se realiza para clasificar taxonómicamente un suelo es diferente del muestreo que se hace para evaluar su fertilidad, propiedades físicas, condiciones hídricas, etc. (Schoeneberger et al. 1998).

Es importante que la muestra de suelos sea representativa del terreno que se desea evaluar. Los análisis de suelos en el laboratorio se hacen siguiendo metodologías bastante detalladas y con técnicas analíticas cada vez más exactas y precisas (Gutiérrez, 1997; Ruíz, 1997).

Es necesario identificar los diferentes tipos de suelos en el terreno y los límites que estos suelos tienen dentro del paisaje para definir las unidades de muestreo. Usualmente los límites del suelo coinciden con el cambio en la pendiente del terreno (plano vs. inclinado), material parental (terraza aluvial vs. coluvio), uso (pastura vs. bosque), manejo (fertilizado vs. no fertilizado), etc. Cada tipo de suelo se considerará como un terreno homogéneo e independiente (unidad de muestreo).

Tipos de muestras

Las muestras extraídas del terreno se pueden clasificar según su nivel de complejidad o por el estado de alteración del suelo.

Según el nivel de complejidad se clasifican en:

- **De mayor complejidad:** La determinación de suelo presenta fines taxonómicos. Es necesario la apertura de **calicatas**, de la profundidad del suelo o si fuese más profundo 1 m ó 1.20 m, de manera que pueda observarse el perfil del suelo y estudiar sus horizontes.
- **Más sencillo:** Se estudian los aspectos nutricionales o alguna otra característica específica. La muestra se toma de la superficie del suelo o de una baja profundidad (40 ó 50 cm).

Según el estado de alteración se clasifican en:

- **Muestras simples alteradas:** Son aquellas en las que el suelo no mantiene ni la forma ni el volumen que tenía antes de la toma. Se emplean en los análisis generales de suelo.
- **Muestras inalteradas:** Mantienen la forma y el volumen que tenían en el suelo. Se utiliza para la determinación de propiedades físicas como la Da.

En el trabajo realizado se planteo la forma de extracción de las muestras de suelo.

Las muestras requeridas para estudios de proyectos de riego deben ser inalteradas, ya que en estos se considera el volumen que está presente realmente in situ para la determinación de la cantidad de agua a aplicar.

➤ **Muestras inalteradas:**

Mantienen la forma y el volumen que tenían en el suelo. Se utiliza para la determinación de propiedades físicas como la densidad aparente (D_a), esta es una característica necesaria para realizar el diseño de un sistema de riego. La densidad aparente es la relación existente entre la masa del sólido y el volumen que ocupan los sólidos y el espacio poroso. Estas muestras serán extraídas mediante un cilindro de volumen conocido, teniendo especial cuidado de no perder material durante la extracción y enrase.

4.2.3. Determinación de la velocidad de infiltración

El procedimiento más sencillo y usual consiste en usar juegos de dos cilindros concéntricos de dimensiones: el exterior de 20" de alto y 18" de diámetro y los internos de 20" de alto y 12" de diámetro, estos se clavan en el suelo con un martillo pesado a 4-5 cm de profundidad. Lo más aconsejable es realizar la prueba con tres juegos de cilindros ubicados formando un triángulo de 5 m de lado, ello permite disponer de datos de tres pruebas realizadas el mismo día.

El cilindro exterior de mayor diámetro sirve de buffer para humedecer la zona de suelo exterior y las medidas se realizan en el cilindro interior más pequeño. Ambos cilindros se llenan de agua hasta el borde del cilindro (este nivel debe medirse rápidamente en el cilindro interior y constituye el dato inicial) y se comienza a medir inmediatamente cada 1-2 min el nivel del agua en el cilindro interior y se anota, cuando el nivel del agua baje aproximadamente la mitad de su altura inicial se enrasa de nuevo y se toma la referencia del nuevo nivel.

Pasados unos minutos la velocidad de absorción de agua por el suelo disminuirá y las mediciones podrán realizarse cada 2, 5, 10, 20 minutos, hasta que pasadas unas 6-8 horas la absorción es baja y se ha estabilizado de modo que para intervalos de tiempo iguales se obtienen descensos de la lamina en el cilindro interior muy semejantes de lamina infiltrada para un mismo tiempo se termina la prueba y se considera que se ha alcanzado la velocidad de infiltración estabilizada

o básica. Un suelo de buen drenaje corresponde con una alta velocidad de infiltración.

Tabla 2: Evaluación de la velocidad de infiltración

Velocidad de Infiltración	
Clasificación	mm/hr
Muy Lenta	<2
Lenta	2 – 5
Moderadamente Lenta	5 – 20
Moderada	20 – 65
Moderadamente Rápida	65 – 125
Rápida	125 – 250
Muy Rápida	>250

Fuente: Guías de prácticas de Edafología

Nota: Como criterio general, es recomendable que la velocidad de aplicación no sea superior a la velocidad de infiltración.

4.2.4. Determinación de la humedad del suelo

El conocimiento de la humedad y su dinamismo es la base de la caracterización hidrofísica del suelo.

En la determinación de la humedad se emplean diferentes métodos como son:

- El método gravimétrico.
- El método de resistencia.
- El método tensiométrico.
- El método de dispersión de neutrones.

Se realizaron las pruebas por el método gravimétrico el cual se basa en determinar la cantidad de agua perdida mediante la diferencia de su peso en porcentaje de una muestra antes y después de ser situada en una estufa a 105°C. Es decir, peso del suelo húmedo menos peso del suelo seco igual al porcentaje de humedad contenido en una muestra de suelo, que abreviadamente se expresa así:

$$Psh - Pss = a$$

$$\% H = \frac{a}{Pss} * 100$$

Donde:

a: Peso del agua

% H: Porcentaje de humedad en base al suelo seco

Psh: Peso del suelo húmedo

Pss: Peso del suelo seco

4.2.5. Determinación de la capacidad de campo del suelo

La determinación de la capacidad de campo (Cc) se hizo por método de laboratorio el cual consiste en someter al suelo a saturación mediante drenaje libre, el tiempo en el que el suelo alcanza la capacidad de campo después de la saturación depende de su textura, estructura y tipo de arcilla.

Tomando de referencia la expresión de la humedad en % de peso: Capacidad de campo % de volumen = Microporos.

El siguiente procedimiento es el de la olla de presión el cual consiste en introducir un plato de cerámica en la olla extractora. Colocando anillos retenedores sobre el plato de cerámica. Usar anillos de 50 mm de diámetro para suelos que tengan más de 12% de materia orgánica. Usar anillos de 40 mm para todos los demás suelos.

Llenando los anillos retenedores con 10 – 15 gr de suelo (< 2 mm) secado al aire incluyendo una muestra de control de calidad en cada plato. Se agregará agua para cubrir el plato de cerámica pero no cubrir los anillos. Se continúa agregando agua hasta que todas las muestras se hayan humedecido por capilaridad. Si las muestras no se humedecen, aplicar etanol sobre la superficie de las muestras. Cerrar el aparato y dejar reposar durante la noche.

- Aplicar la presión específica.

- Monitorear el capilar de descarga de agua. Las muestras se equilibran cuando el agua cesa de salir por el capilar de salida.
- Cuando las muestras se han equilibrado, rápidamente transferir las muestras a los pesa filtros de peso conocido (Pt), cubrir con las tapas y pesar con el suelo (Psh + t).
- Quitar la tapa, colocarlas en el horno y secar a 150°C hasta que las muestras tengan peso constante. Anotar el peso (Pss + t).

$$\% Cc = \frac{(Psht - Psst)}{(Psst - Pt)} * 100$$

Donde:

% Cc : Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a capacidad de campo.

Psht : Peso de suelo húmedo más peso de la tara.

Psst : Peso de suelo seco más peso de la tara.

Pt : Peso de la tara.

4.2.6. Determinación del punto de marchitez permanente

Existen diferentes métodos para determinar el punto de marchitez permanente que se realizará por el Método de Laboratorio (Prensa Richard). Dicho método consiste en sumergir el plato de cerámica en agua destilada por 12 horas o más antes del uso, poner el plato de cerámica mojado dentro de la prensa de Richard.

Se agregará agua a los anillos retenedores, se agrega suficiente agua para mantener húmedo el plato de cerámica. El nivel de agua debe ser menos que la altura de los anillos retenedores.

Se llenaran los anillos retenedores poniendo de 10 a 15 gr de suelo seco al aire con un diámetro menor a 2 mm. Se incluirá una muestra control de calidad en cada plato, se continuará agregando agua hasta que todas las muestras se hayan humedecido por capilaridad. Si las muestras no se humedecen se aplicará alcohol

etílico a la superficie de la muestra. Se dejará que el alcohol se evapore, se cubrirán las muestras con una hoja de plástico para reducir la evaporación, cerrar el extractor y dejar durante la noche. Se removerá el exceso de agua sobre el plato con la bomba de vacío, se armará el extractor y atornillar uniformemente.

Se incrementará la presión del aire 1.5 bar (150 kpa) cada 15 minutos hasta alcanzar 15 bar (1500 kpa). Las muestras se han equilibrado cuando cesa de salir agua por el tubo de flujo.

Cuando este en equilibrio se abrirá el extractor y rápidamente transferirá las muestras a los pesa filtro, taparlos, se pesará y se anotó el peso del suelo húmedo mas el peso de la tara ($P_{sh} + t$). Se destapan las pesas filtro, se colocaran en el horno y se secan a 105°C hasta que los pesos sean constantes. Se sacaran la muestra del horno, se colocaran las tapaderas de los pesa filtros, se enfriaran a temperatura ambiente y se pesaran, para determinar el peso del suelo seco mas la tara ($P_{ss} + t$). Luego se registrará el peso de los tapa filtro con sus tapas (P_t).

$$\% PMP = \frac{[P_{sht} - P_{sst}]}{[P_{sst} - P_t]} * 100$$

Donde:

% PMP: Contenido porcentual de agua gravimétrico en punto de marchites permanente.

P_{sht} : Peso del suelo húmedo más peso de la tara

P_{sst} : Peso del suelo seco más peso de la tara

P_t : Peso de la tara

4.2.7. Determinación de la densidad aparente del suelo

Esta se hizo por métodos de laboratorio, el método a implementar es el método de la probeta lo primero que se realiza es la pesada de la probeta de 100 ml vacía, en la balanza electrónica.

A continuación se llena de suelo, agregando pequeñas cantidades y golpeando sobre un libro a fin de que se vaya compactando, hasta enrasar los 100 ml. No deben quedar huecos entre el suelo y la pared de la probeta, una vez que la probeta esté llena se pesa de nuevo y se procede a determinar la densidad aparente del suelo, a través de la siguiente fórmula:

$$\rho_a = \frac{M_{ss}}{V_T}$$

Donde:

ρ_a : Densidad aparente

M_{ss} : Masa de suelo seco

V_T : Volumen de partículas sólidas + volumen de poros

4.2.8. Determinación de la profundidad radicular

Se elaboraron calicatas de 0.60 m de profundidad por 0.60 m de ancho por 1-1.5 m de longitud, ubicada de forma paralela a la dirección del surco o hilera del cultivo, las que se distribuyeron al principio, centro y final de la parcela.

En cada uno de los estratos se tomaron una muestra de (raíces + suelo + agua) a cada 10 cm de profundidad hasta llegar a los 60 cm, a estas muestras se les determino su peso en Kg. Estas muestras luego fueron separadas en raíces y suelo para ser pesadas individualmente y así se obtiene el peso de suelo húmedo y el peso de las raíces.

Posteriormente estas muestras debidamente rotuladas fueron llevadas al horno por 24 horas para luego ser pesadas y obtener su peso seco, luego se determino la humedad existente en el suelo como en las raíces, se asume que la profundidad radicular será aquella donde se encuentre concentrado el 70 % de la masa radicular.

Cuando se trata de calcular el agua que es preciso aportar con el riego, se debe conocer la profundidad de la capa de suelo que es realmente ocupada por las raíces. Algunos valores de profundidad de las raíces máxima para diferentes cultivos se exponen en la tabla siguiente. En algunas ocasiones, cuando las condiciones de suelo y agua son muy favorables, se han encontrado valores mayores, pero en ningún caso la profundidad de raíces se podrá considerar mayor que la del suelo y está en dependencia de los distintos periodos del ciclo de cada cultivo.

Tabla 3: Profundidad radicular para diferentes cultivos

Profundidad radicular para algunos cultivos					
Cultivo	Prof.	Cultivo	Prof. (m)	Cultivo	Prof. (m)
Aguacate	0.8-1.2	Col y coliflor	0.6	Patata	0.6-0.9
Albaricoque	0.6-1.4	Espárrago	1.2-1.8	Pepino	0.4-0.6
Alcachofa	0.6-0.9	Espinaca	0.4-0.6	Peral	0.6-1.2
Arroz	0.3-0.4	Fresa	0.3-0.5	Pimiento	0.4-0.9
Algodón	0.6-1.8	Frijol	0.6-1.0	Remolacha	0.6-1.2
Almendro	0.6-1.2	Girasol	1.5-2.5	Soya	0.6-1.0
Avena	0.6-1.1	Guisantes	0.4-0.8	Sorgo	0.6-0.9
Berenjena	0.5-0.6	Lechuga	0.2-0.5	Tabaco	0.5-0.9
Cebada	0.9-1.1	Leguminosas	0.5-1.0	Tomate	0.6-1.2
Cebolla	0.3-0.6	Maíz grano	0.6-1.2	Trigo	0.8-1.1
Cerezo	0.8-1.2	Manzano	0.8-1.4	Vid	0.8-1.1
Ciruelo	0.8-1.2	Melocotón	0.6-1.2	Zanahoria	0.4-0.6
Cítricos	0.9-1.5	Melón	0.6-1.1		
Caña de azúcar	0.7-1.5	Olivo	0.9-1.5		

Fuente: Haber Pimentel Gómez, Engenharia de irrigação: Hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento

Materiales:

- Hoja de campo.
- GPS.
- Equipos para la toma de muestra de suelo.
- Equipos de laboratorio para análisis físico-químico.
- Laboratorio de cómputos, para el procesamiento de la información.
- Autocad.

4.3. DISEÑO AGRONÓMICO

Una segunda parte toma los datos de requerimientos de riego basado en los datos climáticos (E_t) y del cultivo (K_c), datos de suelo para establecer la lámina de riego y posteriormente definir lámina de riego neta y bruta, así como intensidad de la aplicación, tamaño de sectores de riego y caudal del sector. Este último se compara con el caudal de la fuente para analizar la viabilidad del riego.

El diseño agronómico es una parte fundamental del proyecto de riego, presentando ciertas dificultades, tanto de tipo conceptual como de cuantificación de ciertos parámetros, por el gran número de condicionantes que ha de tener en cuenta (suelo, clima, cultivo, parcelación etc.).

Este diseño se realizó a continuación de obtener los resultados del análisis de suelo del laboratorio para realizar el cálculo de la norma neta del suelo (N_n), Norma bruta del suelo (N_b) y Necesidades brutas del cultivo.

Los datos de laboratorio utilizados son: Densidad aparente (D_a), Profundidad radicular (H_r), Capacidad de campo (C_c) y Punto de marchitez permanente (PMP).

4.3.1. Método para el cálculo de la evapotranspiración potencial (Eto)

La evapotranspiración potencial representa la tasa de evaporación de una superficie extensa cubierta de hierba verde de 8 a 15 cm de altura, que está creciendo activamente y sombrea completamente el terreno y que no escasea agua.

La elección del método queda determinada por el tipo de datos climáticos con que se cuenta y de igual manera con la exactitud que se quiera predecir. En nuestro caso se emplea el método de Penman Modificado porque proporciona buenos resultados para períodos cortos.

➤ MATERIALES

➤ CROPWAT 8.0 para Windows

CROPWAT es un programa desarrollado por la División de Desarrollo de Tierras y Aguas (AGL) de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO). El creador de la versión original es el Dr. Martín Smith del Servicio de Manejo y Desarrollo de Recursos Hídricos de la AGL.

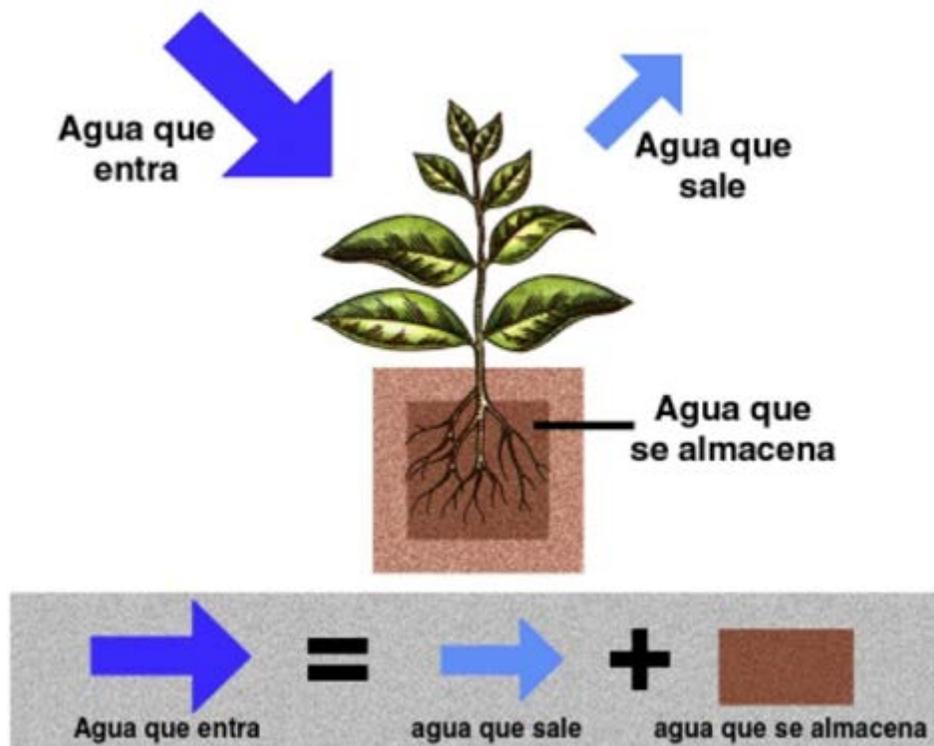
CROPWAT (crop = cultivo; wat = agua) es un programa que utiliza el método de la FAO Penman - Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ETO). Los valores de ETO son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y el calendario de riego. Es una herramienta de ayuda para la toma de decisiones en el manejo de los cultivos tanto a nivel de parcela como al de un perímetro de riego o área más o menos compleja que incluya una combinación de cultivos bajo riego.

