

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Diseño e instalación de un sistema de riego por aspersión para
50 Ha. de cultivo de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*) en la
provincia del Guayas”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIEROS MECÁNICOS

Presentada por:

Carmen Irina Cárdenas Macías
Ramón Antonio Vera Dumaní

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

AGRADECIMIENTO

A Dios que con su infinito amor y sabiduría ilumina mi camino.

A todas las personas e instituciones que hicieron posible este trabajo de tesis y en especial a los Directivos y personal Administrativo de la Facultad por su invaluable ayuda.

Carmen I. Cárdenas Macías

AGRADECIMIENTO

A todas las personas e instituciones que hicieron posible este trabajo de tesis y de manera especial al director de tesis Ing. Marcelo Espinosa.

Ramón A. Vera Dumani

DEDICATORIA

A mis padres por su cariño y dedicación.

A mis hermanas por su apoyo constante.

A mi esposo e hija, quienes comparten conmigo el esfuerzo continuo por mi realización como persona.

Carmen I. Cárdenas Macías.

DEDICATORIA

A mi madre por su cariño
incondicional.

Ramón A. Vera Dumani.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Marcelo Espinosa L.
DIRECTOR DE TESIS

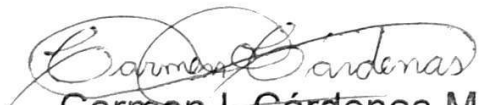


Ing. Jorge Duque R.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).


Carmen I. Cárdenas M.


Ramón A. Vera D.

RESUMEN

El objetivo del trabajo de tesis fue diseñar e instalar un sistema de riego por aspersión para el cultivo de palma africana (*Eleais guineensis*) en la hacienda “PEPITA”, parroquia Gómez Rendón vía a Safando, cantón Guayaquil, provincia del Guayas.

Los modelos matemáticos empleados en el cálculo de parámetros de las necesidades hídricas del cultivo y conceptos hidráulicos requeridos en el dimensionamiento de tubería y equipo de bombeo, se los obtuvo en base a revisión de literatura científica que apoya y da sustento al trabajo realizado.

Los datos agroclimáticos de la zona donde se realizó el proyecto, se los obtuvo de la estación meteorológica de Chongón, y son las adecuadas para el normal desarrollo y producción de la palma africana (*Eleais guineensis*).

El agua de riego posee las características S1C2, apta para ser utilizada en riego agrícola y en sistemas de riego por aspersión. La fuente corresponde al

canal de riego del trasvase a la Península de Santa Elena, que implementó la Comisión para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas (CEDEGE).

El diseño agronómico está basado en el máximo uso consuntivo del cultivo, siendo la evapotranspiración máxima de 4.32mm/hr con una dosis de riego de 25 mm para suelo arcilloso, 21 mm para franco arcilloso y 13.33mm para el suelo franco arcilloso arenoso.

Para el cálculo del diseño hidráulico se consideró la topografía del terreno y velocidades recomendadas; se determinó las pérdidas de carga por rozamiento y desnivel del terreno. La instalación del sistema de riego se realizó atendiendo a normas y cronograma de trabajo establecido.

El caudal de diseño requerido para el sistema de riego es de 900 gpm con un TDH de 84.62 psi siendo necesario un motor de 90 Hp para regar un total de 50ha.

Para el cálculo de costos se consideraron: materiales (\$1 694.00 por Ha.), instalación (\$702.00 por Ha.), funcionamiento (\$41 388.00 anual) y mantenimiento (\$10 485.00 anual) del sistema de riego.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. Características agronómicas del cultivo.....	4
1.2. Relación clima – agua – planta – suelo.....	7
1.2.1. Clima-agua-planta.....	7
1.2.2. Suelo-agua-planta.....	10
1.3. Calidad del agua.....	14
1.4. Características del riego por aspersión.....	18
1.4.1. Componentes del sistema.....	18
1.4.2. Tipos de aspersores.....	19
1.4.3. Precipitación del aspersor.....	20

1.4.4. Formas de distribución del aspersor.....	21
1.5. Fundamentos Hidráulicos.....	23
1.5.1. Velocidad media del flujo.....	23
1.5.2. Número de Reynolds.....	25
1.5.3. Pérdidas de carga en tuberías.....	26
1.5.4. Pérdidas de carga en válvulas y accesorios.....	29
1.5.5. Relación caudal – presión del aspersor.....	31
1.5.6. Tolerancia de caudales.....	31
1.5.7. Tolerancia de presiones.....	32
1.6. Estaciones de bombeo.....	33
1.6.1. Bomba centrífuga.....	33
1.6.2. Motores.....	38

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO.....	43
2.1. Datos Preliminares.....	43
2.2. Diseño Agronómico.....	47
2.2.1. Cálculo de la Evapotranspiración Potencial.....	47
2.2.2. Cálculo de la Evapotranspiración del Cultivo.....	54
2.2.3. Cálculo de la Dosis de riego.....	55
2.2.4. Cálculo del Intervalo de riego.....	55
2.3. Diseño Hidráulico y Gráfico.....	56

2.3.1. Elección del aspersor a utilizar.....	56
2.3.2. Cálculo del caudal requerido.....	61
2.3.3. Determinación del bloque de riego.....	62
2.3.4. Trazado del diseño en el plano.....	64
2.3.5. Determinación de los diámetros de la línea terciaria.....	65
2.3.6. Determinación de los diámetros de la línea secundaria.....	69
2.3.7. Determinación de los diámetros en la línea principal.....	73
2.3.8. Determinación de las dimensiones de las válvulas de control del bloque.....	76
2.3.9. Determinación y ubicación de válvulas de aire.....	77
2.4. Cálculo y selección de la Estación de bombeo.....	78
2.4.1. Cálculo de las pérdidas por fricción totales.....	78
2.4.2. Requerimiento de Caudal y Presión.....	80
2.4.3. Cálculo de la Potencia de la Bomba.....	80
2.4.4. Cálculo del NPSH disponible.....	81
2.4.5. Selección de la bomba.....	81
2.4.6. Selección de la Potencia del Motor.....	84
2.4.7. Selección del Motor.....	85

CAPÍTULO 3

3. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....	86
3.1. Normas de transporte, almacenamiento e instalación.....	86

3.2. Desbroce y limpieza del terreno.....	88
3.3. Replanteo del diseño de riego.....	89
3.4. Excavación de zanjas.....	90
3.4.1. Excavación de zanja terciaria.....	92
3.4.2. Excavación de zanja secundaria.....	93
3.4.3. Excavación de zanja principal.....	94
3.5. Instalación de tuberías y mangueras.....	95
3.6. Instalación de diversas válvulas, accesorios y anclajes.....	101
3.7. Instalación de elevadores.....	104
3.8. Instalación de la Estación de bombeo.....	107
3.9. Lavado, presurización y prueba de presión.....	110
3.10. Instalación de aspersores.....	112
3.11. Prueba de funcionamiento del Sistema de Riego.....	112

CAPÍTULO 4

4. COSTOS DEL SISTEMA DE RIEGO.....	114
4.1. Costos de materiales del Sistema de Riego.....	114
4.2. Costos de la Instalación.....	114
4.3. Costos de Funcionamiento.....	115
4.4. Costos de Mantenimiento.....	117

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	118
--	-----

APÉNDICES.

BIBLIOGRAFÍA.

ABREVIATURAS

\$/g- diesel	dólares por galón diesel
cm	centímetro
gpm	galones por minuto
gr/cm ³	gramos por centímetro cúbico
gr/Kw-hr	gramos por kilovatio hora
ha.	Hectáreas
hr/día	horas por día
Kg.	Kilogramo
km ³ /año	Kilómetro cúbico por año
lt/hr	litros por hora
lt/sg	litros por segundo
m	metro
m.s.n.m.	metros sobre el nivel del mar
m/sg	metros por segundo
m ² /sg	metros cuadrados por segundo
m ³ /hr	metros cúbicos por hora
mbar	milibar
mca	metros de columna de agua
meq/l	miliequivalente por litro
mg/l	miligramo por litro
micromhos/cm	Micromhos por centímetro
mm	milímetro
mm/hr	milímetro por hora
mmdía ⁻¹	milímetro por día
MPa	Mega Pascal
PE	Polietileno
psi	libras por pulgada cuadrada
PVC	Cloruro de polivinilo
RM	Rosca macho
S.A.R.	Relación de absorción de sodio