Fuente: <http://www.fao.org/ag/AGL/AGLW/cropwat.stm>

4.3.2. Método del balance de agua para estimar las necesidades de riego

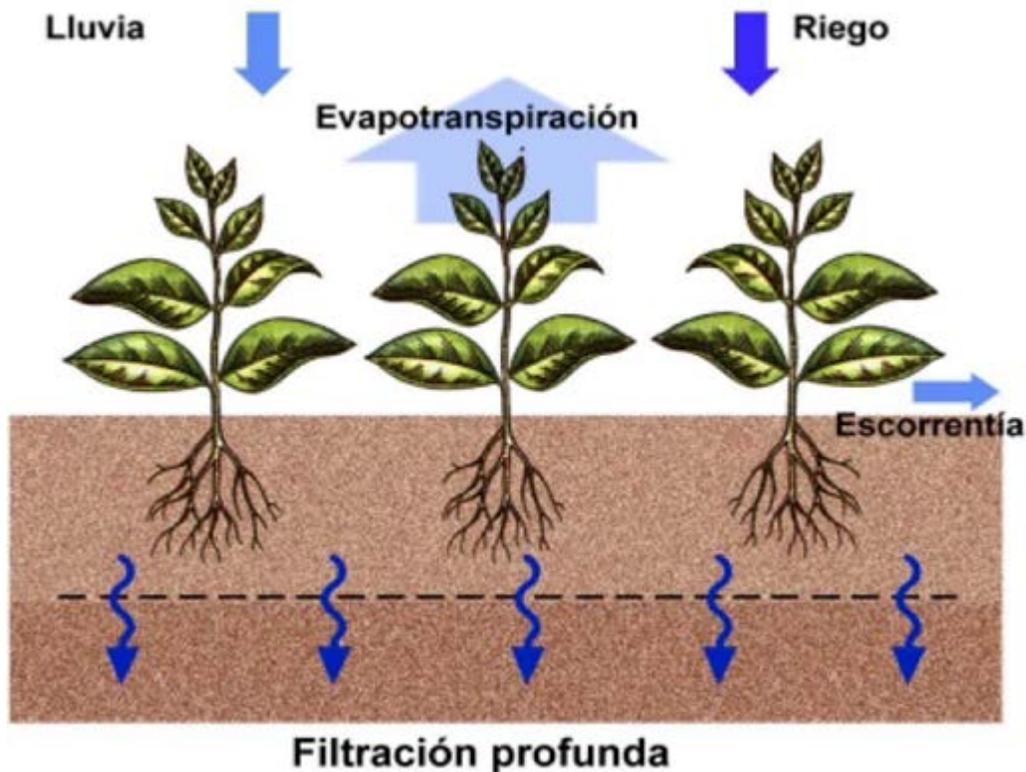
El sistema formado por el suelo y el cultivo tiene unos aportes y unas salidas de agua. Por lo general esas cantidades no son iguales, por lo que el contenido de humedad del suelo irá cambiando, quedando de manifiesto el papel del suelo como almacén de agua. De forma esquemática se puede expresar que la cantidad de agua que entra en el conjunto formado por el suelo y la planta, menos la cantidad que sale, es igual a la variación del contenido de humedad del suelo.

Figura 8: Balance de agua en el sistema suelo-planta



Las entradas de agua pueden ser debidas a la lluvia ó al riego. Por su parte, las salidas de agua se deberán a la evapotranspiración, la escorrentía ó la filtración profunda.

Figura 9: Componentes del balance de agua



4.3.3. Norma neta del suelo

Con la dosis neta de riego se aporta humedad al suelo para satisfacer las necesidades del cultivo durante varios días. Suele expresarse en m^3/ha o mm de altura de lamina de agua. Conviene recordar que $1\text{ mm} = 1\text{ l/m}^2 = 10\text{ m}^3/ha$. Puede calcularse como:

$$Nn = 100 * Da * Hr * (Cc - PMP) * 2/3$$

Donde:

Nn: Norma Neta (m^3/ha)

Da: Densidad aparente (gr/cm^3)

Hr: Profundidad radicular (m)

Cc: Capacidad de campo (%)

PMP: Punto de marchitez permanente (%)

4.3.4. Norma bruta del suelo

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 diferente la cuantía de cada tipo de pérdida según el sistema de riego.

La eficiencia de aplicación del riego (Ef), es precisamente el porcentaje de agua que las raíces aprovechan respecto del total aplicado. Su valor es diferente para cada método de riego, superficie, aspersión y localizado, dentro de cada uno de ellos, según cada sistema. Sin embargo se pueden dar algunos valores orientativos como los siguientes.⁽¹⁾

Tabla 4: Eficiencia de aplicación para los distintos métodos de riego

Eficiencia de aplicación (Ef) esperable con distintos métodos de riego	
Método de riego	Eficiencia del riego (%)
Riego superficial	55-90 ⁽¹⁾
Riego por aspersión	65-90
Riego localizado	75-90 ⁽²⁾
<p>1. Los valores altos de Ea en riego por superficie se consiguen, como en el resto de los métodos, con un adecuado diseño y manejo del riego y en determinados sistemas como riego por surcos a nivel cerrados, tablares bien nivelados o surcos abiertos en los que se reutiliza el agua de escorrentía (aun que esta práctica es aún muy poco frecuente).</p> <p>2. Los valores más frecuentes se sitúan próximos al 90 %.</p>	

Por lo tanto, conociendo la eficiencia de aplicación se pueden determinar la **norma bruta de riego** (Nb), o sea, la cantidad real de agua que ha de aplicarse durante

el riego para satisfacer las necesidades netas de riego. Se calculan utilizando una fórmula muy simple:

$$Nb = \frac{Nn}{Ef}$$

Donde:

Nb: Norma bruta (mm)

Nn: Norma Neta (mm)

Ef: Eficiencia del sistema de riego (%)

4.3.5. Necesidades brutas del cultivo

$$Nb_{cultivo} = \frac{Uc}{Ef}$$

Donde:

Uc: Uso Consuntivo ó Evapotranspiración (mm/día)

Ef: Eficiencia del sistema de riego (%)

➤ Evapotranspiración real o uso consuntivo

Permite estimar la evapotranspiración del cultivo para un periodo determinado.

$$Etr_{cultivo} = Eto * Kc$$

Donde:

Etr_{cultivo}: Evapotranspiración real (mm/día)

Eto: Evapotranspiración (mm/día)

Kc: Coeficiente del cultivo

Tabla 5: Coeficiente del cultivo K_c para las diferentes etapas de crecimiento del cultivo del maíz

Etapa	Duración (días)	K_c
Inicial	20	0.4
Máximo crecimiento	30	0.8
Intermedio	40	1.15
Final	30	0.7

Fuente: Boletín n° 24 de la FAO.

4.4. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

4.4.1. Características hidráulicas de los aspersores (q_0)

$$q_0 = Cg * A * \sqrt{2 * g * h_0}$$

Donde:

q_0 : Gasto real del aspersor (m^3/s)

A : Área de salida de la boquilla (mm)

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

h_0 : Carga de presión a la salida del aspersor (m)

$$q_0 = 3.48 * D^2 * \sqrt{h_0}$$

Donde:

q_0 : Gasto real del aspersor (m^3/s)

h_0 : Carga de presión a la salida del aspersor (m)

D : Diámetro de la boquilla (m)

En caso de aspersores de doble boquilla.

$$q_0 = 3.48 * (d_1^2 + d_2^2) * \sqrt{h_0}$$

Donde:

q_0 : Gasto real del aspersor (m^3/s)

h_0 : Carga de presión a la salida del aspersor (m)

d_1 y d_2 : Diámetro de la boquilla (m)

4.4.2. Coeficiente de gasto del aspersor

$$Cg = \frac{\text{Gasto Real}}{\text{Gasto Teórico}}$$

➤ Gasto Real:

Es el que se mide a la salida del aspersor al aplicarle una presión determinada la cual se realiza utilizando aforos volumétricos o utilizando otros equipos de medición.

➤ Gasto Teórico:

Se determina por la siguiente Expresión

$$q_{o \text{ teórico}} = 3.84 * D^2 * \sqrt{h_0}$$

4.4.3. Altura de los tubos verticales para elevar los aspersores

En dependencia del gasto:

Tabla 6: Altura de los elevadores

Gasto del Aspersor		Altura Mínima del Elevador (cm)
LPS	GPM	
0.25 – 0.75	3.96 – 11.88	15
0.75 – 1.70	11.88 – 27	25
1.70 – 3.40	27 – 54	30
3.40 – 8.50	54 – 135	35
8.50 a mas	135 a mas	90

Fuente: Asignatura de Diseño de Sistema de Riego

Radio de Alcance: Es la distancia que recorre el chorro principal medida desde la base del aspersor con el equipo detenido sin girar y a cero vientos.

La fórmula para determinar este radio de alcance es la siguiente:

➤ **Formula de Zunker**

$$R = 1.55 * h_o * \left(1 - \frac{0.95 * h_o}{4.9 + h_o}\right) * \sqrt{1000 d}$$

Donde:

R: Radio de alcance (m)

h_o: Presión de trabajo (m)

d: Diámetro de la boquilla (m)

$$D = 2R$$

4.4.4. Lluvia del aspersor

4.4.4.1. Calidad de la lluvia del aspersor

En un aspersor de acuerdo a la presión de trabajo y al diámetro de salida se producen gotas de diferentes tamaños, las gotas muy gruesas afectan los suelos y al cultivo, se encuentra en una zona de radio de alcance produciendo una baja uniformidad en la lamina de agua aplicada, las gotas finas son arrastradas fácilmente por el viento produciendo también una baja uniformidad para ello se utiliza un índice para medir la calidad de la lluvia.

El grosor de las gotas se determina por el índice de grosor (IG). Para calcular IG se tendrá en cuenta la presión y el diámetro con la boquilla seleccionada.⁽³⁾

$$IG = 12.85 \frac{H^{1.3}}{D}$$

Donde:

IG = Índice de grosor de la gota

H = Presión del aspersor (kg/cm²)

D = Diámetro de la boquilla (mm)

IG<7 Gotas gruesas.

IG>17 Gotas finas.

IG 7 a 17 Grosor de gotas recomendable

4.4.5. Espaciamiento entre aspersores y acción del viento

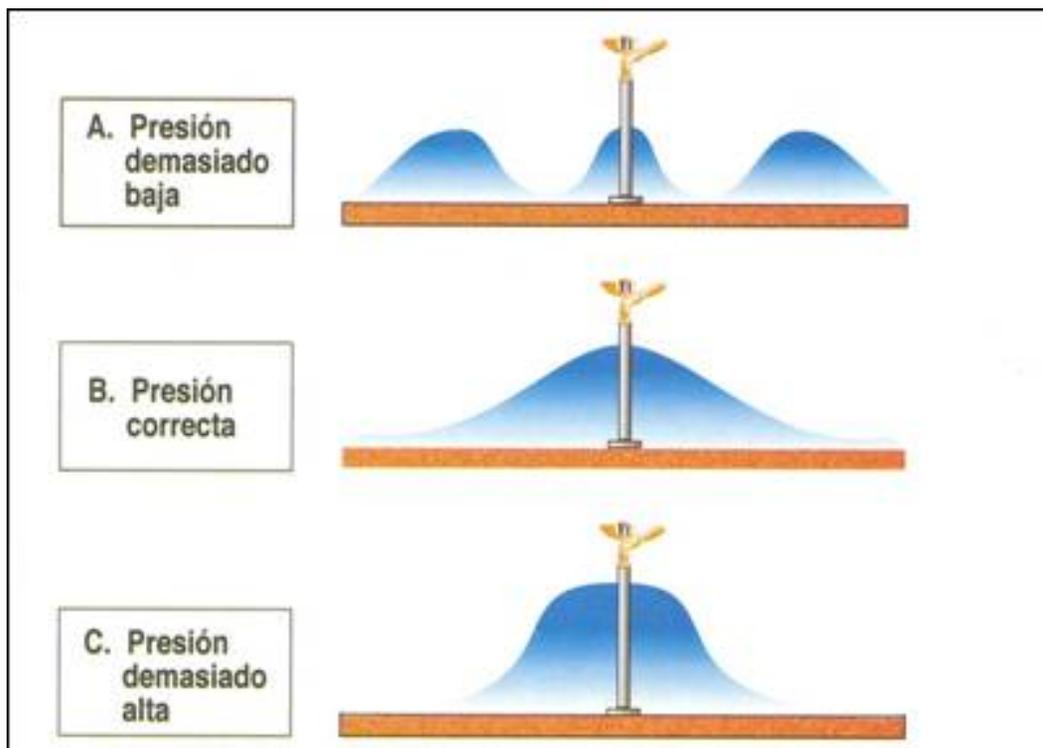
La aplicación uniforme del agua depende principalmente del modelo de reparto de agua del aspersor y de la disposición de los aspersores en el campo (marco).

A estos factores hay que añadir el viento, que es el principal distorsionador de la uniformidad de reparto. El modelo de reparto de agua del aspersor viene definido por el diseño del mismo, el tipo, el número de boquillas y la presión de trabajo.

A todo esto, pueden añadirse otros factores de menor trascendencia como la altura del aspersor sobre el terreno, la introducción de vaina prolongadora de chorro en la boquilla, o la duración del riego, cuyo incremento favorece la uniformidad de distribución que pudo ser alterada por momento de viento.

Respecto al modelo de reparto del aspersor, la presión afecta de tal manera que cuando es demasiado baja, las gotas son demasiado grandes y la distribución es poco uniforme. Cuando la presión es demasiado alta, el agua se pulveriza en gotas muy finas y caen muy cerca del aspersor.

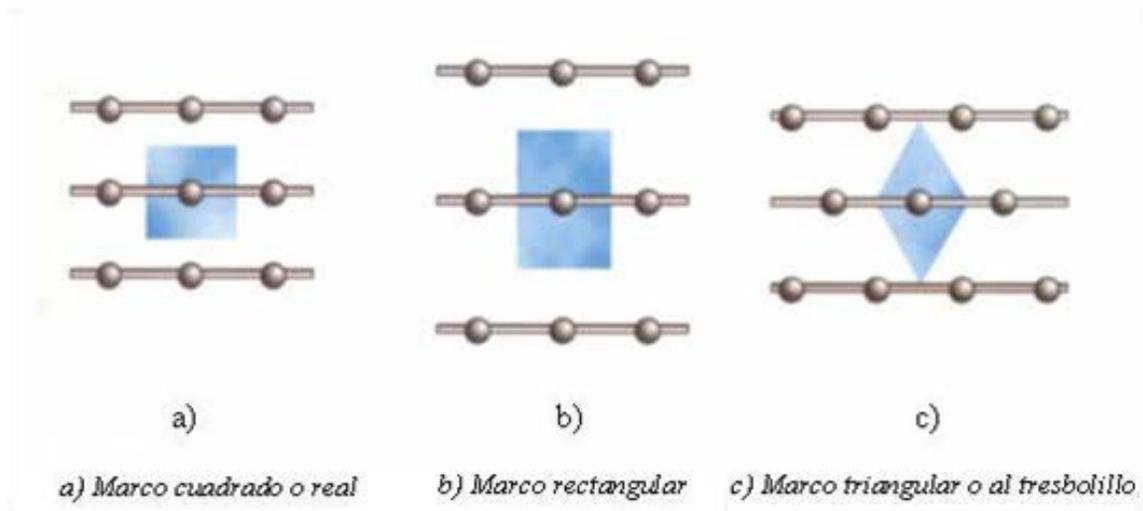
Figura 10: Efectos de la presión del agua en el aspersor en la distribución de la lluvia generada



Para lograr una mayor uniformidad de aplicación de la lluvia provocada por los aspersores es necesario que exista un solape de las superficies regadas por los aspersores cercanos entre sí. Por esta razón, la elección del marco de riego es fundamental.

Los marcos de riego más habituales son: marco cuadrado o real, marco rectangular, marco triangular o al tresbolillo.

Figura 11: Marcos de riego



Los marcos normalmente adoptados como separación entre aspersores dentro de la tubería y entre tuberías suelen ser: 12x12, 12x15, 15x15, 12x18, 18x18 m, en rectángulo y 18x15 ó 21x18 m en triángulos, medidos todos ellos en metros. En general son todos ellos múltiplos de 6 o 9 m para tuberías en superficie y pueden tomar cualquier valor si se trata de tuberías enterradas.

Se definen pues por dos cifras: la separación entre ramales y la separación de aspersores dentro del ramal (Si son dos cifras distintas, la menor será la separación de los aspersores y la mayor la de los ramales “porque así se ponen menos ramales”).

Según Heerman y Kohi (1980) recomiendan los siguientes valores de separación entre aspersores y los ramales de aspersión para cada tipo de marco de riego, siempre que se trate de vientos menores a 2 m/s.⁽²⁾

Tabla 7: Ausencia de vientos o moderados (menores a 2 m/s)

Disposición	Espaciamiento entre aspersor (E_a)
Cuadrado	1.4142 R
Rectangular	0.45R $E_l = 0.60R$
Triangular	$E_a = E_l = 1.73R$

Tabla 8: En presencia de vientos para cuadrado y triangular

V (Km/h)	Cuadrado	Triangular	
	a(m)	a(m)	b(m)
0	0.7 D	0.75 D	0.87 D
0-10	0.55 D	0.60 D	0.70 D
10-13	0.50 D	0.55 D	0.65 D
13-30	0.30 D	0.50 D	0.60 D

Tabla 9: En presencia de vientos para rectangular

Espaciamiento rectangular		
V (Km/h)	E_a	E_l
0 – 10	0.4 D	0.65 D
10 – 15	0.4 D	0.60 D
Mayor 15	0.3 D	0.50 D

4.4.6. Cálculo del diámetro efectivo (E_a)

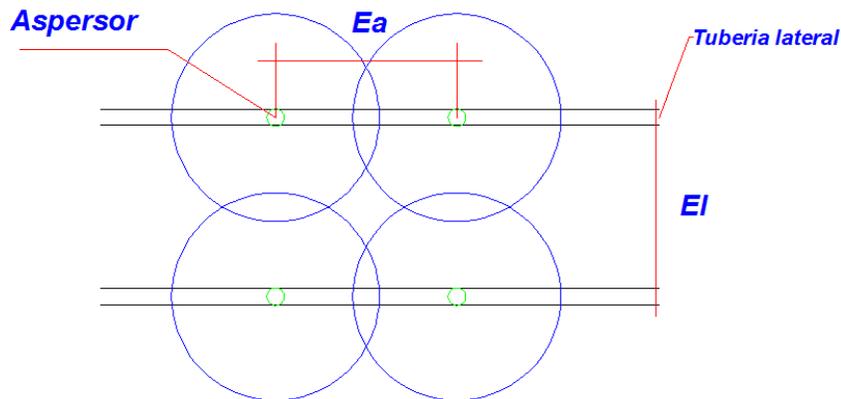
Se tomará la disposición en cuadrado para este diseño por lo cual el diámetro efectivo corresponderá a 0.55D este valor es para velocidades de viento de 0 a 10 km/h.

4.4.7. Área efectiva

Es el área que riega un aspersor descontado los traslapes entre aspersor.

En el caso de aspersores trabajando simultáneamente:

Figura 12: Área efectiva



Fuente: Propia

$$A_{Efectiva} = E_a * E_l$$

Donde:

E_a : Espaciamiento entre cada aspersor.

E_l : Espaciamiento entre laterales.

4.4.8. Intensidad de aplicación

$$i_{a\ neta} = \frac{3600\ q_o}{A_{Efectiva}} * Ef$$

Donde:

$i_{a\ neta}$: Intensidad de aplicación neta del aspersor (mm/hr)

q_o : Gasto de diseño del aspersor (lps)

$A_{efectivo}$: Área a regar por un aspersor (m^2)

Ef : Eficiencia de aplicación del riego por aspersión.

➤ **Comparación de la intensidad de aplicación del aspersor con la velocidad de infiltración del suelo**

Es importante recalcar que la intensidad de la lluvia de un aspersor debe ser igual o menor que la velocidad de infiltración de un suelo. Para realizar la comparación se compara el valor de la intensidad de aplicación con la velocidad promedio de infiltración del suelo.

$$I_a \leq I_0$$

Donde:

I_a : Intensidad de aplicación (mm/hr)

I_0 : Velocidad de infiltración (mm/hr)

4.4.9. Tiempo de puesta

Se determina dividiendo la norma de riego neta entre la intensidad de aplicación del aspersor.

$$Tp = \frac{Nn}{Ia}$$

Donde:

Tp : Tiempo de puesta (hr)

Nn : Norma neta (mm)

Ia : Intensidad de aplicación (mm/hr)

4.4.10. Diseño de la tubería lateral

Lateral: Es la tubería que contiene todos los emisores, esta puede ser de PVC o aluminio. La longitud de los tubos es de 6 m y en algunos casos se pueden encontrar de 9 m.