SIMBOLOGÍA

ΔQ	Corrección de caudales
ρ	Densidad del combustible
ΣQ	Sumatoria de caudales
Σh	Sumatoria de pérdidas de carga
%	Porcentaje
&	Reflexión
a	Sección de paso
Ar	Suelo Arcilloso
A_{SECTOR}	Área del sector
C	Coefficiente de descarga de orificio
c	Factor de ajuste para compensar el efecto del día y la noche
CC	Capacidad de campo
Cc	Consumo de combustible
CE	Conductividad eléctrica
Cf	Valor del combustible
D	Diámetro interior
Da	Gravedad específica aparente
DR	Dosis de riego
ea	Presión de vapor de saturación a la temperatura media del aire
ed	Presión media actual del vapor de presión de aire
Ef	Eficiencia de riego
Ep	Rendimiento de la bomba
ETc	Evapotranspiración del cultivo
ETo	Evapotranspiración potencial de referencia
F	Consumo específico del motor
f(ed)	Factor de la presión de vapor de saturación
f(n/N)	Factor de la relación de horas y brillo solar
f(T)	Factor por efecto de la temperatura
F(u)	Función relacionada con el viento
Far	Suelo Franco Arcilloso
FArA	Suelo Franco Arcilloso Arenoso
g	Gravedad
GA	Precipitación del aspersor

ΔH	Variación de presión en el lateral
h_a	Presión del aspersor
H_c	Altura cinética
H_d	Altura manométrica
h_{desnivel}	Altura de desnivel
$h_{f \text{ secundaria}}$	Pérdida de carga en secundaria
$h_{f \text{ terciaria}}$	Pérdida de carga en terciaria
H_f	Pérdida de carga
h_m	Pérdidas menores
H_o	Presión atmosférica
H_s	Altura de aspiración
H_v	Presión de saturación del vapor
I_r	Intervalo de riego
k	Coeficiente de pérdida
K_c	Coeficiente del cultivo
K_v	Coeficiente de la válvula
L	Longitud
L_e	Longitud equivalente
N	Duración media del brillo solar
n	Horas luz
n	Número de revoluciones por minuto
N	Potencia al freno de la bomba
Na	Sodio
$NPSHA$	Aspiración neta disponible
$NPSHR$	Aspiración neta requerida
N_{sect}	Número de sectores
$^{\circ}$	Grados
$^{\circ}C$	Grados centígrados
P	Potencia al freno del motor
ΔP	Variación de presión
PMP	Punto de marchitez permanente
Pr	Profundidad radicular
Q	Caudal
q_a	Caudal del aspersor
Q_{bloque}	Caudal de bloque
Q_{ha}	Caudal por hectárea
$Q_{\text{REQUERIDO}}$	Caudal requerido
$Q_{\text{terciaria}}$	Caudal de terciaria
R_a	Radiación recibida
R_a	Radiación recibida en la parte superior de la atmósfera
Re	Número de Reynolds
RH_{max}	Humedad relativa máxima
RH_{med}	Humedad relativa media
R_n	Radiación neta en la superficie del cultivo

Rnl	Radiación neta de onda larga
Rns	Radiación neta de onda corta
Rs	Radiación solar
Sa	Espaciamiento entre aspersores
Se	Espaciamiento entre laterales
T	Tiempo de funcionamiento de la bomba
TDH	Altura manométrica total
Tr	Tiempo de riego
U	Velocidad del viento
U _{día}	Velocidad del viento en el día
U _{noche}	Velocidad del viento en la noche
V	Velocidad media
W	Factor de ajuste relativo a la temperatura
y	Porcentaje de descenso de humedad permitida
v	Viscosidad cinemática del agua

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Fruto de la Palma Africana (28).....	4
Figura 1.2. Etapas de Desarrollo de Diferentes Cultivos (18).....	9
Figura 1.3. Curva Generalizada del Coeficiente del Cultivo (18).....	10
Figura 1.4. Triángulo de Textura del Suelo (22).....	11
Figura 1.5. Normas de Riverside (4).....	17
Figura 2.1. Foto Aérea de la Hacienda	43
Figura 2.2. Ubicación de las Unidades de Manejo.....	46
Figura 2.3. Aspersor Triad	57
Figura 2.4. Distribución de Aspersores en el Cultivo.....	58
Figura 2.5. Bloques de Riego.....	64
Figura 2.6. Detalle de la Línea Terciaria.....	68
Figura 2.7. Detalle de la Línea Secundaria en el Bloque 1 A.....	71
Figura 3.1. Desbroce y limpieza del terreno.....	89
Figura 3.2. Equipo para replanteo en el terreno.....	89
Figura 3.3. Replanteo de la Línea Terciaria.....	90
Figura 3.4. Dimensiones Recomendadas de las Zanjas.....	91
Figura 3.5. Excavación de la Línea Terciaria.....	92
Figura 3.6. Líneas Terciarias con distanciamiento de 14,72m.....	92
Figura 3.7. Excavación de zanja secundaria.....	94
Figura 3.8. Zanja para Tubería Principal.....	95
Figura 3.9. Instalación de la Línea Terciaria.....	96
Figura 3.10. Detalle de Instalación de Tubería Secundaria.....	97
Figura 3.11. Detalle de Acople de Tubería Secundaria a Terciaria.....	98
Figura 3.12. Acople de Tubería Secundaria a Terciaria.....	98
Figura 3.13. Instalación de Collarín.....	100
Figura 3.14. Detalle de Instalación de Válvula de Control.....	101
Figura 3.15. Instalación de la Válvula de Control.....	102
Figura 3.16. Detalle de Instalación de Válvula de Aire.....	102
Figura 3.17. Instalación de Válvula de Aire.....	103
Figura 3.18. Detalle de la Triangulación de Aspersores.....	105
Figura 3.19. Instalación de Elevadores.....	105

Figura 3.20. Detalle de Instalación de Elevadores.....	106
Figura 3.21. Fundición de Elevadores.....	106
Figura 3.22. Tuberías de Succión Canastilla y Válvula Cheque.....	108
Figura 3.23. Equipo de Bombeo.....	109
Figura 3.24. Salida de Impulsión.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Aspectos Agroecológicos de la Palma Aceitera (23).....	6
Tabla 2. Propiedades Hídricas de los suelos (14).....	13
Tabla 3. Relación de la Reducción de separación entre aspersores con Respecto a la velocidad del Viento (3).....	22
Tabla 4. Clasificación de Regímenes hidráulicos (3).....	26
Tabla 5. Constantes para las ecuaciones de pérdidas de carga en Tuberías de PVC (3).....	27
Tabla 6. (Ho-Ho) en función de las temperaturas y altitudes (3).....	37
Tabla 7. Datos Meteorológicos de la Estación de Chongón (17).....	44
Tabla 8. Presión del Vapor de agua a Saturación (ea) en Función de la Temperatura Media (6).....	48
Tabla 9. Cálculo de los Valores ea y ed.....	49
Tabla 10. Cálculo de la Función relacionada con el Viento.....	50
Tabla 11. Factor de ajuste W (6).....	50
Tabla 12. Cálculo de Rns.....	51
Tabla 13. Cálculo de $R_{nl} = f(T) * f(ed) * f(n/N)$	52
Tabla 14. Cálculo de la Radiación neta R_n	53
Tabla 15. Valores de la Evapotranspiración Potencial.....	54
Tabla 16. Dosis de Riego (DR) de acuerdo al tipo de Suelo.....	55
Tabla 17. Intervalos de Riego (Ir) de acuerdo al Tipo de Suelo.....	56
Tabla 18. Características Técnicas del Aspersor Triad.....	57
Tabla 19. Características Técnicas del Aspersor Senninger 2013.....	60
Tabla 20. Pérdida por Fricción en la Línea Terciaria.....	69
Tabla 21A. Pérdidas de Carga por Fricción en la tubería secundaria de 90mm. a 63mm del bloque 1 A.....	72
Tabla 21B. Pérdidas de Carga por Fricción en la tubería secundaria de 50mm. del Bloque 1 A.....	73
Tabla 22. Detalle de los sectores de riego.....	74
Tabla 23. Pérdida por Fricción Totales.....	79
Tabla 24. Requerimiento de Caudal y Presión del Sistema.....	80
Tabla 25. Profundidad y ancho de zanja recomendados (1).....	91
Tabla 26. Dimensiones de Zanjas de Tubería Secundaria.....	93
Tabla 27. Dimensiones de Zanjas parpa Tubería Principal.....	94
Tabla 28. Costos de materias del Sistema de Riego.....	114
Tabla 29. Costos de instalación del Sistema de Riego.....	115

Tabla 30. Costos de Funcionamiento del Sistema de Riego.....	117
Tabla 31. Costos de Mantenimiento del Sistema de Riego.....	117

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Levantamiento Topográfico.....	
PLANO 2 Trazado del Diseño de riego.....	
PLANO 3 Diámetros de tubería secundaria.....	
PLANO 4 Tubería principal y válvulas.....	
PLANO 5 Distribución de la manguera comando.....	
PLANO 6 Detalle de succión y descarga.....	

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global está provocando entre otros factores la disminución de la masa de hielo de los glaciares lo que repercutiría en la escasez del agua como recurso vital para la supervivencia de los seres vivos.

Según el Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo provistas por la FAO, se observa que aproximadamente el 70% del agua disponible se utiliza para el riego, y que las extracciones de agua utilizadas para riego se estiman en unos 2.000 a 2.555 km³/año.

Considerando estas cifras, se hace entonces imprescindible hacer un uso eficiente del agua mediante riegos tecnificados no solamente para disminuir los costos de producción y aumentar las ganancias, sino también por los intereses generales que esto implica.

En nuestro país, la siembra de Palma Africana cobra fuerza, según censo realizado por ANCUPA existe 240 mil hectáreas cultivadas; un crecimiento alto comparado con las 50 Ha. que se sembraron inicialmente en los años 60.

El clima que ofrece nuestro país es adecuado para la siembra de Palma Aceitera pero las precipitaciones mensuales no cubren las necesidades hídricas del cultivo para su óptimo desarrollo en la parroquia Gómez Rendón, por lo que se hace necesario cubrir el déficit con aportaciones, a través de la implementación de un sistema de riego.

El objetivo de esta tesis es suplir las necesidades hídricas de 50 Ha. de Palma Africana, ubicadas en la provincia del Guayas sector Cerecita vía Safando, donde las precipitaciones mensuales no abastecen los requerimientos del cultivo. Para cumplir con este objetivo se diseñó e instaló un sistema de riego por aspersión utilizando como fuente de agua el canal de CEDEGE.

Previamente al diseño y ejecución del proyecto se realizó una revisión literaria de las características y necesidades hídricas del cultivo en referencia, así como también todos los factores climáticos que intervienen en el diseño del proyecto.

Luego se efectuó el diseño basado en los datos que se tienen del cultivo y usando los valores máximos a fin de que el diseño pueda cumplir con los requerimientos picos. Los cálculos hidráulicos estarán basados fundamentalmente en lograr una máxima uniformidad de riego, con una alta

eficiencia del sistema y aprovechando la energía potencial que existe en la zona.

La instalación se efectuó de acuerdo a los planos de diseño, siguiendo normas y recomendaciones para el transporte, almacenamiento e instalación de los materiales a utilizar y cumpliendo con un cronograma de trabajo.

Finalmente se calcularon los costos que incurrió el proyecto, tanto en la instalación como en el uso y mantenimiento del mismo.

CAPÍTULO 1

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.1. Características agronómicas del cultivo.

La palma aceitera es originaria de la región occidental y oriental del continente africano, se la siembra para obtener el aceite de palma de su fruto, que es un producto que se utiliza tanto en la alimentación humana (aceite, margarina, manteca, vitamina A, etc.) como en la industria (jabones, aditivos para lubricantes, cremas para zapatos, etc.).



FIGURA 1: FRUTO DE LA PALMA AFRICANA (27).

Comparado con otras oleaginosas, es el cultivo que produce mayor cantidad de aceite por superficie (3 000 a 5 000 Kg de aceite de pulpa por hectárea)

La Palma Aceitera es monoica, con un tronco que puede alcanzar hasta 40m. de altura en estado natural, pero en cultivos tecnificados su altura se limita a los 15m.

Su sistema radicular es fasciculado con raíces primarias que profundizan hasta unos cincuenta centímetros y su longitud es desde 1m. hasta 15m., estas raíces no tienen capacidad de absorción. Las raíces secundarias sirven de base a las raíces terciarias (10cm. de longitud) y estas a su vez a las raíces cuaternarias (no más de 5mm). Estas dos últimas raíces son las que absorben el agua y los nutrientes para las plantas.

Los aspectos agroecológicos de la palma aceitera para que tenga un óptimo desarrollo se muestran en la tabla 1.

Las palmitas permanecen en el vivero de 10 a 12 meses sembradas las semillas, alcanzando una altura de 1 - 1.2m y con 12 a 14 hojas formando un ángulo de 45°. Luego de este periodo están listas para

ser trasladadas a su lugar definitivo en el campo. La primera cosecha se la realiza a los 32-34 meses de edad de sembrada la planta.

Las distancias de siembra para la palma son de 9m. x 9m. en forma triangular, aunque también se suele sembrar a 8.50m. x 8.50m.

Tabla 1

ASPECTOS AGROECOLÓGICOS DE LA PALMA ACEITERA (23).

Clima:	Tropical húmedo
Suelos:	Los mejores suelos son los limosos, profundos y franco limosos. Requiere de suelos bien drenados que eviten que se lave el terreno y produzcan lixiviación de nutrientes
PH:	De 4.5 - 7.5 óptimo, pero se adapta desde 3 a 8.2. Niveles altos de calcio intercambiables puede ocasionar problemas en la absorción de cationes.
Precipitación Fluvial:	Óptimo 1 700- 2 000mm al año; 150mm al mes. En precipitaciones menores a 1500mm anuales se deben efectuar riegos complementarios en los meses más secos.
Luminosidad:	1 500-2 000 horas luz por año
Temperaturas:	23 - 27°C óptima, adaptable de 20 - 35°C.
Pendientes:	Hasta el 25%
Humedad relativa	70 – 90%

1.2. Relación clima- agua –planta - suelo.

Las plantas extraen del suelo, a través de sus raíces, el agua y los nutrientes necesarios para su normal desarrollo; actuando como una bomba que recibe energía del sol y otros factores climáticos, que a su vez son los responsables de la pérdida de humedad del suelo.

En consecuencia, un perfecto conocimiento de todos los factores que intervienen en este proceso es vital para establecer la cantidad de agua que necesita el cultivo y el sistema de riego que mejor se ajuste a estas necesidades.

1.2.1. Clima-agua-planta.

Las necesidades de agua del cultivo están estrechamente ligadas con las características climáticas de la zona donde se siembra.

Para realizar el cálculo de la cantidad de agua que necesita un cultivo para su óptimo desarrollo se debe considerar dos factores: la transpiración y la evaporación. La transpiración es el consumo de agua que realiza la planta para sus procesos y la evaporación es el agua que se evapora desde la superficie del suelo. Uniendo estos dos factores se tiene que las necesidades

de agua de un cultivo están dadas por la **Evapotranspiración del cultivo (ET_c)** y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$ET_c = ETo * Kc \quad (E\ 1-1)$$

Donde:

ETo = Evapotranspiración potencial de referencia (depende únicamente de factores climáticos)

Kc = Coeficiente del cultivo (depende del cultivo en estudio).

La evapotranspiración potencial es un valor que puede ser calculado a partir de métodos físicos (tanque evaporímetro) y por medio de fórmulas empíricas que utilizan los datos meteorológicos de la zona (temperatura máximas y mínimas, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar, altitud, latitud). La evapotranspiración potencial es un factor que no considera las características del cultivo ni del suelo.

El método empírico más adecuado para el cálculo de ETo es el de la FAO Penman-Monteith ya que involucra datos específicos de la zona en estudio.

$$ETo = c ((W * Rn + (1 - W) * F(u) * (ea - ed)) \quad (E\ 1-2)$$

Donde:

ETo = Evapotranspiración potencial de referencia (mm día^{-1}).

W Factor de ajuste relativo a la temperatura.

Rn Radiación neta en la superficie del cultivo (mm día^{-1})

F(u) Función relacionada con el Viento.

c Factor de ajuste para compensar el efecto del día y la noche en las condiciones del clima.

ea - ed Diferencia entre la presión de vapor de saturación a la temperatura media del aire y la presión media actual del vapor de presión del aire (mbar).

El coeficiente del cultivo (Kc) es un factor que depende únicamente del tipo de cultivo e indica la cantidad de agua que extrae el cultivo en cada una de las etapas de su desarrollo (inicial, desarrollo, media y final). En el Apéndice A se muestran los valores de Kc para diferentes cultivos.

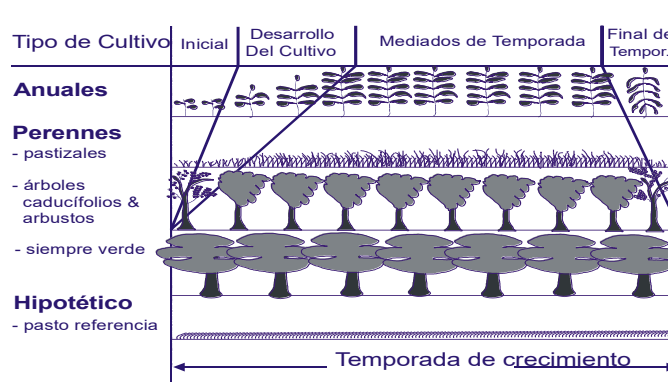


FIGURA 1.2. ETAPAS DE DESARROLLO DE DIFERENTES CULTIVOS (18).