➤ Pérdida de carga en la tubería

La pérdida de carga que tiene lugar en una conducción representa la pérdida de energía de un flujo hidráulico a lo largo de la misma por efecto del rozamiento.

$\Delta Z = 0$ (Terreno plano), entonces solo se toman las pérdidas por fricción (h_f)

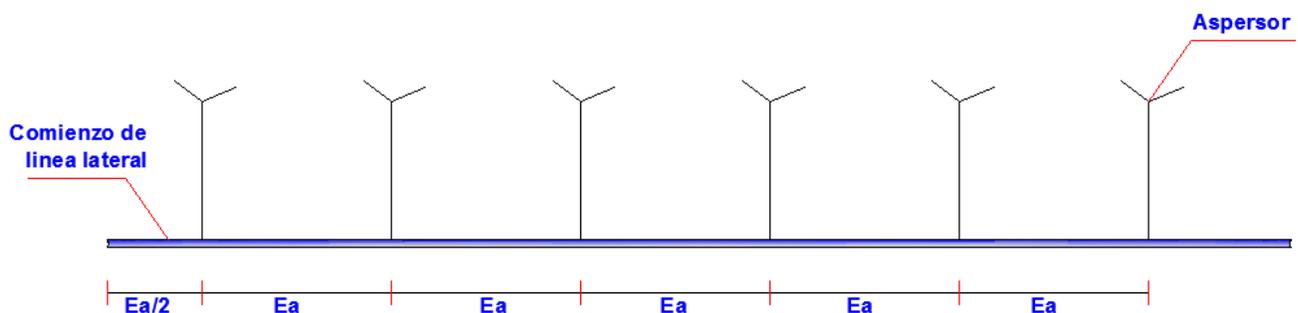
$\Delta Z > 0$ (Pendiente positiva), entonces $\Delta Z + h_f$

$\Delta Z < 0$ (Pendiente negativa), esta pendiente esta a favor del flujo, entonces

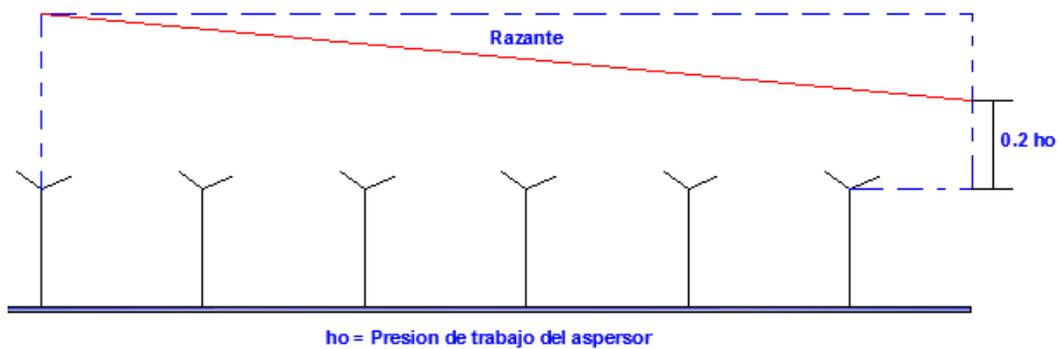
$$h_f - \Delta Z$$

➤ Criterio de Christiansen para el cálculo de las pérdidas por fricción

1. Este criterio incluye el cálculo de la fricción en el ramal lateral, sobre la base del total de agua que fluye a todo lo largo de la tubería, modificando luego la pérdida mediante la multiplicación por un factor f, suponiendo que el primer aspersor se encuentra sin alternativa a una distancia de medio espaciamiento del comienzo da la lluvia ($Ea/2$).

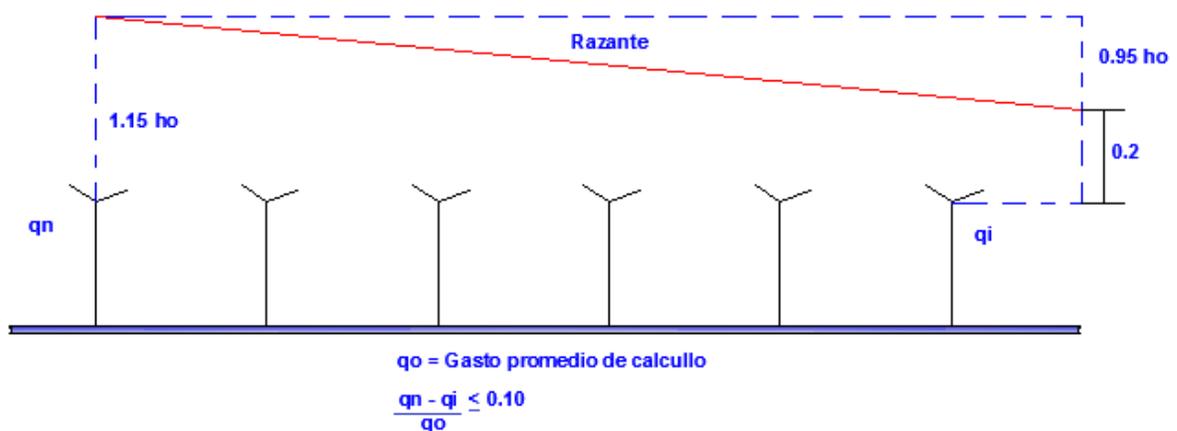


- Para establecer la gama de presiones de funcionamiento entre el primer rociador y el último se escoge el diámetro del ramal lateral de tal modo que las pérdidas por fricción mas cualquier carga de elevaciones entre los extremos del lateral no sean más del 20 % de la presión de funcionamiento de los aspersores.



Existirán varias alternativas pero se deben escoger los diámetros más pequeños que sean adecuados para facilitar el trabajo de los encargados de desplazar las tuberías.

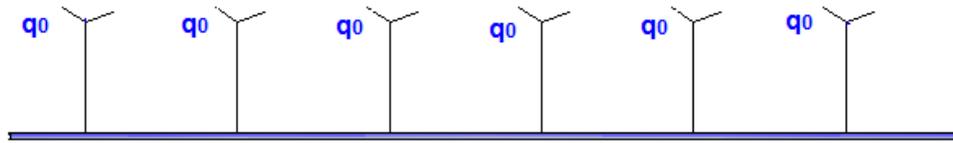
- Para la uniformidad del gasto a lo largo de un lateral es aceptable que la diferencia de gastos entre el primer y el ultimo aspersor sea menor que un 10% del gasto promedio del calculo q_0 .



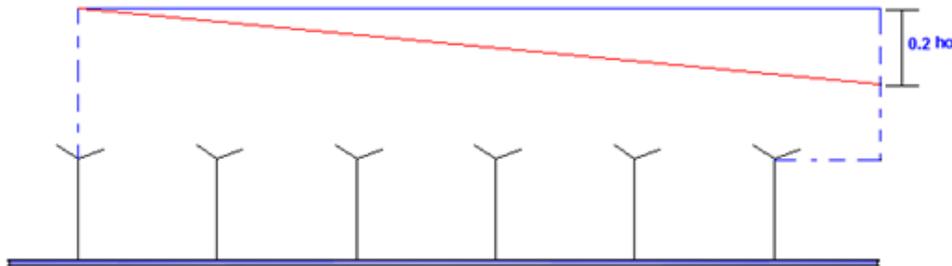
Para asegurar este criterio debe asegurarse que el aspersor extremo aguas abajo tenga una carga (presión) de $0.95 h_o$ o aproximado.

➤ **Método aproximado para el cálculo de los laterales**

1. El diseño se hará sobre la base de que la diferencia de gastos entre el primero y el último aspersor es menor del 10% del gasto de diseño. Se considera que el gasto en cada aspersor es igual a q_o .



2. Se tomara como criterio del calculo que la diferencia de carga de $0.2 h_o$ se produce entre el aspersor situado en el extremo aguas abajo del lateral y la entrada del lateral.



3. Solamente se tomaran en cuenta las pérdidas de carga por fricción el resto se evaluará al final como 10 % de las mismas, $h_f = F * HF$.

Expresión para el cálculo de las pérdidas:

$$h_f = \frac{Z * K_L * q_o^M * L}{d^N}$$

h_f : Pérdidas por fricción

K_L : Coeficiente de rozamiento

q_o : Gasto

D : Diámetro de la tubería

L : Longitud de la tubería

M y N : Coeficientes

Z : Factor de corrección de Christiansen

➤ **Expresión de Hazen Williams**

El método de Hazen-Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 °C - 25 °C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero:

$$hf = \frac{10.67}{d^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} * L$$

Donde:

hf : Pérdida de carga o de energía (m)

d : Diámetro interior de la tubería (pulg)

Q : Caudal (m³/s)

C : Coeficiente de rugosidad (adimensional)

L : Longitud de la tubería (m)

➤ **Para el cálculo de laterales**

$$hf = \frac{10.67}{d^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} * L$$

Para introducir el caudal Ips, la longitud en metros, el diámetro en pulgadas y el resultado es en metros, la fórmula es la siguiente:

$$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{C^{4.87}} * L$$

$$K_L = \frac{1742}{C^{1.852}} \quad \text{Entonces: } hf = K_L * \frac{Q^{1.852}}{C^{4.87}} * L$$

Donde:

hf: Pérdida de carga o de energía (m)

K_L: Coeficiente de rozamiento

Q: Caudal (m³/s)

C: Coeficiente de rugosidad (adimensional)

L: Longitud de la tubería (m)

Tabla 10: Coeficiente Hazen - Williams

COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS PARA ALGUNOS MATERIALES			
Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Fuente: <http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp#Hazen-Williams>

4.4.11. Cálculo de número de aspersores a utilizar

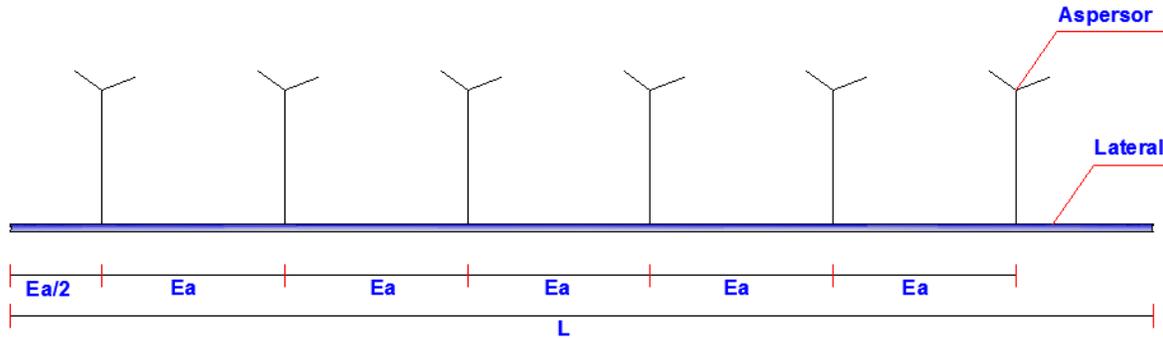
$$N = \frac{L_{LATERAL}}{E_a}$$

Donde:

N: Número de aspersores

L: Longitud del lateral (m)

E_a: Espaciamiento entre aspersor (m)

4.4.12. Esquema de diseño*Figura 13: Esquema de diseño**Fuente: Propia***4.4.13. Cálculo del número de laterales**

$$\#_{TUBOS} = \frac{L_{LATERAL}}{L_{COMERCIAL}}$$

Donde: $\#_{TUBOS}$: Número de tubos $L_{LATERAL}$: Longitud del lateral (m) $L_{COMERCIAL}$: Longitud comercial (m)**4.4.14. Cálculo del gasto del lateral**

$$Q_{LATERAL} = q_{Aspersor} * N$$

Donde: $Q_{LATERAL}$: Caudal del lateral (lps) $q_{Aspersor}$: Caudal del aspersor (lps) N : Número de aspersores

4.4.15. Cálculo del valor de Z

Conociendo los datos de N y M se encuentra por medio de tabla el valor de Z para Hazen Williams.

Donde:

Z: Factor de corrección de Christiansen

N: Número de aspersores

M: Coeficiente

Tabla 11: Cálculo del valor de Z

TABLA PARA CALCULO DE LATERALES									
N	DARCY-WEISBACH			HAZEN –WILLIAMS			SCOBNEY		
	M = 2.0			M = 1.85			M = 1.90		
	F	Z		F	Z		F	Z	
2	0,625		5	0,639		4,6	0,634		4,7
3	0,518		14	0,534		12,2	0,529		12,8
4	0,469		30	0,485		25,2	0,480		26,7
5	0,440		55	0,457		44,9	0,451		48,0
6	0,421		91	0,438		72,4	0,432		78,1
7	0,408		140	0,425		109,0	0,419		118,0
8	0,398		204	0,416		156,0	0,410		170,0
9	0,391		284	0,408		214,0	0,402		235,0
10	0,385		385	0,402		284,0	0,396		315,0
11	0,380		506	0,397		369,0	0,392		410,0
12	0,376		650	0,393		468,0	0,388		522,0
13	0,373		819	0,390		563,0	0,384		653,0
14	0,370	1	20	0,337		715,0	0,381		804,0
15	0,367	1	240	0,385		866,0	0,379		975,0
16	0,365	1	500	0,382	1	30	0,377	1	170,0
18	0,362	2	110	0,379	1	430	0,373	1	630,0
20	0,359	2	870	0,376	1	920	0,370	2	200,0
30	0,350	9	450	0,368	5	960	0,362	6	950,0
40	0,345	22	100	0,363	13	400	0,357	15	800,0
50	0,343	42	900	0,361	25	100	0,354	30	000,0
60	0,342	73	900	0,359	42	0	0,354	50	700,0
70	0,340	177	0	0,358	64	900	0,352	78	900,0
80	0,340	174	0	0,357	93	100	0,351	116	000,0
90	0,339	258	0	0,356	132	0	0,350	163	000,0
100	0,338	388	0	0,356	178	0	0,350	221	000,0

Fuente: Apuntes de la asignatura Diseño de Sistemas de Riego

4.4.16. Cálculo de las pérdidas máximas

$$hf_{M\acute{a}x} = 0.2h_0$$

Donde:

$hf_{M\acute{a}x}$: Pérdidas máximas por fricción (m)

h_0 : Presión de trabajo del aspersor (m)

4.4.17. Cálculo del diámetro de la tubería

$$D_{Dise\tilde{n}o} = \left[\frac{Z * K_L * q^{1.852} * L}{hf_{M\acute{A}X}} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

Donde:

$D_{Dise\tilde{n}o}$: Diámetro de diseño (pulg)

Z: Factor de corrección de Christiansen

L: Longitud entre aspersor (m)

K_L : Coeficiente de rozamiento

q: Caudal del aspersor (lps)

$hf_{M\acute{a}x}$: Pérdidas máximas por fricción (m)

4.4.18. Cálculo de las pérdidas reales

$$hf_{REAL} = 0.20h_0 * \left(\frac{d_{Dise\tilde{n}o}}{d_{Comercial}} \right)^{4.87}$$

Donde:

hf_{REAL} : Pérdidas reales por fricción (m)

h_0 : Presión de trabajo del aspersor (mca)

$d_{Diseño}$: Diámetro de diseño (pulg)

$d_{Comercial}$: Diámetro comercial (pulg)

4.4.19. Carga de energía a la entrada del lateral

$$H_L = H_N + h_{ELEV} + \Delta Z \quad \text{Donde} \quad H_N = h_0 + 0.75 * h_{REAL}$$

H_L : Carga a la entrada a la entrada de la tubería lateral (m)

h_{ELEV} : Altura del elevador (m)

ΔZ : Desnivel del terreno

h_0 : Presión de trabajo del aspersor (mca)

hf_{REAL} : Pérdidas reales por fricción (m)

4.5. DISEÑO DE LA TUBERÍA MAESTRA

4.5.1. Cálculo del número de posiciones

$$P_L = \frac{2L_{MAESTRA}}{E_L}$$

Donde:

P_L : Número de posiciones de los laterales para regar toda el área

$L_{MAESTRA}$: Longitud de la maestra (m)

E_L : Espaciamiento entre lateral (m)

4.5.2. Cálculo del número de posiciones diarias del lateral

$$P_{dL} = \frac{\text{Jornada}}{t_p + t_c}$$

Donde:

P_{dL} : Posiciones diarias del lateral

Jornada: Jornada de trabajo (hr)

t_p : Tiempo de puesta (hr)

t_c : Tiempo de cambio (hr)

4.5.3. Cálculo del número de laterales

$$N_L = \frac{P_L}{P_{dL} * T_R}$$

Donde:

N_L : Número de laterales

P_L : Número de posiciones de los laterales para regar toda el área

P_{dL} : Posiciones diarias del lateral

T_R : Tiempo de riego

4.5.4. Cálculo del caudal de la maestra

$$Q_M = N_L * q_{LATERAL}$$

Donde:

Q_M : Caudal de la maestra (lps)

INGENIERÍA AGRÍCOLA

Br. IRASEMA KERR

Br. HÉCTOR CENTENO

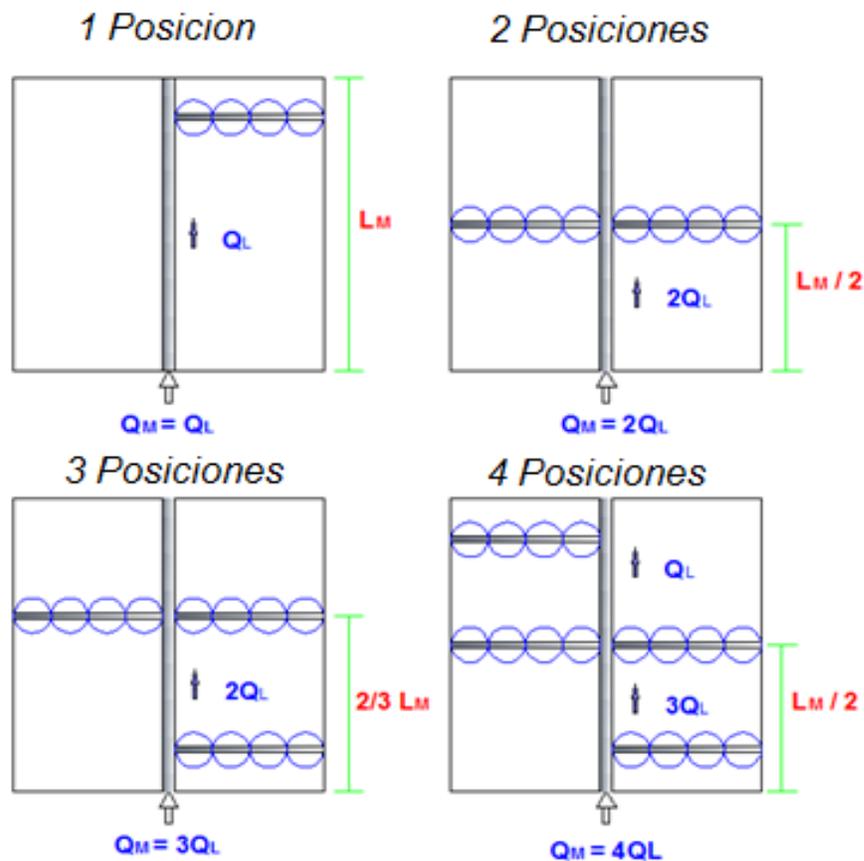
N_L : Número de laterales

$Q_{LATERAL}$: Caudal del lateral (lps)

4.5.5. Criterio de Christiansen para las maestras

Es importante señalar que para el cálculo de la pérdida de carga en la maestra se debe buscar la posición más crítica de los laterales, es decir la postura donde se produzca la mayor pérdida de carga tomando el valor máximo de pérdida para el cálculo del diámetro de la maestra.