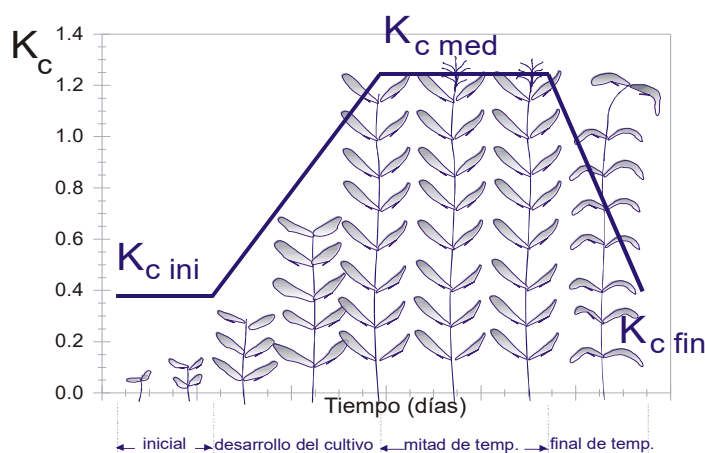


FIGURA 1.3. CURVA GENERALIZADA DEL COEFICIENTE DEL CULTIVO (18).

1.2.2. Suelo –agua- planta

El estudio de las características del tipo de suelo proporciona parámetros muy importantes para el diseño y manejo del sistema de riego.

La textura del suelo indica la proporción de los distintos tamaños de partículas minerales en el suelo (arenas, limos y arcillas). La figura 1.4 nos muestra el triángulo de textura del suelo.

La capacidad que tiene el suelo para almacenar y transportar el agua y nutrientes determina la dosis de riego a aplicar.



FIGURA 1.4: TRIÁNGULO DE TEXTURA DEL SUELO (22).

Los siguientes términos explican los mecanismos para que el agua sea transportada y almacenada en el perfil del suelo:

Velocidad de infiltración: es la velocidad a la cual penetra el agua en el suelo, está dada en mm/hr y siempre debe ser mayor que el grado de aplicación del agua de riego (dada por el fabricante del emisor) para que no existan problemas de encharcamiento.

Porosidad: es la cantidad de poros por volumen que existe en el suelo, las raíces toman el agua de los poros capilares que no permiten que el agua circule. La porosidad viene dada en porcentaje.

Gravedad específica aparente: es la relación que existe entre la densidad aparente del suelo y la densidad del agua.

Capacidad de campo: es la cantidad de agua que el suelo puede retener en contra de la fuerza de la gravedad. Si el suelo está saturado de agua y luego se lo deja drenar por 24 horas, dicho suelo estará en su capacidad de campo. Este valor viene dado en porcentaje.

Punto de marchitez: es la cantidad mínima de agua en el suelo para la cual el cultivo se marchita irreversiblemente y cesa su crecimiento normal. Viene dado en porcentaje.

TABLA 2
PROPIEDADES HÍDRICAS DE LOS SUELOS (14).

TEXTURA	Velocidad de infiltración (mm/hr)	Porosidad (%)	Gravedad específica aparente	Capacidad de campo (%)	Punto de marchitez (%)
Arenoso	50	38	1.65	9	4
Franco arenoso	25	43	1.50	14	6
Franco	13	47	1.40	22	10
Franco-Arcilloso	8	49	1.35	27	13
Arcilloso arenoso	25	51	1.30	31	15
Arcilloso	5	53	1.25	35	17

Dosis de riego.

La dosis de riego indica el volumen de agua que se debe aplicar por unidad de superficie para mantener los niveles de humedad muy cerca de la capacidad de campo. La ecuación que se aplica es la proporcionada por el Departamento de Agricultura de los EEUU (USDA). La misma que considera las características del suelo y la profundidad radicular efectiva del cultivo.

$$DR = y(CC - PMP)Da * Pr * 10 / Ef \quad \textbf{(E1-3)}$$

Donde,

DR = Dosis de riego

y = porcentaje de descenso de humedad permitida

0.2 para cultivos sensibles a la sequía

0.6 para cultivos poco sensibles a la sequía

CC = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

Pr = Profundidad radicular (m)

Da = Gravedad específica aparente

Ef = Eficiencia de riego (%)

Intervalo de riego (Ir)

Es el tiempo máximo permisible entre dos turnos de riego sin que llegue a afectar la estabilidad del cultivo. Este factor depende de la dosis de riego máxima y del requerimiento hídrico del cultivo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Ir = DR / ET_c \quad (E1-4)$$

1.3. Calidad del agua.

Saber la calidad del agua a utilizar en el riego es muy importante, ya que la falta de conocimiento y tratamientos causa problemas en el sistema. Para determinar la calidad del agua se debe recoger una

muestra y enviar a un laboratorio certificado. Los resultados de los análisis del agua de riego deben incluir los siguientes parámetros:

Datos químicos generales: PH, CE, Presión Osmótica, Dureza, S.A.R.

Contenido de los iones más habituales expresados en meq/l y en mg/l.

Concentración de micronutrientes.

Contenido de Salinidad y Sodio en el agua de riego

La presencia de cantidades altas de sales en el agua de riego (valores de C.E. mayores a 750 micromhos/cm) dificulta la absorción del agua por los cultivos. También se tiene que una concentración alta de sodio (Na) en el suelo provoca daños en su estructura y toxicidad en los cultivos; esta se mide en base a la Relación de Absorción de Sodio (S.A.R.) que indica la concentración de sodio con respecto al calcio y al magnesio.

Para determinar la calidad del agua de riego en base a salinidad y sodio existen muchas normas, las más difundidas son las elaboradas por el Servicio de Agricultura de los EEUU.

Normas de Riverside. (U.S. Soil Salinity Laboratory) Clasifica el agua de riego en base a los valores de salinidad (C.E.) y sodio

(S.A.R.); de esta se desprenden 24 índices de clasificación de acuerdo a la figura 1.5.

La interpretación de estos índices es la siguiente:

C1. Baja salinidad. Puede usarse para la mayor parte de los cultivos sin riesgo.

C2. Salinidad media. Válida para plantas no sensibles y con moderado lavado del suelo.

C3. Salinidad alta. No debe usarse si hay un mal drenaje del suelo. Utilizar sólo en cultivos tolerantes y realizar un seguimiento de la salinidad del suelo.

C4. Salinidad muy alta. Sólo utilizable en cultivos muy tolerantes, en suelo permeable, buen drenaje y con exceso de agua para efectuar lavados.

C5 y C6. Aguas de excesiva salinidad. No recomendado su uso.

S1. Agua baja en sodio. Uso adecuado en la mayor parte de cultivos.

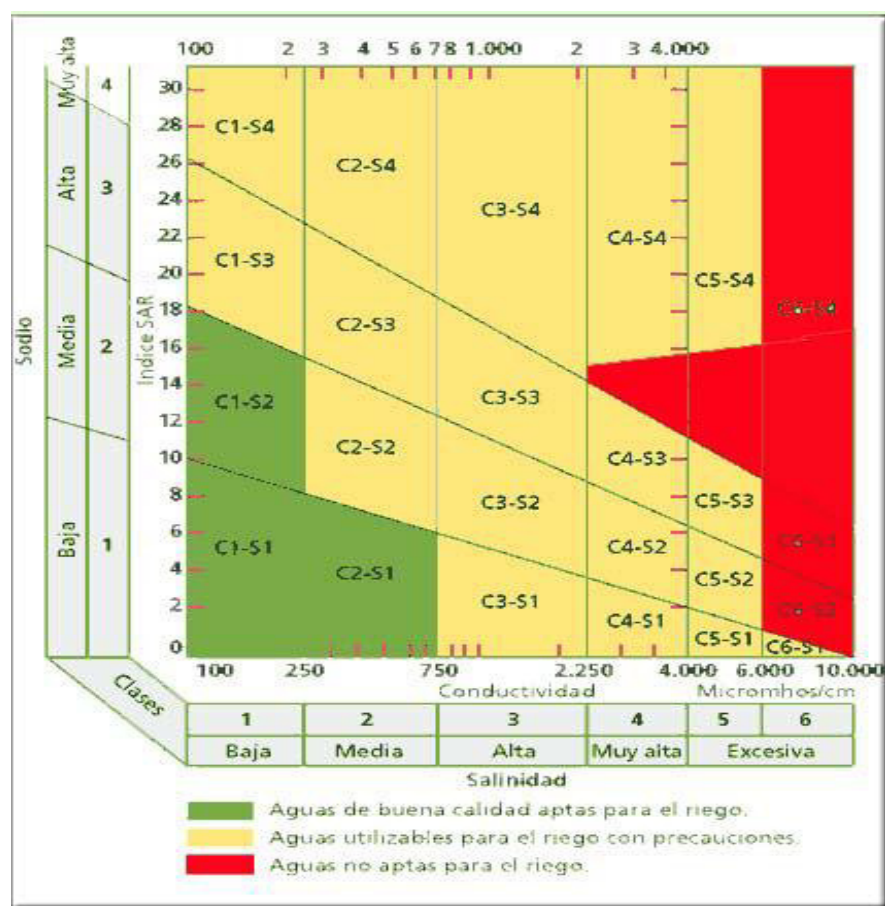


FIGURA 1.5: NORMAS DE RIVERSIDE (4).