Figura 14: Esquema de las posiciones más críticas



Fuente: Propia

4.5.6. Cálculo de las pérdidas máximas

$$Hf_{MÁX M} = 0.25 h_0$$

$Hf_{MÁX}$: Pérdidas máximas por fricción (m)

h_0 : Presión de trabajo del aspersor (m)

4.5.7. Cálculo del diámetro de la maestra

En este caso se asume un diámetro de tubería y se calculan las pérdidas por tramo, si la suma de las pérdidas de los tramos es menor que las pérdidas máximas el diámetro asumido es correcto de lo contrario se realiza otro tanteo.

$$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

Donde:

hf : Pérdida de carga o de energía (m)

Q : Caudal (m^3/s)

C : Coeficiente de rugosidad (adimensional)

d : Diámetro de la tubería (pulg)

L : Longitud de la tubería (m)

4.5.8. Pérdidas totales

$$hf_{TOTAL MAESTRA} = \sum hf_{TRAMO}$$

Donde:

$hf_{TOTAL MAESTRA}$: Pérdida total en la maestra (m)

$\sum hf_{TRAMO}$: Sumatoria de las pérdidas por tramo (m)

4.5.9. Cálculo de carga a la entrada de la maestra

$$H_{MAESTRA} = H_L + hf_{MAESTRA} + hf_{ACCESORIOS} + \Delta Z$$

$$\text{Donde } hf_{ACCESORIOS} = 0.10(hf_{REALES} + hf_{MAESTRA})$$

Donde:

$H_{MAESTRA}$: Carga a la entrada de la maestra (m)

H_L : Carga a la entrada de la tubería lateral (m)

$hf_{MAESTRA}$: Pérdida de carga de la maestra (m)

$hf_{ACCESORIOS}$: Pérdida de carga por accesorios (m)

hf_{REALES} : Pérdida de carga real del lateral (m)

ΔZ : Desnivel del terreno (m)

4.5.10. Diseño de la Conductor

La tubería será una tubería simple es decir que esta tenga una sola salida con un diámetro y coeficiente de rugosidad constante.

$$hf = \frac{10.67}{d^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} * L$$

Donde:

hf : Pérdida de carga o de energía (m)

d : Diámetro interior de la tubería (pulg)

Q : Caudal (m^3/s)

C : Coeficiente de rugosidad (adimensional)

L : Longitud de la tubería (m)

4.5.11. Cálculo de la carga a la entrada de la conductora

$$H_{\text{conductor}} = H_{\text{maestra}} + h_{f_{\text{conductor}}} + \Delta Z$$

H_{maestra}: Carga a la entrada de la maestra

h_{f_{conductor}}: Pérdidas en la conductora

ΔZ: Desnivel del terreno

4.5.12. Cálculo de la Carga Dinámica Total (CDT)

Se determinó a través de la siguiente expresión:

$$CDT = H_{\text{conductor}} + \Delta H + h_{f_{\text{succión}}}$$

Donde:

CDT: Carga Dinámica Total (m)

H_{conductor}: Carga de la Conductora

*ΔH: Densivel entre el centro de la bomba y el nivel estático
de agua de la fuente de abastecimiento (m)*

*h_{f_{succión}}: Pérdidas de carga en la tubería de succión que corresponde
a 5% de la altura de succión.*

4.5.13. Cálculo de la Potencia de Bombeo (Hp)

$$Hp = \frac{Q * CDT}{270 * Ef} * Fs$$

Donde:

Hp: Potencia del equipo de bombeo

Q: Caudal de la conductora (m³/h)

CDT: Carga Dinámica Total (m)

Ef: Eficiencia de la bomba (%)

Fs: Factor de seguridad para motores eléctricos (1.15)



V- CÁLCULOS

5.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN (Eto)

CROPWAT (crop = cultivo; wat = agua) es un programa que utiliza el método de la FAO Penman - Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ETO). Los valores de ETO son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y el calendario de riego. Es una herramienta de ayuda para la toma de decisiones en el manejo de los cultivos tanto a nivel de parcela como al de un perímetro de riego o área más o menos compleja que incluya una combinación de cultivos bajo riego.

Para la determinación de la evapotranspiración se tomó los datos climatológicos suministrados por INETER y se procedió a introducirlos al programa.

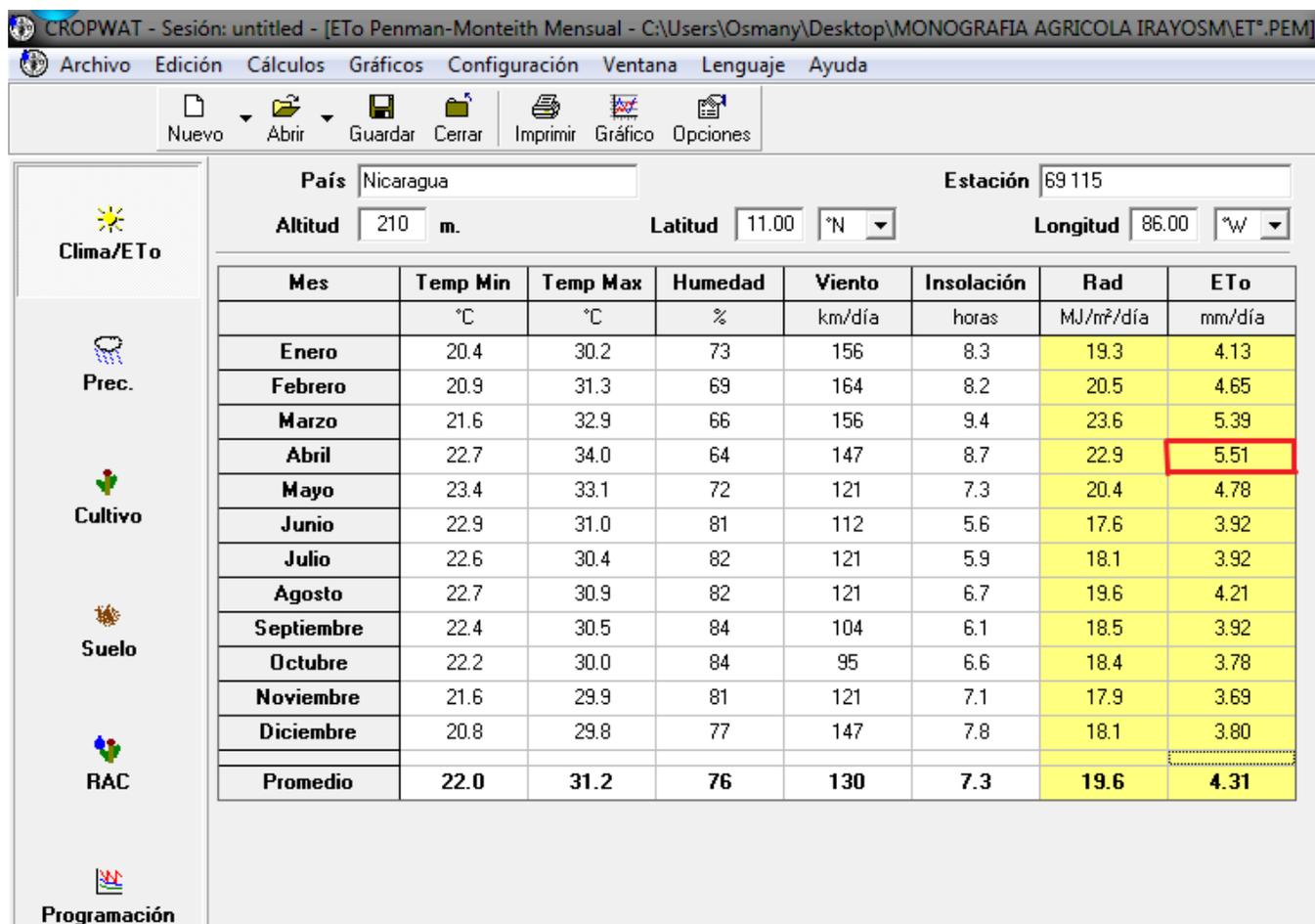
Nota: Los datos climatológicos suministrados por INETER corresponden a las medias comprendidas desde los años 1977- 2008 para un total de 31 años. Ver Anexo 2: **Tablas (INETER)**.

Tabla 12: Datos Meteorológicos

Mes	Temp Min	Temp Máx	Humedad	Viento	Insolación
	°C	°C	%	km/día	Horas
Enero	20.4	30.2	73	156	8.3
Febrero	20.9	31.3	69	164	8.2
Marzo	21.6	32.9	66	156	9.4
Abril	22.7	34	64	147	8.7
Mayo	23.4	33.1	72	121	7.3
Junio	22.9	31	81	112	5.6
Julio	22.6	30.4	82	121	5.9
Agosto	22.7	30.9	82	121	6.7
Septiembre	22.4	30.5	84	104	6.1
Octubre	22.2	30	84	95	6.6
Noviembre	21.6	29.9	81	121	7.1
Diciembre	20.8	29.8	77	147	7.8
Promedio	22	31.2	76	130	7.3

Fuente: INETER

Figura 15: Cálculo de la evapotranspiración con el programa CROPWAT



Fuente: Propia

5.2. DISEÑO AGRONÓMICO

Tabla 13: Datos edafoclimáticos

Datos edafoclimáticos de la zona	
Suelo	Franco
Cultivo	Maíz
Uso consuntivo (ET_0)	5.51 mm/día
Profundidad radicular (Hr)	0.90 m
Densidad aparente (Da)	1.07 gr/cm ³
Capacidad de campo (Cc)	40.63 %
Punto de marchitez permanente (PMP)	29.92 %
Velocidad de infiltración (mm/hr)	140 mm/hr
Eficiencia del riego (Ef)	85 %
Kc máximo	1.15
Velocidad del viento	5.42 km/hr

Fuente: Laboratorio UNI-RUPAP

5.2.1. Norma neta del suelo

$$Nn = 100 * Da * Hr * (Cc - PMP) * 2/3$$

$$Nn = 100 * 1.07 * 0.90 * (40.63 - 29.92) * 2/3$$

$$Nn = 687.58 \text{ m}^3/\text{ha} \cong 68.76 \text{ mm}$$

5.2.2. Norma bruta

$$Nb = \frac{Nn}{Ef}$$

$$Nb = \frac{68.76 \text{ mm}}{0.85 \%}$$

$$Nb = 80.89 \text{ mm}$$

5.2.3. Necesidades brutas del cultivo

$$Nb_{cultivo} = \frac{Uc}{Ef}$$

$$Et_r = Et_0 * kc$$

$$Nb_{cultivo} = \frac{6.34 \text{ mm/día}}{0.85 \%}$$

$$Et_r = 5.51 * 1.15$$

$$Nb_{cultivo} = 7.46 \text{ mm/día}$$

$$Et_r = 6.34 \text{ mm/día}$$

5.3. DISEÑO HIDRÁULICO

Tabla 14: Datos de catálogo del aspersor

Aspersor modelo serie 70	
Tipo de aspersor	SENNINGER 7025RD-2-1" M
Color de la boquilla	Turquesa
Caudal del aspersor	1.07 lps
Presión de trabajo (h_0)	30 PSI/1.423 = 21.082 mca
Diámetro de la boquilla (d_1)	7.14 mm = 0.00714 m
Diámetro de la boquilla (d_2)	3.97 mm = 0.00397 m
Diámetro de alcance	39 m
Altura del elevador (H_{ELV})	1 m
Disposición de los aspersores	Cuadrado

Fuente: Prácticas de Diseño de Sistemas de Riego

Nota: Ver catálogo en anexo 1: **Selección del aspersor**

5.3.1. Cálculo del gasto teórico

$$q_0 = 3.48 * (d_1^2 + d_2^2) * \sqrt{h_0}$$

$$q_{teórico} = 3.48 * (0.00714^2 + 0.00397^2) * \sqrt{21.082}$$

$$q_{teórico} = 0.0011 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_{Real} = 1.07 \text{ lps} \cong 1.07 \text{ lps} * \left(\frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ l}}\right) = 0.00107 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.3.2. Cálculo del coeficiente de gasto

$$Cg = \frac{\text{Gasto Real}}{\text{Gasto Teórico}}$$

$$Cg = \frac{0.00107 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0011 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Cg = 0.97$$

5.3.3. Cálculo del radio de alcance

$$R = 1.55 * h_o * \left(1 - \frac{0.95 * h_o}{4.9 + h_o}\right) * \sqrt{1000 d}$$

$$R = 1.55 * 21.082 * \left(1 - \frac{0.95 * 21.082}{4.9 + 21.082}\right) * \sqrt{1000 * 0.00714}$$

$$R = 20.01 \text{ m}$$

5.3.4. Cálculo del diámetro efectivo

Tabla 15: En presencia de vientos para cuadrado y triangular

V (Km/h)	Cuadrado	Triangular	
	a(m)	a(m)	b(m)
0	0.7 D	0.75 D	0.87 D
0-10	0.55 D	0.60 D	0.70 D
10-13	0.50 D	0.55 D	0.65 D
13-30	0.30 D	0.50 D	0.60 D

Fuente: Asignatura de Diseño de Sistemas de Riego

$$D_{Efect} = 0.55D$$

$$D_{Efect} = 0.55 * 39 \text{ m}$$

$$D_{Efect} = 21.45 \text{ m} \therefore \text{se tomaron } 24 \text{ m (multiplo de 6)}$$

5.3.5. Cálculo de la intensidad de aplicación

$$I_a = \frac{3600 * q_0}{A_{Efectiva}} * Ef$$

$$I_a = \frac{3600 * 1.07 \text{ lps}}{24 * 24} * 0.85$$

$$I_a = 5.68 \text{ mm/hr}$$

$$I_a = 5.68 \text{ mm/hr} < I_0 = 140 \text{ mm/hr}$$

5.3.6. Cálculo del tiempo de puesta

$$Tp = \frac{Nn}{Ia}$$

$$Tp = \frac{68.76 \text{ mm}}{5.68 \text{ mm/hr}}$$

$$Tp = 12 \text{ hr}$$

5.3.7. Cálculo de la calidad de lluvia

$$IG = 12.85 \frac{H^{1.3}}{D}$$

$$IG = 12.85 \frac{2.1^{1.3}}{7.14}$$

$$IG = 4.72$$

Nota: En este caso para el cultivo del maíz el cálculo de la calidad de lluvia del aspersor no afectará al cultivo porque este es denso.

IG<7 Gotas gruesas

IG>17 Gotas finas

IG 7 a 17 Grosor de gotas recomendable

5.3.8. Diseño de la tubería lateral

Coeficiente Hazen – Williams para tuberías PVC corresponde a $C = 150$

$$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{C^{4.87}} * L$$

$$K_L = \frac{1742}{C^{1.852}}$$

$$K_L = \frac{1742}{150^{1.852}}$$

$$K_L = 0.16$$

5.3.9. Cálculo del número de aspersores

Longitud lateral = 150 m

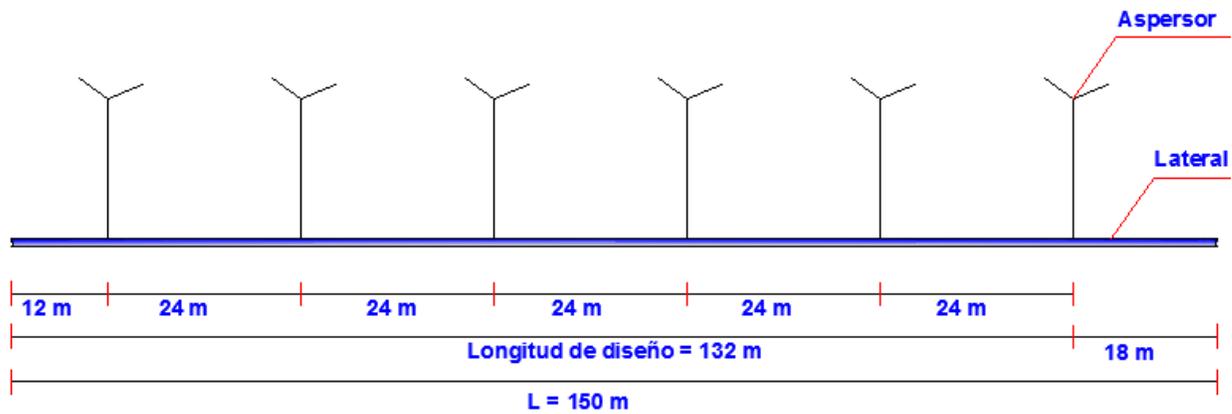
$$N = \frac{L_{LATERAL}}{E_a}$$

$$N = \frac{150}{24}$$

$$N = 6.25 \cong 6 \text{ Aspersores}$$

5.3.10. Esquema de diseño

Figura 16: Esquema de diseño



Fuente: Propia

5.3.11. Cálculo del gasto del lateral

$$Q_{LATERAL} = q_{Aspersor} * N$$

$$Q_{LATERAL} = 6 * 1.07 \text{ lps}$$

$$Q_{LATERAL} = 6.42 \text{ lps}$$

5.3.12. Cálculo de Z (Tabla)

Tabla 16: Cálculo del valor Z

TABLA PARA CALCULO DE LATERALES									
N	DARCY-WEISBACH			HAZEN -WILLIAMS			SCOBNEY		
	F	Z		F	Z		F	Z	
2	0,625		5	0,639		4,6	0,634		4,7
3	0,518		14	0,534		12,2	0,529		12,8
4	0,469		30	0,485		25,2	0,480		26,7
5	0,440		55	0,457		44,9	0,451		48,0
6	0,421		91	0,438		72,4	0,432		78,1
7	0,408		140	0,425		109,0	0,419		118,0
8	0,398		204	0,416		156,0	0,410		170,0
9	0,391		284	0,408		214,0	0,402		235,0
10	0,385		385	0,402		284,0	0,396		315,0
11	0,380		506	0,397		369,0	0,392		410,0
12	0,376		650	0,393		468,0	0,388		522,0
13	0,373		819	0,390		563,0	0,384		653,0
14	0,370	1	20	0,337		715,0	0,381		804,0
15	0,367	1	240	0,385		866,0	0,379		975,0
16	0,365	1	500	0,382	1	30	0,377	1	170,0
18	0,362	2	110	0,379	1	430	0,373	1	630,0
20	0,359	2	870	0,376	1	920	0,370	2	200,0
30	0,350	9	450	0,368	5	960	0,362	6	950,0
40	0,345	22	100	0,363	13	400	0,357	15	800,0
50	0,343	42	900	0,361	25	100	0,354	30	000,0
60	0,342	73	900	0,359	42	0	0,354	50	700,0
70	0,340	177	0	0,358	64	900	0,352	78	900,0
80	0,340	174	0	0,357	93	100	0,351	116	000,0
90	0,339	258	0	0,356	132	0	0,350	163	000,0
100	0,338	388	0	0,356	178	0	0,350	221	000,0

Fuente: Apuntes de la asignatura Diseño de Sistemas de Riego

$$N = 6 ; M = 1.852 ; Z = 72.4$$

5.3.13. Cálculo de las pérdidas máximas

$$hf_{Máx} = 0.2h_0$$

$$hf_{Máx} = 0.2 * 21.082$$

$$hf_{Máx} = 4.22 \text{ m}$$

5.3.14. Cálculo del diámetro de la tubería

$$D_{Diseño} = \left[\frac{Z * K_L * q^{1.852} * L}{hf_{Máx}} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

$$D_{Diseño} = \left[\frac{72.4 * 0.16 * 1.07^{1.852} * 24}{4.22} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

$$D_{Diseño} = 2.42 \text{ pulg} \cong dc = 3 \text{ pulg}$$

5.3.15. Cálculo de las pérdidas reales

$$hf_{REAL} = 0.20h_0 * \left(\frac{d_{Diseño}}{d_{Comercial}} \right)^{4.87}$$

$$hf_{REAL} = 0.20 * 21.082 \left(\frac{2.42}{3} \right)^{4.87}$$

$$hf_{REAL} = 1.48 \text{ m}$$

5.3.16. Cálculo de la carga a la entrada del lateral

$$H_L = H_N + h_{ELEV} + \Delta Z \quad \text{Donde} \quad H_N = h_0 + 0.75 * h_{REAL}$$

$$H_N = 21.082 + (0.75 * 1.48)$$

$$H_N = 22.19 \text{ m}$$

$$H_L = 22.19 + 1 + 0$$

$$H_L = 23.2 \text{ m}$$

5.4. DISEÑO DE LA TUBERÍA MAESTRA

Tabla 17: Datos para el diseño de la tubería maestra

Datos para el diseño de la maestra	
q lateral	6.42 lps
HI	23.2 m
Tp	20 hrs
Tc	1 hr
Tr	8 días
J trabajo	12 hrs
hf real	1.48 m
ΔZ	0

Fuente: Propia

Nota: Los laterales se moverán a ambos lados de la maestra.

5.4.1. Cálculo del número de posiciones

$$P_L = \frac{2L_{MAESTRA}}{E_L}$$

$$P_L = \frac{2 * 300}{24}$$

$$P_L = 25 \text{ posiciones}$$

5.4.2. Cálculo del número posiciones diarias del lateral

$$P_{dL} = \frac{\text{Jornada}}{t_p + t_c}$$

$$P_{dL} = \frac{16}{12 + 1}$$

$$P_{dL} = 1.2 \cong 1 \text{ posición}$$

Nota: Las jornadas de trabajo en el riego por aspersión son de 8 horas y para este caso se harán 2 turnos.

5.4.3. Cálculo del número de laterales

$$N_L = \frac{P_L}{P_{dL} * T_R}$$

$$N_L = \frac{25}{1 * 8}$$

$$N_L = 3.125 \text{ laterales}$$

Nota: Se tomaron 3 ó 4 laterales.

5.4.4. Cálculo del gasto de la maestra

➤ Si se escogen 3 laterales

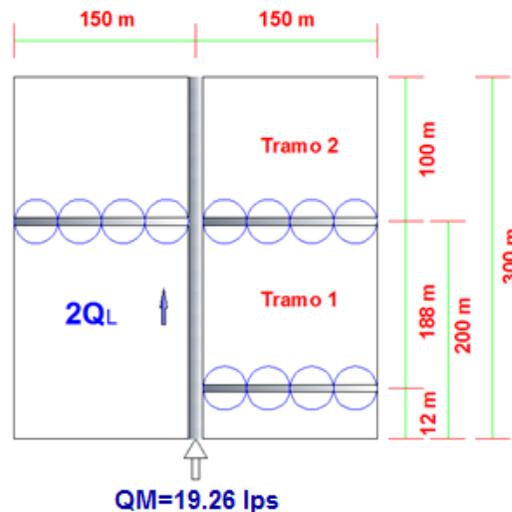
$$Q_M = N_L * q_{LATERAL}$$

$$Q_M = 3 * 6.42 \text{ lps}$$

$$Q_M = 19.26 \text{ lps}$$

➤ Esquema de la posición más crítica (3 laterales)

Área a regar
 $300 * 300 = 9 \text{ ha}$



➤ **Cálculo de las pérdidas máximas**

$$Hf_{MÁX M} = 0.25 h_0$$

$$Hf_{MÁX M} = 0.25 * 21.082$$

$$Hf_{MÁX M} = 5.27 \text{ m}$$

➤ **Cálculo del diámetro de la maestra**

$$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

Para calcular las pérdidas se asume un diámetro de 4 pulg.

Tramo I (2QI)

$$hf = \frac{1742}{150^{1.852}} * \frac{(2 * 6.42)^{1.852}}{4^{4.87}} * 200$$

$$hf = 4.29 \text{ m}$$

$$Hf_{Mtotal} < Hf_{MÁX M}$$

$$4.29 \text{ m} < 5.27 \text{ m}$$

Nota: Para este caso las pérdidas totales son menores que las pérdidas máximas y se acepta un diámetro de diseño de 4 pulg.

➤ **Si se escogen 4 laterales**

$$Q_M = N_L * q_{LATERAL}$$

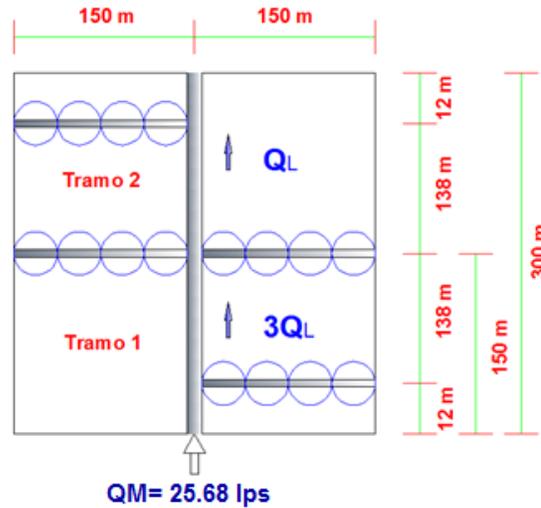
$$Q_M = 4 * 6.42 \text{ lps}$$

$$Q_M = 25.68 \text{ lps}$$

➤ Esquema de la posición más crítica (4 laterales)

Área a regar

$$300 * 300 = 9 \text{ ha}$$



➤ Cálculo del diámetro de la maestra

$$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

Primer tanteo

Para calcular las pérdidas se asume un diámetro de 4 pulg.

Tramo I (3QI)

$$hf_{M1} = \frac{1742}{150^{1.852}} * \frac{(3 * 6.42)^{1.852}}{4^{4.87}} * 150$$

$$hf_{M1} = 6.82 \text{ m}$$

Tramo II (QI)

$$hf_{M2} = \frac{1742}{150^{1.852}} * \frac{(6.42)^{1.852}}{4^{4.87}} * 150$$

$$hf_{M2} = 0.89 \text{ m}$$

$$Hf_{Mtotal} < Hf_{MÁX M}$$

$$7.71 \text{ m} > 5.27 \text{ m}$$

Nota: Para este caso las pérdidas totales son mayores que las pérdidas máxima y no se acepta por lo que se recomienda aumentar el diámetro de la tubería y hacer nuevamente el tanteo.

Segundo tanteo

Para calcular las pérdidas se asume un diámetro de 6 pulg.

Tramo I (3QI)

$$hf_{M1} = \frac{1742}{150^{1.852}} * \frac{(3 * 6.42)^{1.852}}{6^{4.87}} * 150$$

$$hf_{M1} = 0.94 \text{ m}$$

Tramo II (QI)

$$hf_{M2} = \frac{1742}{150^{1.852}} * \frac{(6.42)^{1.852}}{6^{4.87}} * 150$$

$$hf_{M2} = 0.12 \text{ m}$$

$$Hf_{Mtotal} < Hf_{MÁX M}$$

$$1.06 \text{ m} < 5.27 \text{ m}$$

Nota: Para este caso las pérdidas totales son menores que las pérdidas máximas y se acepta un diámetro de diseño de 6 pulg.

5.4.5. Cálculo de carga a la entrada de la maestra

$$H_{MAESTRA} = H_L + hf_{MAESTRA} + hf_{ACCESORIOS} + \Delta Z$$

$$\text{Donde } hf_{ACCESORIOS} = 0.10(hf_{REALES} + hf_{MAESTRA})$$

$$hf_{ACCESORIOS} = 0.10(1.48 + 4.29)$$

$$hf_{ACCESORIOS} = 0.577m$$

$$H_{MAESTRA} = 23.2 + 4.29 + 0.577 + 0$$

$$H_{MAESTRA} = 28.1 m$$

Para el diseño de la tubería maestra se tomó un diámetro de 4 pulg.

Donde:

$$Q_{MAESTRA} = 19.26 \frac{l}{seg} * \frac{1 gal}{3.785 l} * \frac{60seg}{1 min}$$

$$Q_{MAESTRA} = 305.31 gpm$$

5.5. DISEÑO DE LA TUBERÍA CONDUCTORA

Tabla 18: Datos para el diseño de la conductora

Datos para el cálculo de la tubería conductora		
Nivel dinámico (ND)	48.08 ft	14.66 m
Abatimiento		2 m
Diámetro (d)	4 pulg	0.1016 m
Caudal (Q)	19.26 lps	0.01926 m ³ /s
Coeficiente de rugosidad (C)		150
Carga a la entrada de la maestra (H _M)		28.1 m
Longitud de la Conductor (L)		20 m

Fuente: Propia

5.5.1. Cálculo de las pérdidas de la conductora

$$hf = \frac{10.67}{d^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * L$$

$$hf = \frac{10.67}{4^{4.87}} * \left(\frac{0.01926}{150}\right)^{1.852} * 20$$

$$hf = 0.91 m$$

5.5.2. Cálculo de la carga a la entrada de la conductora

$$H_{\text{conductor}} = H_{\text{maestra}} + h_{f_{\text{conductor}}} + \Delta Z$$

$$H_{\text{conductor}} = 28.1 + 0.91 + 0$$

$$H_{\text{conductor}} = 29.01 \text{ m}$$

5.5.3. Cálculo de la Carga Dinámica Total (CDT)

$$CDT = H_{\text{conductor}} + \Delta H + h_{f_{\text{succión}}}$$

$$CDT = 29.01 + (14.66 + 2) * 1.05$$

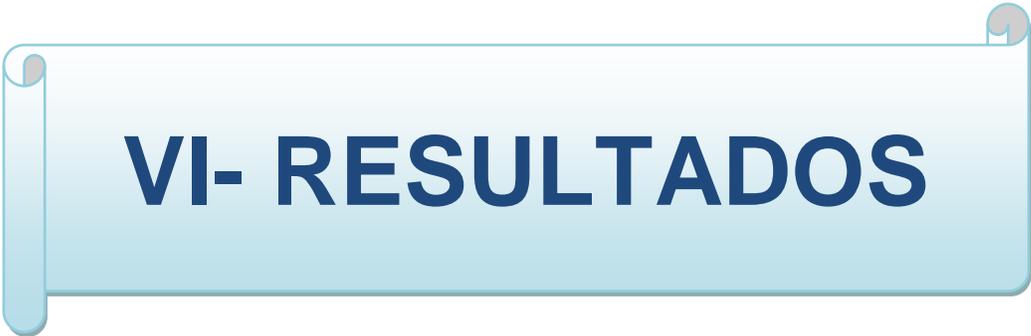
$$CDT = 46.50 \text{ m}$$

5.5.4. Cálculo de la Potencia de Bombeo (Hp)

$$Hp = \frac{Q * CDT}{270 * Ef} * Fs$$

$$Hp = \frac{69.34 * 46.50}{270 * 0.75} * 1.15$$

$$Hp = 18.31 \text{ hp}$$



VI- RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO (Laboratorio)

Tabla 19: Resultado del análisis de suelo

Profundidad radicular	0.90 m
Capacidad de campo	40.63 %
Punto de marchitez permanente	29.92 %
Densidad aparente	1.07 gr/cm ³
Velocidad de infiltración	140 mm/hr
Tipo de suelo	Franco

Fuente: Laboratorio de edafología UNI-RUPAP

6.2. RESULTADOS DE LOS DISEÑOS

6.2.1. Diseño Agronómico

Tabla 20: Resultados del Diseño Agronómico

Evapotranspiración potencial	5.51 mm/día
Kcmáx	1.15
Evapotranspiración real	6.34 mm/día
Norma neta del suelo	68.75 mm
Norma bruta	80.89 mm
Necesidades bruta del cultivo	7.46 mm/día

Fuente: Propia

6.2.2. Diseño Hidráulico

Tabla 21: Resultados del Diseño Hidráulico del Riego por Aspersión

Gasto teórico	0.0011 m ³ /seg
Coeficiente de gasto	0.97
Radio de alcance	40.02 m
Diámetro efectivo	21.45 m
Intensidad de aplicación	5.68 mm/hr
Tiempo de puesta	12 hr
Calidad de lluvia	4.72

Fuente: Propia

6.2.3. Diseño de la tubería Lateral

Tabla 22: Resultados del Diseño de la tubería lateral del Riego por Aspersión

KL	0.16
Número de aspersores	6
Gasto del Lateral	6.48 lps
Cálculo de Z (tabla)	72.4
Pérdidas máximas	4.22 m
Diámetro de la tubería lateral	3 pulg
Pérdidas reales	1.48 m
Carga a la entrada del Lateral	23.2 m

Fuente: Propia

6.2.4. Diseño de la tubería Maestra

Tabla 23: Resultados del Diseño de la tubería Maestra del Riego por Aspersión

Número de posiciones	25 posiciones
Posiciones diarias del lateral	1 posición
Número de laterales	3
Caudal de la maestra	19.26 lps
Pérdidas máximas	5.27 m
Diámetro de la maestra	4 pulg
Carga a la entrada de la maestra	28.1 m

Fuente: Propia

6.2.5. Diseño de la tubería conductora

Tabla 24: Resultados del Diseño de la tubería Conductora del Riego por Aspersión

Caudal	305.31gpm
Pérdidas de la conductora	0.91 m
Carga a la entrada de la conductora	29.01 m
Carga Dinámica Total	47.27 m
Potencia del motor	18.31 hp
Diámetro de la tubería conductora	4 pulg

Fuente: Propia

Nota: Con los datos obtenidos del diseño de la conductora se determinó el equipo de bombeo que se debe utilizar para abastecer el área a regar en este diseño. Ver Anexo 6: **Selección de la bomba.**

VII – CONCLUSIONES

1. Los resultados en el análisis de suelo especifican que este es un suelo apto para el cultivo del Maíz y de buena retención de humedad por su textura Franca.
2. La velocidad de infiltración del suelo básica corresponde con parámetros de textura Franco de 10-20 cm/hr la cual para este caso es 14 cm/hr.
3. Para el diseño agronómico del sistema de riego por aspersión se seleccionaron aspersores de doble boquilla los cuales emiten caudales de 1.07 lps, con presiones de trabajo necesarias para satisfacer las necesidades del cultivo del maíz.
4. Los resultados por método de Penman Monteith (Método FAO) para determinar la E_t_o máx es de 5.51 mm/día en el mes de abril y E_t_o mínima es de 3.69 mm/día en el mes de noviembre.
5. El diseño geométrico se elaboró con el propósito de facilitar la ubicación de las tuberías al área de riego, para que toda la parcela cultivada tengan una distribución uniforme a la hora de aplicar el agua al cultivo, así de este modo lograr mejores rendimientos en la producción.
6. Los cálculos del diseño hidráulico proporcionaron la información necesaria como: caudal del sistema de 19.26 lps, cantidad de laterales 3, cantidad de aspersores a utilizar 6 para cada lateral, diámetro de tubería de lateral 3", diámetro de la tubería maestra 4", pérdidas reales de 1.48 m, diámetro de la tubería conductora de 4", las cuales son necesarias para que el sistema trabaje en óptimas condiciones.
7. De acuerdo al resultado del coeficiente del gasto se deduce que el acabado del aspersor es excelente.

8. Se seleccionó una bomba serie STA-RITE 6TS, sumergible, modelo L6TS-300 (5 – 20 hp), acero inoxidable, capacidad de 400 gpm, diámetro de descarga 4”, diámetro del motor 6” y un peso de 62 libras.



VIII – RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el trabajo y el análisis de los mismos, hacemos las siguientes recomendaciones:

1. Realizar el diseño del sistema de riego de manera adecuada siguiendo los pasos detallados en el documento para garantizar el buen funcionamiento de este.
2. Realizar un estudio económico en el que se refleje los beneficios costos en cuanto a la toma de decisión, al momento de seleccionar la cantidad de laterales para el sistema así como el diámetro de la tubería.
3. Capacitar a productores para el buen uso y manejo del sistema, logrando así el adecuado funcionamiento y aprovechar al máximo su eficiencia.
4. Tener en cuenta que al momento de instalar la bomba se debe seguir paso a paso el manual del fabricante para lograr el buen funcionamiento de está.



IX – BIBLIOGRAFÍA

Libros consultados:

- EL RIEGO POR ASPERSIÓN Y SU TECNOLOGÍA. Jose M^a Tarjuelo Martin-Benito. Segunda edición, 1999, Ediciones Mundi-Prensa
- Haber Pimentel Gómez, Engenharia de irrigação: Hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento 3^a Edição, 412 p. Campina grande, Universidade Federal da Paraíba, 1988
- Diseño Hidráulico. Curso internacional de técnicas de riego y gestión del regadío. 1993
- EL RIEGO. R. Dueñas García, D. Assenov Mondadjiev, N. Alonso Rodríguez. 1982

Paginas web consultadas:

- ⁽¹⁾ http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/sar/content/es/recomendacion/publico/web_Programacion_Riegos.pdf (Revisada: 04/07/2012)
- ⁽²⁾ http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%209.%20Riego%20por%20aspersion/page_06.htm (Revisada: 10/07/12)
- ⁽³⁾ <http://evaluacion.elregante.com/> (Revisada: 10/07/12)
- <http://ingenieria.uaslp.mx/web2010/Estudiantes/apuntes/Apuntes%20de%20Riego%20y%20Drenaje%20v.2.pdf> (Revisada: 12/07/12)
- <http://www.fao.org/ag/AGL/AGLW/cropwat.stm> (Revisada: 12/07/12)
- http://www.interssa.com/legionella/riego_aspersion (Revisada: 24/08/2012)
- <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Riego%20por%20aspersion.pdf> (Revisada: 03/09/12)

- <http://www.inta.gov.ar/info/maiz.pdf> (Revisada: 05/09/12)
- http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp#Hazen-Williams_%281905%29 (Revisada: 08/09/2012)
- http://www.uclm.es/area/ing_rural/Hidraulica/PresentacionesPDF_STR/TemaRiegoAspersion.pdf (Revisada: 04/09/12)
- <http://info.elriego.com/> (Revisada:04/09/12)
- http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%209.%20Riego%20por%20aspersion/page_08.htm (Revisada: 21/09/12)
- <http://evaluacion.elregante.com/> (Revisada: 17/10/12)
- http://www.interssa.com/legionella/riego_aspersion (Revisada: 18/10/12)



X-ANEXOS

ANEXO 1: SELECCIÓN DEL ASPERSOR

70series[Impacts



The 70 Series full-circle impacts distribute water over a large diameter for higher volume systems.