S2. Agua media en sodio. Puede ser un peligro si hay un lavado deficiente, suelos de textura fina, cultivos sensibles y si no hay yesos.

S3. Agua alta en sodio. En la mayoría de los suelos puede haber toxicidad por Na, necesario buen drenaje, lavados intensos, adición de materia orgánica, yeso. En suelo yesíferos hay menos riesgo.

S4. Agua muy alta en sodio. Poco apta para el riego, excepto con salinidades medias-bajas, en suelos yesíferos e intentando compensar con aportes de Ca y/o Magnesio.

1.4. Características del riego por aspersión

El sistema de riego por aspersión es un sistema de riego presurizado que conduce el agua mediante tubería, y la dosis de riego es aplicada al cultivo en forma de lluvia a través de aspersores.

1.4.1. Componentes del sistema.

Los componentes de un sistema de riego por aspersión son:

Equipo de bombeo.

Equipo de fertilización.

Válvulas de control y medición.

Tubería de conducción principal.

Válvula de control de bloque.

Tubería de conducción secundaria.

Tubería de conducción terciaria.

Accesorios.

Aspersores.

1.4.2. Tipos de Aspersores.

Los aspersores no son más que dispositivos previstos de una tobera que convierte la energía potencial en energía cinética, mientras mayor sea la presión existente en el aspersor mayor será el caudal emitido y el radio de cobertura del aspersor.

Existen además diferentes tamaños de boquillas para un mismo aspersor lo que facilita el manejo del cultivo de acuerdo al estado de desarrollo ya que cada boquilla determina el caudal emitido y su alcance.

Los aspersores se los pueden clasificar de acuerdo a la variación de presión en:

PRESIÓN ALTA: 70 – 140 psi

15 – 400 gpm

PRESION MEDIA: 30 – 70 psi

2 – 20 gpm

PRESION BAJA: 10 – 30 psi

0.5 – 2 gpm

Actualmente en el mercado existen aspersores especialmente creados para regar pequeñas zonas radicales correspondientes a árboles en sus primeras etapas de

desarrollo; como son los cultivos de Palma africana, mangos, cítricos, etc.

Este aspersor realiza un riego localizado mediante tres boquillas de dirección ajustable con ángulo máximo de 30° para regar 3 plantas por aspersor.

1.4.3. Precipitación del aspersor.

La precipitación del aspersor indica la cantidad de agua que suministra en mm/hr y está dado por la siguiente ecuación:

$$GA = q_a / (Sa \times Sl) \quad (\text{E 1-5})$$

Donde,

GA = Precipitación del aspersor (l/hr).

q_a = Caudal del aspersor (m³/hr)

Sa = Espaciamiento entre aspersores (m).

Sl = Espaciamiento entre laterales (m).

Este parámetro no puede ser mayor que la velocidad de infiltración del suelo porque produciría encharcamiento o erosión por escorrentía en suelos con pendientes altas.

1.4.4. Formas de distribución de los aspersores.

Existen tres formas de distribución de los aspersores en el terreno: cuadrada, rectangular (para sistemas de riego móvil) y triangular (para sistemas de riego fijo).

Con el fin de que exista un buen traslape entre aspersores, la distancia escogida para los aspersores estará determinada por el radio de cobertura y la velocidad del viento.

De acuerdo a Heerman y Kohi (1980) los valores de separación entre aspersores y líneas de aspersión son:

En distribución de forma cuadrada y triangular, la separación debe ser 60% del diámetro mojado.

En distribución de forma rectangular, la separación debe ser 75% del diámetro mojado entre líneas y 40% entre aspersor.

Estas separaciones deben aumentarse si la velocidad del viento es mayor a 2m/sg de acuerdo a la tabla 3.

TABLA 3
RELACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE SEPARACIÓN ENTRE ASPERSORES
CON RESPECTO A LA VELOCIDAD DEL VIENTO (3).

% de Reducción	Velocidad de viento (m/sg)
10-12	4-6
18-20	8-9
25-30	10-11

Elección de los aspersores.

El aspersor que se utilice en el sistema de riego debe ser elegido considerando los siguientes aspectos:

a) Características del cultivo, existen cultivos que son muy sensibles al impacto del agua de riego por lo que es aconsejable elegir aspersores de bajo impacto. También se debe considerar los problemas fitosanitarios que puede ocasionar al cultivo.

b) Grado de aplicación del aspersor (Pluviometría) que siempre debe ser menor que la velocidad de infiltración.

c) Tiempo de riego disponible que va directamente relacionado con el caudal del aspersor a elegir para cubrir la lámina de riego.

d) Diámetro de cobertura.

e) Efecto del viento que da la pauta para escoger los distanciamientos entre aspersores y laterales.

f) Patrón de distribución del aspersor para garantizar una buena uniformidad de riego, lo que indicará la cantidad de aspersores a utilizar por hectárea.

g) Presión de trabajo, que incide directamente en la bomba a utilizar y sus respectivos costos de funcionamiento.

h) Costos de funcionamiento, vida útil y facilidad en la adquisición de repuestos y boquillas.

1.5. Fundamentos hidráulicos.

1.5.1. Velocidad media del flujo.

La velocidad media del flujo en una tubería puede calcularse usando la igualdad $Q = VA$. Cambiando unidades y resolviéndola para V se observa que

$$V = 1.273Q/D^2 \quad (E 1-6)$$

Donde,

V = velocidad media (m/sg)

Q = Caudal (l/sg)

D = Diámetro interior (mm)

El valor de la velocidad media es la primera limitante para elegir el diámetro de la tubería. La velocidad media del flujo debe estar comprendida entre 0.60 y 2.25 m/sg. Velocidades de flujo menores a 0.60 m/sg equivaldría a tener tuberías de diámetros muy grandes y por consiguiente muy caras, por el contrario velocidades mayores a 2.25 m/sg equivaldría a diámetros de tubería muy pequeños y por lo consiguiente pérdidas de cargas altas que afectarían directamente al costo del equipo de bombeo y los peligros por sobrepresiones; sin embargo, cuando existe excesiva presión por gravedad es posible trabajar con

mayores velocidades para equilibrar las ganancias de presión con las pérdidas de carga por rozamiento.

1.5.2. Número de Reynolds

El número de Reynolds relaciona las fuerzas inerciales y las fuerzas de fricción en el flujo; es un factor adimensional que permite definir el régimen hidráulico.

$$Re = DV/\nu \quad (\text{E 1-7})$$

D = diámetro (m)

V= Velocidad media (m/sg)

ν = Viscosidad cinemática del agua en m²/sg

Para $t = 20^\circ\text{C}$, $\nu = 1.003 \times 10^{-6}$ m²/sg la expresión anterior se simplifica en:

$$Re = 352.64 Q/D$$

El número de Reynolds permite clasificar el régimen hidráulico en régimen laminar, crítico y turbulento de acuerdo a la tabla 4.

TABLA 4
CLASIFICACIÓN DE RÉGIMENES HIDRÁULICOS (3).

Re	Régimen
<2 000	Laminar
2 000 – 4 000	Crítico
>4 000	Turbulento

La importancia de calcular el número de Reynolds reside en que para cada régimen de flujo se debe aplicar diferentes fórmulas en el cálculo de las pérdidas de carga de las tuberías.

1.5.3. Pérdidas de carga en tuberías

Existen diferentes ecuaciones usadas para calcular las pérdidas de carga en tuberías, las más usadas son las de Hazen–William y Darcy-Weisbach, cuya aplicabilidad dependerá del valor del número de Reynolds.