FEATURES:

- Single and double nozzle designs available. Spreader drive also available.
- Outlasts and costs less than brass sprinklers
- Built-in hex wrench for easy in-the-field maintenance
- Lower bearing pipe thread: 1" M NPT, 1" F NPT; 1" M BSP also available
- Flow rates: 8.11 to 31.6 gpm [0.51 to 1.99 L/s]
- Two-year warranty on materials, workmanship AND performance
- Color-coded nozzles for easy size identification; warranted to maintain correct orifice size for five years

7025RD-1-1" M

U.S. Data									Metric	[bar]	2.07	2.42	2.76	3.11	3.45	3.80	4.14	4.49	
Spktr Base Press. [psj]	35	40	45	50	55	60	65	70	Data	[psj]	35	40	45	50	55	60	65	70	
#14 Nozzle [7/32"]										#14 Nozzle [5.56mm]									
Flow [gpm]	8.11	8.66	9.20	9.69	10.2	10.6	11.0	11.5	Flow [L/s]	0.51	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.69	0.72		
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	106	111	113	115	117	119	121	123	Diam. at 0.46m ht. [m]	32.3	33.9	34.5	35.1	35.7	36.3	36.9	37.5		
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	114	118	121	124	126	128	129	130	Diam. at 1.83m ht. [m]	34.8	36.0	36.9	37.8	38.4	39.0	39.3	39.7		
#16 Nozzle [1/4"]										#16 Nozzle [6.35mm]									
Flow [gpm]	10.7	11.4	12.1	12.8	13.4	14.0	14.6	15.1	Flow [L/s]	0.67	0.72	0.76	0.81	0.84	0.88	0.92	0.95		
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	111	117	120	123	126	129	131	133	Diam. at 0.46m ht. [m]	33.9	35.7	36.6	37.5	38.4	39.3	40.0	40.6		
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	122	126	129	131	134	136	137	138	Diam. at 1.83m ht. [m]	37.2	38.4	39.3	40.0	40.9	41.5	41.8	42.1		
#18 Nozzle [9/32"]										#18 Nozzle [7.14mm]									
Flow [gpm]	13.3	14.2	15.0	15.9	16.6	17.4	18.1	18.8	Flow [L/s]	0.84	0.89	0.95	1.00	1.05	1.10	1.14	1.18		
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	118	124	127	129	134	139	142	144	Diam. at 0.46m ht. [m]	36.0	37.8	38.7	39.3	40.9	42.4	43.3	43.9		
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	128	132	135	137	141	144	146	147	Diam. at 1.83m ht. [m]	39.0	40.3	41.2	41.8	43.0	43.9	44.5	44.8		
#20 Nozzle [5/16"]										#20 Nozzle [7.94mm]									
Flow [gpm]	16.0	17.1	18.2	19.2	20.1	21.0	21.8	22.7	Flow [L/s]	1.01	1.08	1.15	1.21	1.27	1.32	1.37	1.43		
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	124	130	134	137	142	146	150	153	Diam. at 0.46m ht. [m]	37.8	39.7	40.9	41.8	43.3	44.5	45.8	46.7		
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	133	137	140	143	147	151	154	155	Diam. at 1.83m ht. [m]	40.6	41.8	42.7	43.6	44.8	46.1	47.0	47.3		
#22 Nozzle [1 1/32"]										#22 Nozzle [8.73mm]									
Flow [gpm]	19.3	20.5	21.8	22.9	24.1	25.1	26.1	27.1	Flow [L/s]	1.22	1.29	1.37	1.44	1.52	1.58	1.64	1.71		
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	126	133	141	148	153	157	160	162	Diam. at 0.46m ht. [m]	38.4	40.6	43.0	45.1	46.7	47.9	48.8	49.4		
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	136	141	146	150	155	159	162	164	Diam. at 1.83m ht. [m]	41.5	43.0	44.5	45.8	47.3	48.5	49.4	50.0		
#24 Nozzle [3/8"]										#24 Nozzle [9.53mm]									
Flow [gpm]	22.4	23.9	25.3	26.7	28.0	29.3	30.4	31.6	Flow [L/s]	1.41	1.51	1.59	1.68	1.76	1.85	1.92	1.99		
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	130	138	145	151	156	160	166	169	Diam. at 0.46m ht. [m]	39.7	42.1	44.2	46.1	47.6	48.8	50.6	51.5		
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	138	145	150	155	160	164	167	170	Diam. at 1.83m ht. [m]	42.1	44.2	45.8	47.3	48.8	50.0	50.9	51.9		

Sprinkler performance may vary with actual field conditions. Diameters shown are for standard straight bore nozzles and stream straightening vanes. Other nozzles and/or vane combinations are available; Consult factory for specific performance data. Stream heights range from 8.5-15.5 ft. (2.6-4.7m) above nozzle based on pressure and nozzle size. Minimum recommended riser height is 1.5 ft. (0.46m).

Senninger Irrigation Inc. Call (407) 877-5655 • Web: www.senninger.com

Impacts]70series

7025RD-2-1" M

U.S. Data									Metric								
Spktr Base Press. [psi]	30	35	40	45	50	55	60	65	[bar]	2.07	2.42	2.76	3.11	3.45	3.80	4.14	4.49
									[psi]	30	35	40	45	50	55	60	65
14x8 #14 Range Noz. [7/32"] x #8 Spreader Noz.- Lavender [1/8"]									14x8 #14 Range Noz. [5.56 mm] x #8 Spreader Noz.-Lavender [3.18mm]								
Flow [gpm]	10.7	11.4	12.1	12.7	13.3	13.9	14.5	15.1	Flow [L/s]	0.67	0.72	0.76	0.80	0.84	0.88	0.91	0.95
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	106	111	113	115	117	119	121	123	Diam. at 0.46m ht. [m]	32.3	33.9	34.5	35.1	35.7	36.3	36.9	37.5
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	114	118	121	124	126	128	129	130	Diam. at 1.83m ht. [m]	34.8	36.0	36.9	37.8	38.4	39.0	39.3	39.7
16x8 #16 Range Noz. [1/4"] x #8 Spreader Noz.- Lavender [1/8"]									16x8 #16 Range Noz. [6.35 mm] x #8 Spreader Noz.-Lavender [3.18mm]								
Flow [gpm]	13.4	14.3	15.2	16.0	16.8	17.5	18.2	18.9	Flow [L/s]	0.84	0.90	0.96	1.01	1.06	1.10	1.15	1.19
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	111	117	120	123	126	129	131	133	Diam. at 0.46m ht. [m]	33.9	35.7	36.6	37.5	38.4	39.3	40.0	40.6
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	122	126	129	131	134	136	137	138	Diam. at 1.83m ht. [m]	37.2	38.4	39.3	40.0	40.9	41.5	41.8	42.1
18x8 #18 Range Noz. [9/32"] x #8 Spreader Noz.- Lavender [1/8"]									18x8 #18 Range Noz. [7.14 mm] x #8 Spreader Noz.-Lavender [3.18mm]								
Flow [gpm]	15.9	17.0	18.0	19.0	19.9	20.8	21.6	22.5	Flow [L/s]	1.00	1.07	1.13	1.20	1.25	1.31	1.36	1.42
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	118	124	127	129	134	139	142	144	Diam. at 0.46m ht. [m]	36.0	37.8	38.7	39.3	40.9	42.4	43.3	43.9
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	128	132	135	137	141	144	146	147	Diam. at 1.83m ht. [m]	39.0	40.3	41.2	41.8	43.0	43.9	44.5	44.8
18x10 #18 Range Noz. [9/32"] x #10 Spreader Noz.- Turquoise [5/32"]									18x10 #18 Range Noz. [7.14 mm] x #10 Spreader Noz.-Turquoise [3.97mm]								
Flow [gpm]	17.0	18.2	19.3	20.3	21.3	22.3	23.1	24.0	Flow [L/s]	1.07	1.15	1.22	1.28	1.34	1.40	1.46	1.51
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	118	124	127	129	134	139	142	144	Diam. at 0.46m ht. [m]	36.0	37.8	38.7	39.3	40.9	42.4	43.3	43.9
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	128	132	135	137	141	144	146	147	Diam. at 1.83m ht. [m]	39.0	40.3	41.2	41.8	43.0	43.9	44.5	44.8
20x10 #20 Range Noz. [5/16"] x #10 Spreader Noz.- Turquoise [5/32"]									20x10 #20 Range Noz. [7.94 mm] x #10 Spreader Noz.- Turquoise [3.97mm]								
Flow [gpm]	19.6	20.9	22.2	23.4	24.6	25.7	26.7	27.7	Flow [L/s]	1.23	1.32	1.40	1.47	1.55	1.62	1.68	1.75
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	124	128	131	133	137	140	142	145	Diam. at 0.46m ht. [m]	37.8	39.7	40.9	41.8	43.3	44.5	45.8	46.7
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	133	137	140	142	146	149	151	153	Diam. at 1.83m ht. [m]	41.2	42.7	43.6	44.3	46.0	47.1	48.1	48.7
20x12 #20 Range Noz. [5/16"] x #12 Spreader Noz.- Red [3/16"]									20x12 #20 Range Noz. [7.94 mm] x #12 Spreader Noz.- Red [3.97mm]								
Flow [gpm]	21.1	22.4	23.7	24.9	26.1	27.2	28.2	29.1	Flow [L/s]	1.40	1.49	1.57	1.64	1.72	1.79	1.86	1.93
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	124	128	131	133	137	140	142	145	Diam. at 0.46m ht. [m]	39.0	41.0	42.2	43.0	44.5	46.0	47.3	48.3
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	133	137	140	142	146	149	151	153	Diam. at 1.83m ht. [m]	42.7	44.8	46.1	46.9	48.7	50.0	51.1	51.7
22x10 #22 Range Noz. [11/32"] x #10 Spreader Noz.- Red [3/16"]									22x10 #22 Range Noz. [9.14 mm] x #10 Spreader Noz.-Red [4.76mm]								
Flow [gpm]	22.9	24.5	26.0	27.4	28.7	30.0	31.2	32.4	Flow [L/s]	1.44	1.54	1.64	1.73	1.81	1.89	1.97	2.04
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	126	133	141	148	153	157	160	162	Diam. at 0.46m ht. [m]	38.4	40.6	43.0	45.1	46.7	47.9	48.8	49.4
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	136	141	146	150	155	159	162	164	Diam. at 1.83m ht. [m]	41.5	43.0	44.5	45.8	47.3	48.5	49.4	50.0
22x12 #22 Range Noz. [11/32"] x #12 Spreader Noz.- Red [3/16"]									22x12 #22 Range Noz. [8.73 mm] x #12 Spreader Noz.-Red [4.76mm]								
Flow [gpm]	24.6	26.3	27.9	29.4	30.9	33.6	32.3	34.8	Flow [L/s]	1.55	1.66	1.76	1.85	1.95	2.12	2.03	2.19
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	126	133	141	148	153	157	160	162	Diam. at 0.46m ht. [m]	38.4	40.6	43.0	45.1	46.7	47.9	48.8	49.4
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	136	141	146	150	155	159	162	164	Diam. at 1.83m ht. [m]	41.5	43.0	44.5	45.8	47.3	48.5	49.4	50.0
24x12 #24 Range Noz. [3/8"] x #12 Spreader Noz.- Red [3/16"]									24x12 #24 Range Noz. [9.53 mm] x #12 Spreader Noz.-Red [4.76 mm]								
Flow [gpm]	27.6	29.5	31.3	33.0	34.6	36.2	37.6	39.1	Flow [L/s]	1.74	1.86	1.97	2.08	2.18	2.28	2.37	2.46
Diam. at 1.5' ht. [ft.]	130	138	145	151	156	160	166	169	Diam. at 0.46m ht. [m]	39.7	42.1	44.2	46.1	47.6	48.8	50.6	51.5
Diam. at 6.0' ht. [ft.]	138	145	150	155	160	164	167	170	Diam. at 1.83m ht. [m]	42.1	44.2	45.8	47.3	48.8	50.0	50.9	51.9

Sprinkler performance may vary with actual field conditions. Diameters shown are for standard straight bore nozzles and stream straightening vanes. Other nozzles and/or vane combinations are available; Consult factory for specific performance data. Stream heights range from 8.5-15.5 ft. (2.6-4.7m) above nozzle based on pressure and nozzle size. Minimum recommended riser height is 1.5 ft. (0.46m).

Senninger Irrigation Inc. Call (407) 877-5655 • Web: www.senninger.com

ANEXO 2: TABLAS (INETER)

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION) Latitud: 11° 58' 48" N

Código: 69 115

Longitud: 86° 06' 18" W

Años: 1970 - 2008

Elevación: 210 msnm

Parámetro: temperatura media mínima (°C)

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	20.2	19.4	19.0	18.1	19.2
1978	19.1	19.9	20.9	22.3	22.7	21.0	20.8	21.0	20.8	20.6	21.0	19.9	20.8
1979	20.2	21.0	21.4	22.7	23.4	21.9	-	22.3	22.6	23.6	22.6	21.7	22.1
1980	21.7	20.2	22.1	23.1	24.6	23.8	22.4	22.1	20.6	21.1	21.1	18.6	21.8
1981	18.6	21.3	21.3	22.0	21.8	20.7	22.1	22.2	20.8	21.3	20.8	20.7	21.1
1982	20.7	21.5	20.3	21.9	22.6	22.8	22.6	22.7	22.1	21.5	21.0	20.4	21.7
1983	20.4	21.8	22.0	23.1	24.1	23.6	22.5	22.6	22.2	21.9	21.8	20.7	22.2
1984	19.5	20.4	21.0	21.8	22.3	22.0	21.4	21.7	21.4	20.9	19.7	19.4	20.9
1985	18.2	19.6	20.9	21.5	22.8	22.6	21.7	21.8	21.6	21.5	20.6	20.2	21.1
1986	19.3	19.5	20.9	21.6	22.9	22.2	22.4	22.7	23.0	22.8	21.5	20.4	21.6
1987	19.5	20.8	22.9	22.8	24.0	23.7	22.8	22.9	23.3	23.0	23.4	21.6	22.5
1988	21.0	21.1	22.0	23.2	23.8	22.8	22.3	22.5	22.3	22.1	21.9	21.0	22.2
1989	21.1	19.9	19.5	20.9	22.5	21.9	22.3	22.2	22.3	21.6	-	20.4	21.3
1990	21.1	20.8	21.8	23.0	23.3	23.1	22.5	22.5	22.4	22.3	21.8	21.0	22.1
1991	21.0	21.0	21.7	22.9	23.5	23.1	23.0	22.8	22.6	22.1	21.2	21.2	22.2
1992	20.8	21.4	21.5	23.4	23.6	23.5	22.3	22.4	22.3	21.8	21.4	21.4	22.2
1993	20.7	21.2	21.7	23.4	23.4	23.3	22.8	22.7	22.4	22.4	21.8	20.9	22.2
1994	20.4	21.2	21.3	22.4	23.3	22.8	22.7	22.6	22.9	22.4	21.6	21.0	22.0
1995	20.5	20.9	21.8	23.2	23.4	23.0	22.8	22.9	22.8	22.7	21.9	21.4	22.3
1996	19.9	20.4	20.8	22.6	23.4	23.2	22.6	22.5	22.8	22.6	21.9	20.6	21.9
1997	20.3	21.4	21.1	22.3	23.6	23.0	23.8	23.3	23.5	23.0	22.8	21.1	22.4

1998	21.3	21.5	22.5	23.2	24.2	23.5	22.8	23.0	22.8	23.0	22.0	21.2	22.6
1999	21.0	20.6	21.0	22.7	23.1	23.0	22.3	22.7	22.6	22.1	21.5	20.3	21.9
2000	19.6	20.0	20.9	22.2	23.1	22.9	22.5	23.0	22.6	21.9	-	-	21.9
2001	19.9	21.5	21.1	22.8	23.8	23.2	22.7	23.4	22.7	23.0	21.5	21.7	22.3
2002	21.1	21.2	22.1	22.5	23.7	23.5	23.3	23.2	23.3	22.8	21.5	21.6	22.5
2003	20.9	22.0	22.7	23.4	24.3	23.2	23.1	22.9	23.2	23.6	23.0	21.2	22.8
2004	21.0	21.3	22.5	23.6	23.8	23.6	22.9	23.4	23.3	23.3	22.1	21.3	22.7
2005	21.1	20.6	23.3	23.7	23.3	23.5	23.5	23.3	23.2	22.7	22.2	21.5	22.7
2006	21.3	21.2	21.7	23.1	23.8	23.6	23.6	23.7	23.3	23.5	21.7	22.1	22.7
2007	21.8	21.5	22.7	24.1	24.0	23.5	23.2	23.0	22.6	22.6	21.7	20.8	22.6
2008	20.8	21.1	21.8	22.8	23.3	23.1	22.7	22.7	22.9	22.7	21.7	21.1	22.2
Suma	633.7	647.6	669.3	703.9	725.5	710.4	678.5	702.6	717.2	711.5	647.7	644.6	702.8
Media	20.4	20.9	21.6	22.7	23.4	22.9	22.6	22.7	22.4	22.2	21.6	20.8	22.0
Máximo	21.8	22.0	23.3	24.1	24.6	23.8	23.8	23.7	23.5	23.6	23.4	22.1	273.5
Mínimo	18.2	19.5	19.5	20.9	21.8	20.7	20.8	21.0	20.2	19.4	19.0	18.1	0.0

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION) Latitud: 11° 58' 48" N
Código: 69 115 Longitud: 86° 06' 18" W
Años: 1970 - 2008 Elevación: 210 msnm
Parámetro: temperatura media máxima (°C) Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	30.7	30.3	30.5	30.8	30.6
1978	30.1	31.0	32.6	32.9	32.1	29.3	29.1	29.7	29.9	29.7	29.8	29.2	30.5
1979	30.0	31.3	32.2	32.4	32.3	29.2	29.9	29.9	29.6	29.7	29.7	29.5	30.5
1980	30.1	30.7	32.4	33.4	33.7	30.8	29.8	29.9	29.9	29.3	29.3	29.5	30.7