Las ecuaciones antes mencionadas se pueden expresar en la siguiente ecuación general, utilizando los valores de la tabla 5:

$$H_f = K \cdot D^{-n} Q^m L \quad (E 1-8)$$

Donde H_f = Pérdida de carga (mca)

Q = Caudal (l/s)

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro interior (mm)

K, n y m = Coeficientes de pérdida de carga

TABLA 5
CONSTANTES PARA LAS ECUACIONES DE PÉRDIDA DE CARGA EN
TUBERÍAS DE PVC (3).

EC. PÉRDIDA DE CARGA	N de Reynolds (*1 000)	COEFICIENTES		
		K	n	m
Hazen-William	40-1 000	1.1361×10^6	4.871	1.852
Darcy-Weisbach (20°C)				
a) Hagen-Poiseuille	0-2	4.20×10^3	4.000	1.000
b) Blasius	2-100	7.89×10^5	4.750	1.750
c) Watters-Keller	100-10 000	9.59×10^5	4.828	1.828

Método de Hardy Cross para redes cerradas

Una red cerrada es un circuito conectado con tubería de tal forma que el suministro de caudal puede ser realizado por dos extremos de la tubería.

El Método de Hardy Cross para la resolución de una red cerrada consiste en asumir los caudales que pasan por cada tramo de tubería para luego realizar un ajuste de caudales por aproximaciones sucesivas, generalmente después de tres iteraciones se logra la precisión requerida.

El método se fundamenta en dos principios:

1. En cada nudo (punto con determinada característica: consumo de caudal, aporte de caudal, cambio de diámetro de tubería, conexión de tubería, etc.) de una red la suma algebraica de los gastos es nula, siendo el caudal que entra positivo y el caudal que sale del nudo negativo.

$$\sum Q = 0 \quad \text{(E 1-9)}$$

2. En un circuito cerrado la suma algebraica de las pérdidas de carga es nula.

$$\sum h = 0 \quad \text{(E 1-10)}$$

Tanto el caudal como las pérdidas para cada tramo del circuito tendrán el signo dependiendo del sentido de análisis del circuito.

La ecuación que sirve para corregir los caudales supuestos se llama corrección y nos indica el nivel de error que se tiene en los valores:

$$\Delta Q = \frac{\sum h}{2 \sum \left(\frac{h}{Q} \right)} \quad (\text{E 1-11})$$

ΔQ = Corrección

h = Pérdidas de carga en cada tramo del circuito

Q = Caudal en cada tramo del circuito

La ecuación de corrección debe ser utilizada hasta que el valor sea tan pequeño que los caudales no varíen su valor.

1.5.4. Pérdidas de carga en válvulas y accesorios.

Las pérdidas de carga en accesorios y válvulas se producen por el roce del agua circulante dentro de estos dispositivos debido a su geometría, estas pérdidas son llamadas pérdidas localizadas, menores o singulares. El valor de la pérdida de carga localizada está dado por el producto de la energía cinética multiplicado por un coeficiente de pérdida k :

$$h_m = k \frac{V^2}{2g} = \frac{8k}{\pi^2 g D^4} Q^2 \quad (\text{E 1-12})$$

Donde,

h_m = Pérdidas menores

V = Velocidad del flujo aguas abajo

D = Diámetro interior del elemento aguas abajo

Q = Caudal

g = Gravedad

k = Coeficiente adimensional que depende del número de Reynold y de las características del accesorio.

Otra forma de calcular el valor de las pérdidas localizadas es utilizando la longitud equivalente (L_e) que es la longitud de la tubería que produciría la misma pérdida de carga que el accesorio y se calcula como:

$$h_m = f \frac{L_e}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (\text{E 1-13})$$

Existen ábacos que indican la longitud equivalente en cada tipo de accesorio de acuerdo al diámetro de tubería (Ver Anexo B).

En lo que respecta a las válvulas el fabricante proporciona las curvas o fórmulas que determinan la pérdida de carga de acuerdo al diámetro.

1.5.5. Relación caudal - presión del aspersor

Los aspersores son emisores de orificio, cuya ecuación es:

$$q_a = 3.6aC\sqrt{2gh_a} \quad (\text{E 1-14})$$

Donde,

q_a = caudal en lt/h

a = sección de paso en mm²

C = coeficiente de descarga de orificio (dado por el fabricante)

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

h_a = presión en m.c.a.

El coeficiente de descarga varía entre 0.95 y 0.99 y dicho valor lo da el fabricante del aspersor.

1.5.6. Tolerancia de caudales.

Para realizar un diseño de riego proyectado con la máxima uniformidad posible se debe determinar la tolerancia de caudales que será permisible en el proyecto, para ello se acepta el criterio hidráulico propuesto por Christiansen que establece como norma que la diferencia máxima del caudal descargado

por dos aspersores cualesquiera del mismo lateral deberá ser inferior al 10% del caudal nominal del aspersor.

1.5.7. Tolerancia de presiones

En riego por aspersión una variación del caudal del 10% representa una variación del 20% en la presión de entrada del aspersor. Es decir, entre dos aspersores cualesquiera de un mismo lateral la diferencia de presión debe ser menor al 20% de la presión nominal del aspersor.

$$\Delta H = 20\% \cdot h_a = 0,2 \cdot h_a \quad (\text{E 1-15})$$

ΔH = Variación de presión en el lateral

h_a = Presión nominal del aspersor

El mismo criterio se utiliza para un bloque de riego que consta de tubería terciaria y tubería secundaria, las dos tuberías (terciarias y secundarias) forman el bloque de riego. Entonces se tiene que:

$$h_{f \text{ terciaria}} + h_{f \text{ secundaria}} \leq \Delta H. \quad (\text{E 1-16})$$

Cuando el terreno presenta diferencias de alturas se agrega el término correspondiente al desnivel, si la tubería sube se suma este término a las pérdidas por fricción, si baja se resta de ellas:

$$h_{f \text{ terciaria}} + h_{f \text{ secundaria}} \pm h_{\text{desnivel}} \leq \Delta H \quad (\text{E 1-16-1})$$

1.6. Estaciones de bombeo.

Un sistema de riego necesita presión para que funcione, pero muchas veces la energía potencial que existe en la zona no es suficiente para hacer funcionar el equipo de riego, haciendo necesario el uso de una bomba para suministrar energía al sistema.

El tipo y la potencia de la bomba serán elegidos de acuerdo al caudal requerido, altura de aspiración, presión de impulsión. Todos estos factores se deben considerar, así como la potencia del motor necesario para que trabaje la bomba, los accesorios y válvulas de control que harán que el equipo funcione en condiciones óptimas.

1.6.1. Bomba centrífuga.

Cuando la fuente de agua es suministrada de un río, laguna, reservorio o canal, las bombas a utilizar son las bombas

centrífugas. Una bomba centrífuga consta de un rotor con álabes encerrados en una carcasa que giran a gran velocidad (energía cinética proporcionada por un motor). Cuando el agua abandona el rotor la energía cinética que contiene se convierte en energía potencial en forma de presión.

Las características de funcionamiento de una bomba centrífuga se encuentran en la gráfica correspondiente a las curvas de la bomba, dichas curvas deben incluir:

Curva de presión (TDH) – caudal,

Curva de rendimiento

Curva de potencia al freno en el eje de la bomba

Curva NPSHR: Aspiración positiva neta requerida.

La altura manométrica total (TDH) viene dada por la siguiente ecuación:

$$\text{TDH} = H_s + H_d + H_f + H_c \quad (\text{E 1-17})$$

Donde:

H_s = altura de aspiración, que es la distancia vertical en metros desde la superficie libre del agua al eje del rotor de la bomba.

H_d = altura manométrica de impulsión, que es la presión que se requiere a la salida de la bomba en metros.

H_f = pérdida de carga, que es la pérdida de carga en la tubería y accesorios desde la entrada del agua hasta la salida del agua en la bomba, en metros.

H_c = altura cinética, es la altura cinética que posee la corriente del agua y viene dada por: $H_c = V^2/2g$, donde:

H_c = altura cinética (m)

V =velocidad media del agua (m/sg)

g = gravedad (m/sg²)

Ley de semejanzas de las bombas

Las leyes de semejanza de las bombas se aplican para una velocidad de giro o un diámetro de rotor diferente a los especificados en las curvas de la bomba, las expresiones de estas leyes son:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad (\text{E 1-18})$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left[\frac{n_1}{n_2} \right]^2 = \left[\frac{D_1}{D_2} \right]^2 \quad (\text{E 1-19})$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \left[\frac{n_1}{n_2} \right]^3 = \left[\frac{D_1}{D_2} \right]^3 \quad (\text{E 1-20})$$

Donde,

Q = caudal

n = número de revoluciones por minuto

D = diámetro del rotor

H = Altura manométrica

N = Potencia de la bomba

Aspiración positiva neta requerida (NPSHR) es la presión de entrada requerida por la bomba y siempre debe ser igual o menor que la Aspiración neta disponible (NPSHA) para que no existan problemas de cavitación.

El valor de NPSHR la especifica el fabricante de la bomba mientras que NPSHA se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{NPSHA} = (H_o - H_v) - H_s - H_{f_{asp}} \quad (\text{E 1-21})$$

Donde:

H_o = Presión atmosférica (mca)

H_v = Presión de saturación del vapor (mca)

H_s = Altura del eje del rotor por encima de la superficie del agua
(m)

$H_{f_{asp}}$ = Pérdida de carga en la tubería de aspiración (mca)

La siguiente tabla proporciona los valores de (H_o-H_v) en función de la temperatura del agua y de la altura sobre el nivel del mar.

TABLA 6
(H_o-H_v) EN FUNCIÓN DE LAS TEMPERATURAS Y ALTITUDES (3).

Temp. Agua (°C)	ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR (metros)				
	0	500	1000	1500	2000
0	10.3	9.7	9.2	8.6	8.1
10	10.2	9.6	9.1	8.5	8.0
20	10.1	9.5	9.0	8.4	7.9
30	9.9	9.3	8.8	8.2	7.7
40	9.6	9.0	8.5	7.9	7.4
50	9.0	8.4	7.9	7.3	6.8
60	8.3	7.7	7.2	6.6	6.1

La potencia al freno de una bomba es la potencia requerida en el eje de la bomba, la ecuación para calcular dicha potencia es:

$$N = \frac{Q * TDH}{3960 * E_p} \quad \text{(E 1 -22)}$$

Donde:

N = Potencia al freno (HP)

Q = Caudal de la bomba (gpm)

TDH = Altura manométrica total (pies)

E_p = Rendimiento de la bomba (tanto por uno).

1.6.2. Motores.

Los motores que generalmente se utilizan para hacer funcionar la bomba son los eléctricos y los de combustión interna, también llamados motores térmicos.

El motor eléctrico tiene un rendimiento alto (95%), demanda poco mantenimiento, es silencioso y compacto pero requiere de una instalación eléctrica.

El motor de combustión interna posee la ventaja de que se puede instalar en cualquier lugar y no necesita de altos costos de instalación.

El motor térmico tiene las siguientes características que marcan la diferencia entre motores: cilindrada, potencia, par motor y consumo específico de combustible. Estas tres últimas características están representadas en las curvas características del motor, donde indica como varían en función de la velocidad de giro (RPM).

La potencia del motor aumenta a medida que aumenta la velocidad de giro, pero la velocidad ideal de trabajo es la que produce el par motor máximo y que precisamente es el punto de mínimo consumo de combustible.

Cálculo de la potencia del motor necesario para una bomba.

Para calcular la potencia del motor necesario para una bomba se consideran los siguientes factores:

Eficiencia de transmisión.

Estas pérdidas están relacionadas con el tipo de transmisión mecánica que tiene el motor, engranaje en ángulo recto o correas trapezoidales. Para estas transmisiones se tiene un 95% de eficiencia en la transmisión, es decir que solo el 95% de potencia suministrada por el motor es aprovechada por la bomba.

Variación de la potencia por efecto de la temperatura y la altitud.

Los fabricantes del motor proporcionan los datos para calcular las pérdidas de potencia para determinada altura y temperatura, pero cuando no se conoce esta información se puede estimar que:

Para elevaciones por encima de la altitud nominal, la pérdida de potencia del motor será:

10% para 1000m (aspiración natural)

3% para 1000m (sobrealimentadas)

Para la temperatura del aire superior a la temperatura nominal, la pérdida de potencia del motor será 1% por cada 6°C de aumento de temperatura.

Cargas accesorias y parásitas

La potencia requerida para los ventiladores de refrigeración del radiador está generalmente entre el 6 y 8 % de la potencia del motor y debe tenerse en cuenta cuando se usa radiadores.

Factor de servicio

Con el tiempo el motor comienza a desgastarse por eso es necesario considerar un 10% de factor de servicio, con esto se asegura que el motor siga suministrando la potencia que necesita la bomba.

Consumo de combustible y costo de funcionamiento de los motores a diesel.

El consumo de combustible debe proporcionarlo el fabricante del motor. La curva de consumo específico viene dado en kilogramos consumidos por unidad de potencia al freno y por hora, este consumo debe tener un punto mínimo en el cual la eficiencia es máxima.

Para calcular el consumo de combustible del motor se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_c = T * P * F / \rho \quad \textbf{(E1-23)}$$

Donde,

C_c = Consumo combustible

T = Tiempo de funcionamiento de la bomba

P = Potencia al freno del motor

F = Consumo específico del motor (gr/Kw-h)

ρ = Densidad del combustible (gr/cm³)

También se puede calcular el Costo del combustible que es:

$$Costo = C_c * C_f \quad \textbf{(E1-24)}$$

Donde,

$Costo$ = Costo del combustible

C_c = Consumo del combustible

C_f = Valor del combustible (\$/g, diesel)

CAPÍTULO 2

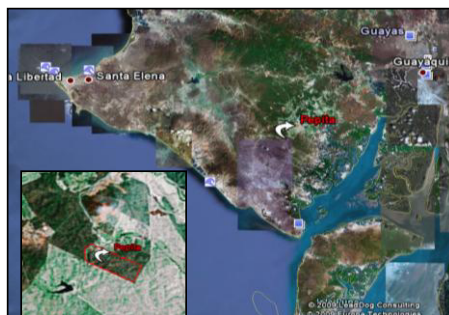
2. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO.

2.1. Datos Preliminares

Los datos preliminares que se consideraron para el diseño de riego fueron:

Datos topográficos

La hacienda “Pepita” se encuentra ubicada en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, parroquia Gómez Gómez Rendón vía a Safando, latitud sur 2° 22’ 27” y longitud oeste 80° 16’ 4”.



Con formato: Izquierda: 4 cm, Derecha: 2,4 cm, Arriba: 4 cm, Abajo: 4 cm, Ancho: 21 cm, Alto: 29,7 cm, Encabezado de primera página diferente

Con formato: Numeración y viñetas

Con formato: Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Primera línea: 1,25 cm

Con formato: Fuente: Negrita

Con formato: Sangría: Izquierda: 1,25 cm

FIGURA 2.1: FOTO AÉREA DE LA HACIENDA

Fig. 2.1.: “p”
(Fuente: Resultados de Análisis de suelo)

Con una extensión de 50 Ha., la hacienda presenta una topografía accidentada con diferencias de nivel de hasta 30m de altura.

El plano topográfico (Ver Plano 1) se presenta los límites del terreno con curvas de nivel, ubicación de casa, fuente de agua, líneas de alta tensión y drenaje.

Datos climatológicos.

Los datos climatológicos se tomaron de la estación meteorológica más cercana a la zona, que en este caso es la Estación de Chongón.

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Primera línea: 0,63 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Primera línea: 1,25 cm

Tabla 7

DATOS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN DE CHONGÓN (17).

Con formato: Centrado

Altitud 36 m.s.n.m.
Latitud 2 12' S
Longitud 79 53' W

Con formato: Fuente: 12 pto

Tabla con formato

MES	TEMP. MED. (°c)	RH. Med. (%)	n (hr/día)	Veloc. Viento. U (m/s)	RH Max (%)	Vdía/V noche
Eneere	25,90	72,80	3,30	0,80	87,70	2,00
Febrero	24,60	80,60	1,40	0,80	93,90	2,00
Marze	24,80	84,40	3,50	0,50	94,60	2,50
Abril	25,60	86,50	3,90	0,50	94,70	2,50
Maye	34,30	83,80	4,30	0,60	92,40	2,00
Junie	22,10	81,00	3,60	0,80	90,10	1,33
Julie	16,40	88,80	3,90	0,80	97,50	2,00

Con formato: Fuente: 12 pto

<u>Agoste</u>	<u>16,60</u>	<u>80,90</u>	<u>4,30</u>	<u>1,10</u>	<u>91,50</u>	<u>1,83</u>
<u>Septiembre</u>	<u>21,60</u>	<u>77,80</u>	<u>5,50</u>	<u>1,20</u>	<u>89,00</u>	<u>1,71</u>
<u>Octubre</u>	<u>23,70</u>	<u>80,20</u>	<u>2,30</u>	<u>1,20</u>	<u>90,00</u>	<u>2,00</u>
<u>Noviembre</u>	<u>26,60</u>	<u>77,30</u>	<u>3,00</u>	<u>1,10</u>	<u>89,20</u>	<u>2,20</u>
<u>Diciembre</u>	<u>22,50</u>	<u>84,40</u>	<u>2,10</u>	<u>2,00</u>	<u>94,70</u>	<u>2,50</u>