1981	29.2	30.6	32.3	32.9	31.0	29.9	30.1	30.5	30.5	30.2	29.6	29.8	30.5
1982	30.1	31.3	32.7	33.7	31.7	30.7	29.4	30.4	30.4	29.8	29.9	29.8	30.8
1983	30.9	32.4	33.9	34.8	35.6	32.7	30.3	30.6	30.8	30.1	30.1	29.5	31.8
1984	30.0	31.6	33.4	34.7	34.1	31.1	29.8	29.9	29.5	29.9	29.5	29.1	31.0
1985	29.4	30.9	32.5	33.4	33.5	30.9	30.4	30.3	31.0	29.8	28.9	29.2	30.9
1986	29.7	31.7	32.6	34.3	32.7	29.3	29.5	31.0	30.2	30.5	30.2	30.1	31.0
1987	30.7	32.3	34.3	34.5	33.8	32.4	29.9	30.2	31.2	30.8	31.6	30.8	31.9
1988	30.6	31.7	33.4	34.6	33.6	31.1	31.3	32.4	30.1	30.4	30.5	29.2	31.6
1989	29.6	30.0	31.7	33.4	32.9	30.8	30.6	30.9	29.9	30.4	-	29.5	30.9
1990	30.0	30.9	32.4	34.0	33.5	31.5	30.9	30.7	31.3	30.7	30.4	29.7	31.3
1991	30.3	31.4	33.5	34.2	32.8	31.2	30.3	30.7	30.7	30.2	29.9	29.6	31.2
1992	30.4	31.7	32.8	34.6	34.2	32.4	29.4	30.5	30.8	30.5	30.9	30.3	31.5
1993	30.8	31.8	33.0	34.0	31.7	31.1	30.1	30.0	29.5	30.5	30.3	30.2	31.1
1994	30.5	31.3	33.0	34.0	32.9	30.7	31.1	32.0	31.4	30.6	29.8	30.1	31.4
1995	30.4	31.6	33.1	33.8	33.0	31.7	30.8	31.6	31.0	30.5	30.1	30.2	31.5
1996	30.2	31.6	32.7	34.6	31.5	31.0	29.7	30.6	31.0	29.9	29.2	29.6	31.0
1997	29.7	31.2	32.2	33.6	34.5	30.5	31.2	31.9	31.9	30.4	30.0	30.3	31.5
1998	31.8	33.1	34.3	35.7	35.0	32.5	31.7	31.6	30.3	28.9	29.5	29.7	32.0
1999	29.6	30.2	32.3	34.3	32.5	31.0	30.1	30.6	28.9	28.8	29.5	28.9	30.6
2000	29.1	30.2	31.9	33.7	32.6	31.1	31.2	31.7	30.3	28.6	-	-	31.0
2001	30.0	30.8	32.4	33.8	33.6	31.6	31.1	31.7	30.2	30.9	29.8	30.8	31.4
2002	30.9	31.4	32.7	33.6	32.5	31.2	30.5	31.9	31.1	30.9	29.9	30.8	31.5
2003	31.2	32.7	33.2	34.3	33.7	30.7	30.5	31.1	31.3	30.8	30.0	30.0	31.6
2004	30.1	31.8	32.7	33.8	32.6	30.8	30.7	31.2	30.8	30.7	29.7	29.7	31.2
2005	30.4	31.5	33.7	34.5	32.4	30.3	31.1	31.2	30.7	28.4	29.1	29.6	31.1
2006	30.0	30.3	32.3	33.8	33.0	31.4	31.2	31.8	31.7	30.7	29.7	30.5	31.4
2007	30.8	31.8	33.6	34.7	33.8	31.6	30.9	31.2	30.4	29.0	29.4	29.0	31.3
2008	29.6	30.9	32.8	33.9	32.9	30.5	29.9	30.6	30.1	29.0	29.3	29.2	30.7
Suma	936.3	971.7	1018.5	1053.8	1025.6	961.1	942.8	958.1	977.0	961.0	896.0	924.0	997.0
Media	30.2	31.3	32.9	34.0	33.1	31.0	30.4	30.9	30.5	30.0	29.9	29.8	31.2
Máximo	31.8	33.1	34.3	35.7	35.6	32.7	31.7	32.4	31.9	30.9	31.6	30.8	384.1
Mínimo	29.1	30.0	31.7	32.4	31.0	29.2	29.1	29.7	28.9	28.4	28.9	28.9	0.0

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION) Latitud: 11° 58' 48" N
Código: 69 115 Longitud: 86° 06' 18" W
Años: 1970 - 2008 Elevación: 210 msnm
Parámetro: humedad relativa (%) Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	84.0	83.8	79.4	76.4	80.9
1978	71.5	67.6	63.7	62.2	74.5	86.1	85.2	86.0	86.0	87.0	83.7	79.3	77.7
1979	76.4	74.2	72.9	75.4	73.6	85.4	-	85.2	87.6	87.8	85.8	81.2	80.5
1980	83.2	72.5	69.6	66.6	75.4	86.0	85.9	88.0	88.4	87.4	85.3	-	80.7
1981	70.9	71.6	71.2	72.3	84.4	88.6	84.5	84.3	84.2	86.4	81.3	80.1	80.0
1982	78.0	76.0	69.7	69.2	77.7	82.9	83.4	82.1	82.8	81.8	78.5	75.3	78.1
1983	70.3	69.3	63.9	59.2	60.2	76.0	81.5	82.5	86.6	83.5	83.8	77.9	74.6
1984	71.1	67.7	62.2	56.1	60.5	75.7	79.6	77.3	81.3	78.2	73.4	71.5	71.2
1985	67.2	63.0	59.6	56.5	62.6	74.8	76.0	75.9	76.5	80.2	77.9	73.8	70.3
1986	63.9	58.3	61.9	54.2	63.0	77.5	75.7	72.0	74.9	75.7	73.8	71.2	68.5
1987	63.5	57.9	56.6	51.1	59.3	71.2	78.2	76.0	74.4	73.9	71.5	72.2	67.2
1988	68.5	61.5	56.4	55.3	63.6	76.1	79.4	80.8	81.6	79.0	75.3	73.2	70.9
1989	71.6	64.7	62.3	57.0	62.5	75.1	-	-	-	-	-	-	65.5
1990	76.0	73.2	68.9	66.0	74.8	83.7	84.7	83.1	84.5	84.7	83.3	79.4	78.5
1991	74.4	67.8	65.3	65.6	74.8	81.9	83.6	83.5	83.6	85.6	81.7	78.8	77.2
1992	73.6	71.4	66.3	64.2	67.1	81.3	87.4	84.7	85.8	83.4	80.0	75.6	76.7
1993	74.1	65.5	62.2	64.2	78.2	81.6	80.0	81.5	83.5	83.6	80.0	75.5	75.8
1994	72.0	68.7	63.5	65.3	72.8	82.2	77.2	79.8	82.6	84.4	85.0	76.6	75.8
1995	73.9	68.9	70.3	72.2	76.8	84.6	85.0	86.1	88.3	87.8	84.1	79.4	79.8
1996	74.2	68.6	65.4	65.8	81.1	82.6	85.0	84.9	85.6	86.3	83.5	76.6	78.3
1997	77.2	73.5	69.3	69.9	65.9	83.8	79.9	79.5	81.4	84.3	84.0	75.5	77.0
1998	73.4	68.6	65.3	64.8	70.4	81.6	81.2	84.1	87.3	88.0	85.1	79.3	77.4
1999	78.4	75.9	70.9	68.5	77.4	81.0	83.8	82.9	85.8	84.0	78.1	72.9	78.3
2000	72.9	68.6	65.4	61.1	70.4	78.2	80.0	80.5	84.7	86.0	-	-	74.8
2001	75.8	74.8	65.5	65.9	70.3	80.1	82.4	82.5	85.8	84.6	81.6	79.2	77.4
2002	76.7	75.8	69.8	68.9	77.2	83.6	86.1	81.2	84.5	85.0	82.4	77.5	79.1

2003	70.6	68.7	68.6	67.0	75.8	86.7	86.0	85.3	84.1	86.1	85.1	78.0	78.5
2004	74.6	69.9	68.4	67.2	79.4	84.7	85.5	84.3	87.1	86.8	83.4	79.5	79.2
2005	73.6	69.9	70.6	68.5	81.4	88.6	84.1	85.7	88.4	89.0	83.6	80.9	80.3
2006	78.0	74.3	67.8	66.3	75.5	83.1	83.9	80.2	81.7	85.5	82.5	79.9	78.2
2007	72.3	67.4	67.9	71.4	72.7	77.6	86.1	87.1	87.9	89.5	82.9	80.5	78.6
2008	77.3	74.6	69.5	67.0	72.4	81.7	86.8	87.2	86.0	89.3	81.8	79.1	79.4
Suma	2275.1	2150.3	2051.1	2004.9	2231.5	2523.8	2398.0	2474.3	2607.0	2618.6	2437.9	2236.3	2446.7
Media	73.4	69.4	66.2	64.7	72.0	81.4	82.7	82.5	84.1	84.5	81.3	77.1	76.5
Máximo	83.2	76.0	72.9	75.4	84.4	88.6	87.4	88.0	88.4	89.5	85.8	81.2	964.2
Mínimo	63.5	57.9	56.4	51.1	59.3	71.2	75.7	72.0	74.4	73.9	71.5	71.2	0.0

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION) Latitud: 11° 58' 48" N
Código: 69 115 Longitud: 86° 06' 18" W
Años: 1970 - 2008 Elevación: 210 msnm
Parámetro: viento medio 10m (m/seg) Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1979	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	-	-	-	-	1.0	0.6	0.8	0.6	0.4	0.5	0.5	0.8	0.6
1984	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	-	-	-	-	0.3	0.3	1.0	0.8
1985	1.0	1.4	1.4	1.1	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5	0.8	0.8
1986	1.1	0.8	1.2	1.1	0.9	0.7	0.8	0.8	0.5	0.4	0.6	0.8	0.8
1987	1.0	1.0	0.8	1.1	0.9	0.6	0.7	0.7	0.5	0.5	0.7	0.9	0.8

1988	1.1	1.4	1.4	0.9	0.8	0.8	0.6	0.4	0.4	0.5	0.6	0.9	0.8
1989	1.3	1.5	1.1	2.0	1.5	1.1	1.3	1.2	0.9	1.4	-	1.6	1.3
1990	2.5	2.1	2.4	0.1	1.8	1.8	2.1	2.6	2.2	1.4	1.9	2.2	1.9
1991	2.3	2.5	2.0	1.9	1.6	1.3	1.6	1.4	1.3	1.1	1.4	1.8	1.7
1992	1.8	1.7	1.9	1.7	1.5	1.2	1.5	1.7	1.3	1.7	1.9	2.8	1.7
1993	2.1	2.3	2.0	1.7	1.3	1.6	1.9	1.8	1.6	1.6	1.8	2.5	1.8
1994	3.0	3.0	2.4	2.5	1.9	1.9	2.6	1.9	1.7	1.3	1.6	2.8	2.2
1995	3.0	3.2	2.6	2.1	1.9	1.8	2.3	1.6	1.6	1.9	2.9	3.1	2.3
1996	3.0	3.9	2.9	2.6	2.4	2.2	2.1	2.0	1.7	1.9	2.2	2.9	2.5
1997	2.4	3.0	2.9	2.2	2.8	2.0	3.0	2.9	2.3	2.2	2.2	2.5	2.5
1998	2.6	2.1	2.4	2.5	1.9	2.1	1.9	1.7	1.6	1.8	1.8	2.5	2.1
1999	2.7	2.8	2.8	3.0	2.1	2.1	2.8	2.3	2.2	2.2	2.5	3.2	2.6
2000	3.6	3.5	3.3	3.4	2.7	2.7	2.8	2.7	2.4	2.2	-	-	2.9
2001	2.4	3.4	2.5	3.0	2.7	2.6	2.6	2.8	2.2	2.2	2.4	2.2	2.6
2002	2.5	2.8	2.8	2.9	2.6	1.8	2.1	2.6	1.8	1.7	2.1	2.7	2.4
2003	2.8	2.7	2.6	2.6	2.2	1.5	1.9	1.7	1.2	1.4	1.7	2.2	2.0
2004	2.5	2.8	3.1	2.7	2.0	2.1	2.0	3.1	2.5	2.4	2.8	3.3	2.6
2005	3.8	3.5	2.7	2.6	2.2	1.7	2.5	2.4	2.4	2.1	2.1	2.6	2.5
2006	3.2	3.5	3.4	3.0	2.6	2.5	2.7	2.6	2.6	2.2	2.4	2.8	2.8
2007	4.2	3.4	3.7	3.2	2.7	2.5	2.5	2.5	2.5	2.1	2.9	3.1	2.9
2008	3.6	3.7	4.2	3.6	3.1	2.7	2.8	2.5	2.4	2.3	2.8	3.7	3.1
Suma	60.3	62.8	59.4	54.6	48.9	42.5	48.3	47.0	40.9	39.6	42.4	55.6	51.3
Media	2.4	2.5	2.4	2.2	1.9	1.7	1.9	1.9	1.6	1.5	1.8	2.2	2.0
Máximo	4.2	3.9	4.2	3.6	3.1	2.7	3.0	3.1	2.6	2.4	2.9	3.7	37.1
Mínimo	1.0	0.8	0.8	0.1	0.8	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.8	0.0

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA /
 MANAGUA

Latitud: 12° 08' 36" N

Código: 69 027

Longitud: 86° 09' 49"
 W

Años: 1955 - 2009

Elevación: 56 msnm

Parámetro: brillo solar (h/dec)

Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1956	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1957	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1958	-	-	-	233.2	163.7	150.7	124.4	182.3	189.6	187.7	223.3	218.1	1673.0
1959	227.8	210.3	284.4	242.6	244.8	147.3	164.3	215.0	185.0	177.2	165.3	198.1	2462.1
1960	187.8	131.3	194.6	168.3	113.9	46.9	84.1	89.8	204.4	151.0	169.7	172.0	1713.8
1961	195.6	230.3	229.5	240.9	233.8	122.0	154.8	168.6	157.9	197.6	227.5	229.0	2387.5
1962	226.6	226.5	275.4	230.5	197.2	143.5	151.3	181.0	174.3	163.6	202.1	240.3	2412.3
1963	226.6	223.0	253.3	203.6	185.5	154.0	173.1	209.3	162.8	213.6	182.7	234.7	2422.2
1964	237.6	261.6	245.5	234.7	203.5	137.1	162.6	200.6	198.1	164.0	189.3	208.9	2443.5
1965	251.2	253.2	272.0	267.6	239.4	153.0	183.7	198.8	166.3	178.5	228.9	180.7	2573.3
1966	197.8	201.3	236.9	218.0	143.9	99.1	144.0	181.9	179.1	203.9	259.4	230.8	2296.1
1967	198.4	231.5	263.1	253.8	256.4	161.6	165.8	192.3	160.9	192.7	213.4	188.1	2478.0
1968	245.7	247.4	256.6	227.8	161.4	125.9	170.2	151.0	168.5	162.5	194.3	251.1	2362.4
1969	268.2	226.8	266.3	200.0	232.2	129.3	157.5	161.3	119.5	126.1	218.2	239.0	2344.4
1970	253.7	239.9	241.2	248.2	226.4	184.8	142.9	198.1	175.2	226.5	228.5	222.8	2588.2
1971	224.8	245.4	280.8	263.4	271.1	173.6	177.8	225.7	157.4	206.2	222.0	232.7	2680.9
1972	237.9	274.3	303.9	276.0	209.5	198.6	211.7	202.5	185.6	237.4	207.9	163.3	2708.6
1973	270.9	255.1	294.0	244.2	213.9	198.2	154.1	206.8	181.3	172.3	218.1	263.3	2672.2
1974	237.0	251.5	290.5	263.1	208.7	168.9	200.5	172.2	159.9	197.6	255.5	216.4	2621.8
1975	222.6	231.5	289.6	267.4	261.8	187.8	201.1	162.1	149.4	199.7	150.8	250.0	2573.8
1976	235.6	262.2	274.5	264.0	246.9	146.3	197.4	199.9	182.8	210.1	223.9	230.2	2673.8
1977	279.7	238.5	268.2	232.7	184.1	141.2	185.5	206.9	190.5	225.8	230.4	247.5	2631.0
1978	254.6	250.0	243.6	221.5	207.4	161.1	179.0	170.9	186.8	196.6	234.2	232.0	2537.7
1979	279.7	274.0	262.0	230.3	226.0	132.6	169.2	196.6	156.4	170.5	219.0	231.9	2548.2
1980	231.4	272.3	287.3	281.3	217.9	177.7	179.2	200.1	177.9	163.1	194.4	247.8	2630.4
1981	298.6	251.3	283.1	242.8	189.6	159.2	222.7	197.6	223.5	209.0	218.3	244.6	2740.3
1982	122.2	256.8	300.5	273.1	173.1	193.5	174.4	218.6	197.6	207.8	253.4	258.9	2629.9
1983	266.3	224.6	276.1	258.5	273.9	204.5	155.2	227.3	202.9	218.4	238.6	256.9	2803.2
1984	255.6	246.5	286.8	277.2	264.3	151.9	180.1	209.1	170.1	238.7	229.4	230.0	2739.7
1985	283.3	250.6	288.2	282.3	283.8	186.6	201.2	202.7	214.6	202.9	231.3	227.8	2855.3

1986	270.8	276.0	306.9	289.1	206.5	102.8	131.6	204.0	204.9	208.1	215.1	260.6	2676.4
1987	295.7	281.9	288.7	267.8	231.6	219.0	155.6	196.8	247.5	244.8	244.1	252.7	2926.2
1988	245.1	251.0	309.1	-	-	128.9	91.4	-	44.6	182.7	208.0	8.7	1469.5
1989	-	179.8	304.7	282.8	259.8	211.0	198.2	246.6	66.3	251.5	200.2	231.7	2432.6
1990	241.6	228.5	298.3	285.5	192.9	162.5	196.0	205.2	229.3	238.8	224.1	211.1	2713.8
1991	242.4	264.5	308.9	264.7	221.3	228.1	169.0	184.4	190.7	213.3	217.8	236.9	2742.0
1992	256.0	254.1	273.3	259.2	243.5	180.6	125.7	164.7	198.4	200.8	228.7	216.0	2601.0
1993	223.9	259.6	284.0	256.7	173.0	146.9	180.1	180.7	154.1	249.6	239.2	267.7	2615.5
1994	262.6	260.5	319.4	271.4	196.8	157.6	131.7	172.8	169.3	222.6	194.3	252.1	2611.1
1995	253.4	252.5	289.1	255.5	238.3	190.1	185.1	215.3	189.2	176.5	179.2	214.9	2639.1
1996	244.5	259.6	305.7	286.6	193.3	191.8	174.6	223.4	222.8	199.5	165.5	263.3	2730.6
1997	227.7	248.3	294.7	265.9	266.6	155.2	202.7	237.4	206.3	198.9	192.2	280.7	2776.6
1998	292.0	249.2	288.5	266.8	190.4	167.8	206.5	199.5	186.0	131.5	196.9	223.0	2598.1
1999	243.0	228.3	268.3	262.7	225.0	185.9	193.9	215.1	153.5	164.7	62.6	-	2203.0
2000	-	265.2	289.6	297.5	254.6	176.1	242.0	244.4	184.2	238.7	243.0	268.1	2703.4
2001	274.5	224.6	318.2	311.9	257.5	204.5	233.9	225.8	195.0	231.4	245.2	262.8	2985.3
2002	272.4	250.1	322.5	322.1	219.6	231.8	189.2	253.7	207.2	245.5	244.3	286.4	3044.8
2003	297.7	280.1	300.0	288.1	229.9	207.9	201.9	248.8	246.3	228.7	229.2	286.3	3044.9
2004	294.8	284.6	292.4	286.1	214.3	200.8	227.7	195.3	218.7	236.3	220.7	261.3	2933.0
2005	296.8	282.2	279.0	241.8	209.7	154.0	219.4	214.5	178.4	121.9	169.5	263.3	2630.5
2006	251.2	230.5	295.9	280.7	267.7	210.4	210.1	230.8	250.6	198.6	242.6	243.2	2912.3
2007	280.4	280.3	307.2	261.4	234.5	226.0	208.8	224.5	193.5	168.4	244.7	281.1	2910.8
2008	278.5	281.1	313.5	302.7	236.4	179.7	166.5	217.0	181.6	141.0	222.5	253.5	2774.0
2009	274.6	266.5	317.4	283.7	-	-	-	-	-	-	-	-	1142.2
Suma	12236.8	12606.7	14423.2	13237.7	10997.3	8556.3	9009.4	10029.7	9296.7	10094.8	10859.4	11672.3	133020.3
Media	249.7	247.2	282.8	259.6	219.9	167.8	176.7	200.6	182.3	197.9	212.9	233.4	2558.1
Máximo	298.6	284.6	322.5	322.1	283.8	231.8	242.0	253.7	250.6	251.5	259.4	286.4	3044.9
Mínimo	122.2	131.3	194.6	168.3	113.9	46.9	84.1	89.8	44.6	121.9	62.6	8.7	0.0

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION)

Latitud: 11° 58' 48" N

Código: 69 115

Longitud: 86° 06' 18" W

Años: 1976 - 2008

Elevación: 210 msnm

Parámetro: precipitación (mm)

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	193.2	167.9	59.5	3.1	423.7
1978	0.2	0.0	0.5	10.7	167.4	155.4	212.1	162.1	166.2	216.8	9.1	13.0	1113.5
1979	11.0	0.0	3.1	14.1	117.0	251.1	-	279.0	337.4	363.0	86.2	32.2	1494.1
1980	8.7	1.0	3.6	0.0	175.5	179.5	143.5	196.4	261.1	165.2	253.9	-	1388.4
1981	0.5	1.5	27.9	4.7	326.9	266.4	111.9	293.0	263.9	371.0	24.7	6.6	1699.0
1982	32.0	10.1	1.0	34.1	535.8	232.2	135.0	87.7	300.8	142.8	15.7	3.8	1531.0
1983	1.5	3.3	6.0	8.1	21.7	182.9	231.5	187.1	206.5	269.6	75.0	11.0	1204.2
1984	3.5	1.5	3.7	3.8	40.8	280.4	275.8	170.6	427.0	113.7	12.6	9.9	1343.3
1985	5.9	3.7	0.2	7.9	151.8	112.1	130.8	156.0	100.6	380.9	76.1	16.3	1142.3
1986	1.0	10.5	0.0	0.0	164.2	170.8	92.2	129.1	106.9	165.5	59.4	12.9	912.5
1987	1.6	0.0	1.5	0.0	132.6	188.3	359.5	223.5	229.4	265.1	24.3	31.3	1457.1
1988	7.9	4.2	0.0	0.6	131.3	411.7	165.2	416.0	316.1	433.7	50.6	25.5	1962.8
1989	10.8	10.7	1.6	0.0	138.8	126.4	188.0	171.6	316.9	123.5	112.9	58.9	1260.1
1990	6.0	3.9	1.5	10.9	266.4	136.5	180.1	115.6	176.0	175.6	92.4	33.2	1198.1
1991	1.2	0.0	0.0	0.0	223.4	379.2	64.6	134.1	214.4	119.3	71.9	21.7	1229.8
1992	1.4	0.0	0.8	0.1	84.6	251.6	155.6	49.7	202.7	134.3	8.0	15.2	904.0
1993	49.8	0.0	0.0	26.0	364.1	184.2	68.3	260.0	306.7	103.0	52.8	2.5	1417.4
1994	1.4	7.2	5.6	75.7	94.8	99.5	54.3	100.5	126.4	376.8	187.7	2.3	1132.2
1995	1.4	0.0	29.3	125.5	58.3	347.8	106.8	330.4	255.3	314.2	44.7	22.8	1636.5
1996	35.0	0.0	24.2	0.7	230.4	212.8	245.9	155.4	344.1	303.7	201.0	3.0	1756.2
1997	19.3	1.2	10.3	55.1	71.4	267.8	52.4	88.2	171.8	297.9	77.5	4.9	1117.8
1998	0.0	0.1	0.0	0.0	97.0	91.9	149.0	180.5	372.8	611.4	101.3	10.0	1614.0
1999	15.7	14.5	2.5	11.9	131.5	193.3	219.6	167.7	374.8	200.3	66.2	10.4	1408.4
2000	27.5	2.3	1.8	15.8	80.7	228.8	82.3	118.4	487.4	97.1	-	-	1142.1
2001	2.3	5.9	0.0	0.3	174.2	142.2	139.0	242.9	328.5	216.3	63.7	4.2	1319.5
2002	5.3	1.3	1.6	6.7	375.8	213.5	130.8	59.8	178.0	128.3	51.7	0.9	1153.7
2003	0.2	0.9	38.3	3.2	319.1	501.0	168.6	118.8	143.9	270.7	82.6	10.6	1657.9
2004	9.7	1.8	6.5	6.8	235.2	125.3	194.4	109.1	215.1	218.4	44.4	4.1	1170.8

2005	0.0	0.4	28.7	53.4	318.1	394.6	206.5	187.0	315.7	260.8	39.5	7.1	1811.8
2006	19.7	3.0	4.6	13.2	241.4	129.0	124.7	67.4	137.7	171.4	80.4	4.2	996.7
2007	0.5	1.7	0.0	4.3	200.1	113.6	85.7	393.0	218.6	314.4	113.9	29.2	1475.0
2008	6.4	0.3	0.5	6.2	363.9	118.5	290.9	388.6	332.8	406.6	34.4	11.1	1960.2
Suma	287.4	91.0	205.3	499.8	6034.2	6688.3	4765.0	5739.2	8128.7	7899.2	2274.1	421.9	43034.1
Media	9.3	2.9	6.6	16.1	194.7	215.8	158.8	185.1	254.0	246.9	73.4	14.1	1344.8
Máximo	49.8	14.5	38.3	125.5	535.8	501.0	359.5	416.0	487.4	611.4	253.9	58.9	1962.8
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	21.7	91.9	52.4	49.7	100.6	97.1	8.0	0.9	0.0

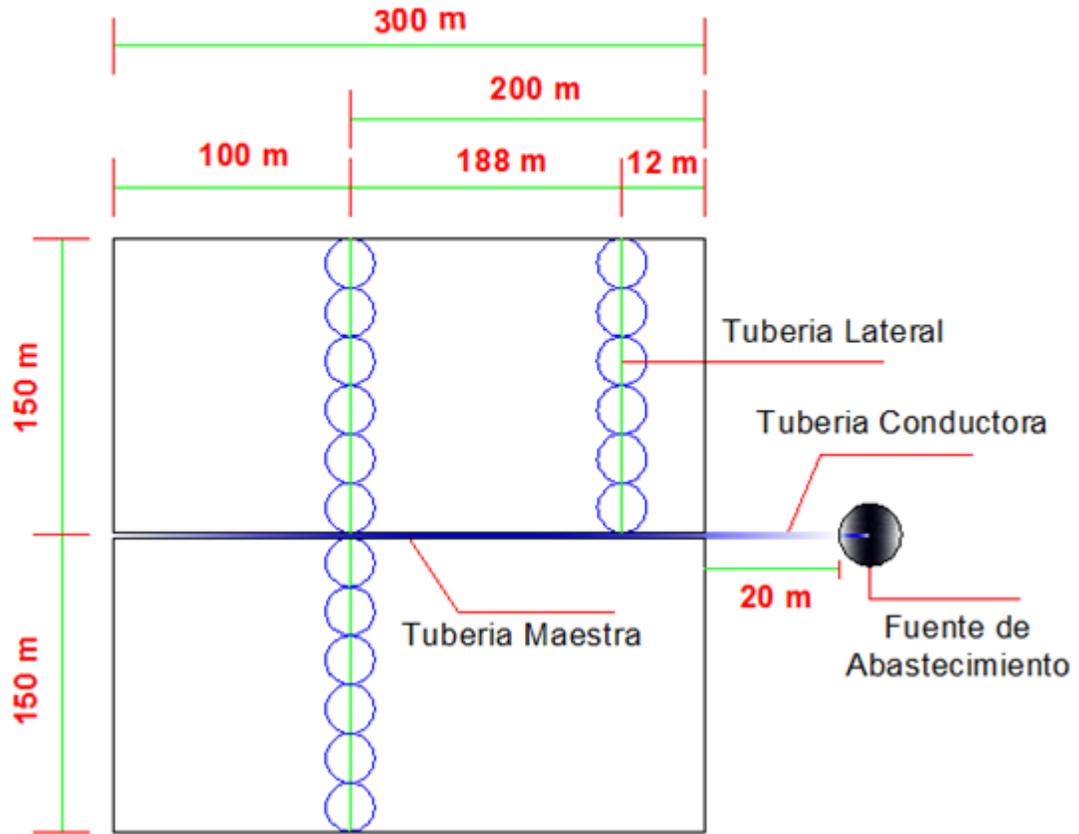
ANEXO 3: TABLA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN BÁSICA DE SUELO DE DIFERENTES TEXTURAS

Velocidad de infiltración básica de suelo de diferentes texturas.	
Textura	Velocidad de infiltración (cm/hr)
Arcilla	1-5
Franco arcillosa	5-10
Franco	10-20
Franco-arenosa	20-30
Arenosa	30

Nota: Como criterio general, es recomendable que la velocidad de aplicación no sea superior a la velocidad de infiltración básica.

ANEXO 4: DISEÑO GEOMÉTRICO

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL CULTIVO DEL MAÍZ



ANEXO 5: DATOS TÉCNICOS DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO**QUIMAGRO, CIA. LTDA.**

DIVISION HIDRAULICA.

Jardines de Veracruz, frente a portón principal de plantel técnico de Claro, casa T-24

www.quimagro.com

Telefax: 2289-0332.

III. Datos técnicos de campo:

A continuación se presentan los datos tomados en campo de cada uno de los pozos así como las características externas de cada uno.

3.1. Pozo numero 1.

- Profundidad nominal del pozo: 55 ft.
- Nivel estático del agua (NEA): 48 ft.
- Nivel dinámico (ND): 48.08 ft.
- Profundidad a la que opera el equipo: 54 ft.
- Ubicación: N12 00'46.3", O 85°59'49.9".

El pozo está ubicado cerca del galerón de maquinas, (ver foto n° 1), el cual cuenta con dos equipos de bombeo sumergibles de 1 y 1.5 hp de potencia respectivamente, que operan con corriente eléctrica monofásica y descarga en tubería de PEBD (polietileno de baja densidad) y tienen capacidades de 10.95 gpm (galones por minuto) y 31.57 gpm, respectivamente. Brocal del pozo de concreto en buenas condiciones.

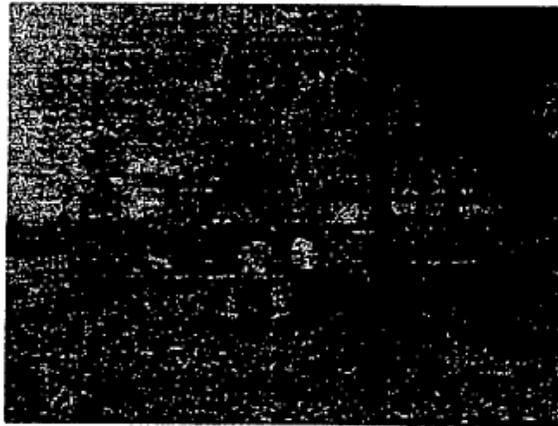


Foto n° 1; Pozo N° 1.

En este pozo se realizo una pequeña prueba de bombeo con las dos bombas.

ANEXO 6: SELECCIÓN DE LA BOMBA



6" STA-RITE® submersible pumps



The STA-RITE 6TS Series Submersible features heavy-duty 304 stainless steel construction that will outperform ordinary fabricated stainless steel pumps in aggressive water conditions.

APPLICATIONS

- **Water systems...** for municipal, multiple housing, commercial, in water fountains, irrigation, mine de-watering, and farm use.

SPECIFICATIONS

Suction Motor Bracket – Stainless steel 304 (investment cast)

Top Bearing – Stainless steel 304 (chrome plated)

Coupling – Stainless steel 416

Shaft – Stainless steel 416

Spacer – Stainless steel 304

Impeller – Stainless steel 304

Diffuser Bowl – Stainless steel 304

Discharge Bracket – Stainless steel 304 (investment cast)

Check Valve – Stainless steel 304

6TS SERIES

FEATURES

Heavy-Duty, Investment Cast 304 Stainless Steel Discharge and Suction Bracket – Assures perfect pump-to-motor alignment with any NEMA-standard submersible motor. Discharge assures secure connection to drop pipe. Wrench flats provide positive grip during installation.

Low-Profile Stainless Steel Lead Guard – Aids installation in narrow wells

Wide Range of Performance Options – 1 HP to 60 HP; 29 – 365 U.S. GPM

Hard Chrome-plated Top Bearing Journal – Reduces wear in harsh conditions, such as sand

State-of-the-Art Design – Delivers maximum performance and reliability in the toughest conditions

100% Lead-free Components – Meets all U.S. federal guidelines for safe drinking water

Built-In Thrust Protection – Protects pump during periods of high demand and start-up. Prevents pump failure.

Built-In Check Valve – Prevents backflow and reverse rotation

Self-aligning Teflon Wear Rings – Improve pump efficiency and durability

STA-RITE® is a registered trademark with the U.S. Trademark Office.

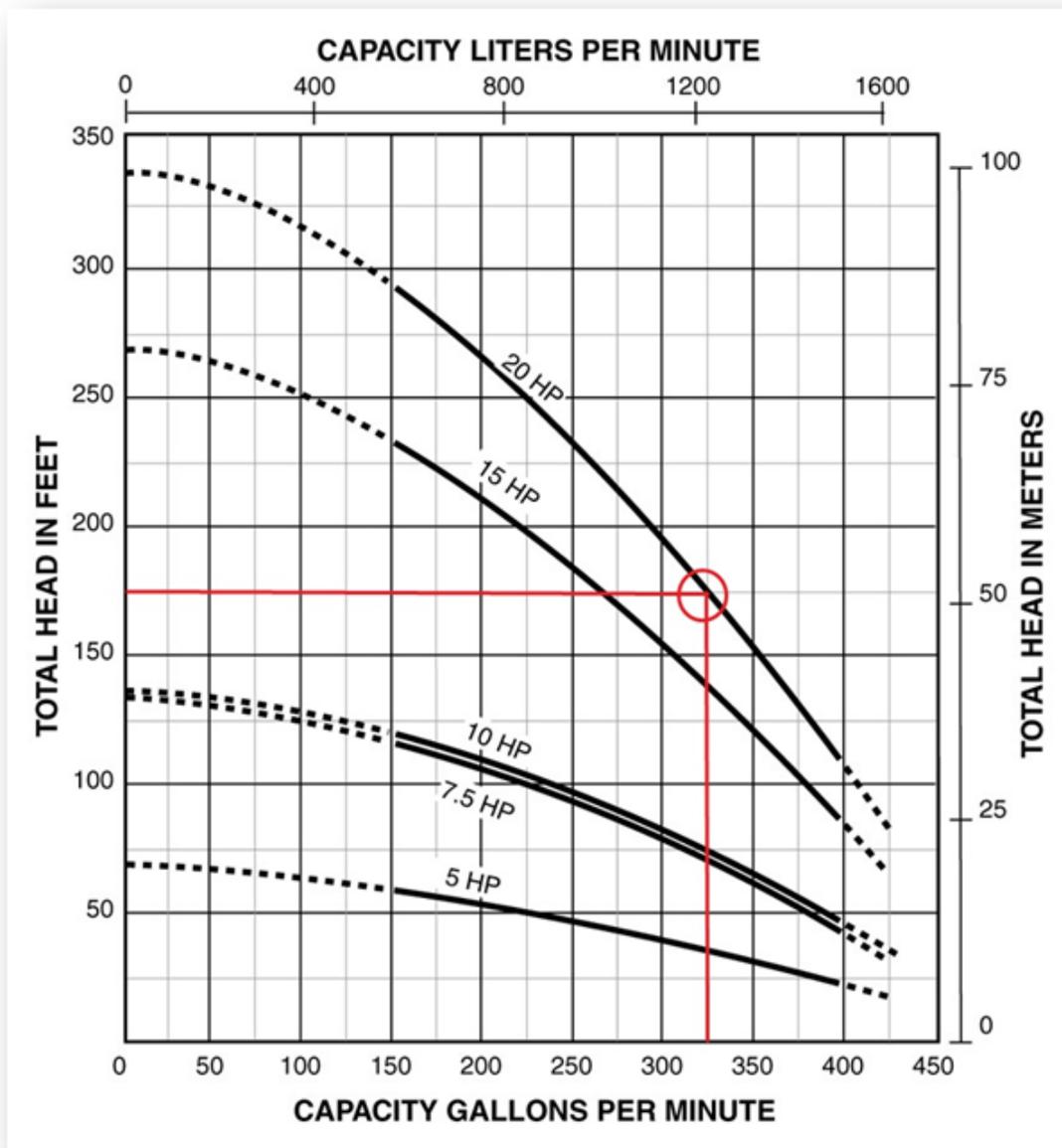
In order to provide the best products possible, specifications are subject to change.

Curva característica de la bomba.



6" STA-RITE® submersible pumps

PUMP PERFORMANCE – L6TS300 (5 – 20 HP)





6" STA-RITE® submersible pumps

ORDERING INFORMATION						
Capacity GPM	Catalog Number	HP	Stages	Discharge	Motor Diameter	Weight Pounds*
75	L6TS75-10	1	1	3"	4"	25
	L6TS75-20	2	2	3"	4"	27
	L6TS75-30	3	3	3"	4"	29
	L6TS75-50	5	5	3"	4"	32
	L6TS75-75	7-1/2	8	3"	6"	38
	L6TS75-100	10	11	3"	6"	43
	L6TS75-150	15	17	3"	6"	53
	L6TS75-200	20	23	3"	6"	64
L6TS75-250	25	26	3"	6"	69	
95	L6TS95-15	1-1/2	1	3"	4"	26
	L6TS95-30	3	2	3"	4"	28
	L6TS95-50	5	4	3"	4"	30
	L6TS95-75	7-1/2	5	3"	6"	34
	L6TS95-100	10	7	3"	6"	38
	L6TS95-150	15	11	3"	6"	46
	L6TS95-200	20	15	3"	6"	54
	L6TS95-250	25	19	3"	6"	62
L6TS95-300	30	23	3"	6"	70	
L6TS95-400	40	25	3"	6"	74	
140	L6TS140-30	3	1	3"	4"	24
	L6TS140-50	5	2	3"	4"	26
	L6TS140-75	7-1/2	3	3"	6"	29
	L6TS140-100	10	4	3"	6"	31
	L6TS140-150	15	7	3"	6"	39
	L6TS140-200	20	9	3"	6"	43
	L6TS140-250	25	12	3"	6"	51
	L6TS140-300	30	14	3"	6"	56
L6TS140-400	40	19	3"	6"	68	
L6TS140-500	50	24	3"	6"	80	
230	L6TS230-30	3	1	4"	4"	40
	L6TS230-50	5	1	4"	4"	44
	L6TS230-75	7-1/2	2	4"	6"	49
	L6TS230-100	10	3	4"	6"	53
	L6TS230-150	15	5	4"	6"	62
	L6TS230-200	20	6	4"	6"	67
	L6TS230-250	25	8	4"	6"	76
	L6TS230-300	30	10	4"	6"	89
	L6TS230-400	40	13	4"	6"	103
L6TS230-500	50	17	4"	6"	116	
L6TS230-600	60	20	4"	6"	129	
300	L6TS300-50	5	1	4"	4"	40
	L6TS300-75	7-1/2	2	4"	6"	44
	L6TS300-100	10	3	4"	6"	49
	L6TS300-150	15	4	4"	6"	53
	L6TS300-200	20	6	4"	6"	62
	L6TS300-250	25	7	4"	6"	67
	L6TS300-300	30	9	4"	6"	76
	L6TS300-400	40	12	4"	6"	89
L6TS300-500	50	15	4"	6"	103	
L6TS300-600	60	18	4"	6"	116	

*Weights are approximate.