(Fuente: CEDEGE)

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Centrado

Tabla con formato

Datos del cultivo



Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Cultivo: Palma africana

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Variedad: Papúa

Nombre científico: Elaeis guineensis

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, Cursiva

Configuración de siembra y densidad:

Triangular Distancia de siembra: 8.-50 m x 8.-50 m x 8.50m logrando una densidad de siembra de 160 plantas/Ha. en triángulo equilátero

Distancia entre planta: 8.-50 m

Distancia entre línea: 7.-36 m

Sentido de siembra: Paralelo a un lindero de la hacienda (26 grados con respecto al norte)

Profundidad radicular efectiva: 50cm

Coeficiente del cultivo (Kc) ~~máximo:máximo: 1~~
0.95

Con formato: Color de fuente: Automático

Con formato: Justificado

Datos del suelo

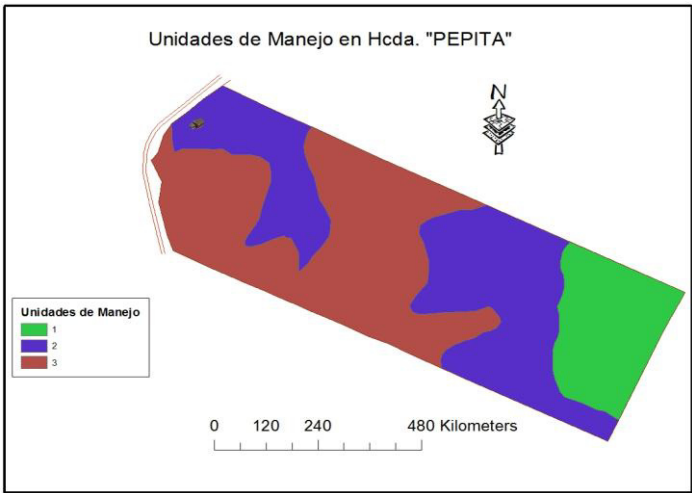
De acuerdo a los resultados de los análisis de suelo realizados por la compañía Agricultores de Precisión, se observa que hay tres unidades de manejo, caracterizada por la clase textural.

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Unidad de manejo 1: Suelo Arcilloso (Ar)

Unidad de manejo 2: Suelo Franco Arcilloso (Far)

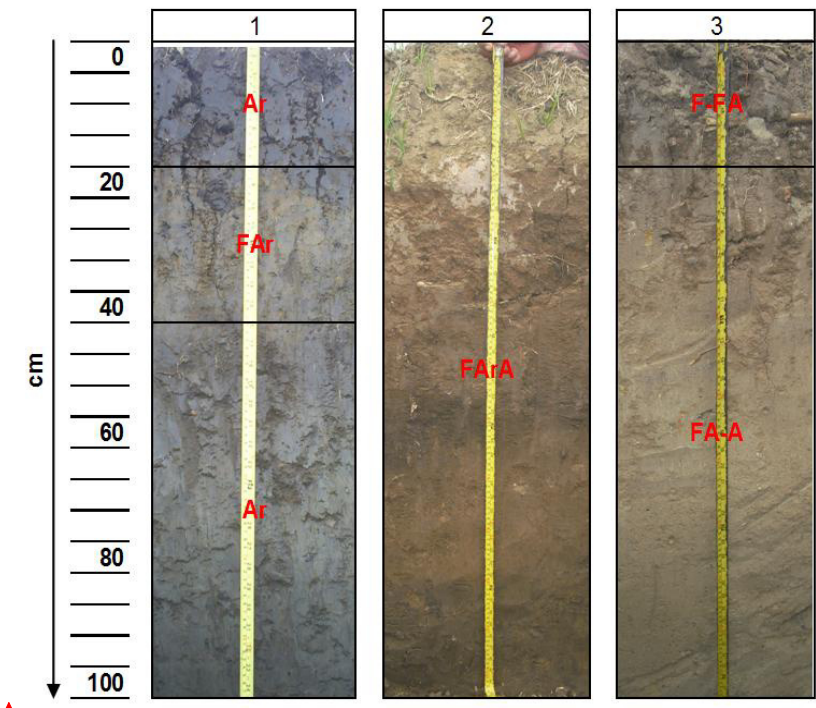
Unidad de manejo 3: Suelo Franco Arcilloso Arenoso (FArA)



Con formato: Centrado

FIGURA 2.2: **PUBICACIÓN DE LAS UNIDADES DE MANEJO.**

Las características específicas de cada unidad de manejo se ~~presentan~~ **presentan** en el ~~Apéndice~~ **Apéndice** ~~CD~~.



Datos de la fuente de agua

Tipo de fuente: Canal de riego de trasvase CEDEGE

~~Ilimitada~~ Horas disponibles para el riego: ~~12320~~ **12320** horas

Calidad del agua: Según los resultados del análisis realizados en la Estación Experimental Sur del INIAP, la clasifican como C2S1; lo que

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Centrado

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Fuente: Negrita

Con formato: Fuente: Negrita

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

significa un agua con salinidad media y bajo contenido de sodio; el agua es apta para riego agrícola (Ver Apéndice C).

2.2. Diseño Agronómico

En el diseño agronómico ~~se calculó~~ ~~consiste en el cálculo de las~~ ~~necesidades del agua~~ ~~evapotranspiración del cultivo,~~ ~~según el tipo de cultivo,~~ ~~determinar la dosis de riego,~~ ~~frecuencia,~~ ~~y tiempo de riego,~~ ~~y con estos resultados se obtendrá la disposición de~~ ~~que tendrán los emisores.~~ Todos estos valores determinarán los cálculos del diseño gráfico e hidráulico.

2.2.1. Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ET_o).

Para realizar el cálculo de la evapotranspiración potencial se utilizó la ecuación E1-2 de Penman modificado:

$$ET_o = c ((W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)))$$

$$ET_o = c [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)]$$

Cálculo de los factores e_a y e_d

Para realizar el cálculo de e_a y e_d se hizo uso de la Tabla 8 y los datos de temperatura y humedad relativa media de la Tabla 7.

Tabla 8
PRESIÓN DEL VAPOR DE AGUA A SATURACIÓN (ea) EN FUNCIÓN DE
LA TEMPERATURA MEDIA (6).

<u>Temperatura</u> <u>media (°C)</u>	<u>ea (mbar)</u>	<u>Temperatura</u> <u>media (°C)</u>	<u>ea</u> <u>(mbar)</u>
<u>15</u>	<u>17.0</u>	<u>26</u>	<u>33.6</u>
<u>16</u>	<u>18.2</u>	<u>27</u>	<u>35.7</u>
<u>17</u>	<u>19.4</u>	<u>28</u>	<u>37.8</u>
<u>18</u>	<u>20.6</u>	<u>29</u>	<u>40.1</u>
<u>19</u>	<u>22.0</u>	<u>30</u>	<u>42.4</u>
<u>20</u>	<u>23.4</u>	<u>31</u>	<u>44.9</u>
<u>21</u>	<u>24.9</u>	<u>32</u>	<u>47.6</u>
<u>22</u>	<u>26.4</u>	<u>33</u>	<u>50.3</u>
<u>23</u>	<u>28.1</u>	<u>34</u>	<u>53.2</u>
<u>24</u>	<u>29.8</u>	<u>35</u>	<u>56.2</u>
<u>25</u>	<u>31.7</u>	<u>36</u>	<u>59.4</u>

Los valores de e_a se obtuvieron interpolando la temperatura media en la Tabla 8. Con estos valores, se procedió a calcular

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Centrado, Interlineado:
Múltiple 1,15 lín.

Tabla con formato

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Centrado, Interlineado:
Múltiple 1,15 lín.

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Centrado, Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Centrado, Interlineado:
Múltiple 1,15 lín.

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Centrado, Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato

<u>Mes</u>	<u>ea (interpolado)</u>	<u>RH. Med. (%)</u>	<u>ed=ea*HR/100</u>
<u>Enero</u>	<u>33,41</u>	<u>72,80</u>	<u>24,32</u>
<u>Febrero</u>	<u>30,94</u>	<u>80,60</u>	<u>24,94</u>
<u>Marzo</u>	<u>31,32</u>	<u>84,40</u>	<u>26,43</u>
<u>Abril</u>	<u>32,84</u>	<u>86,50</u>	<u>28,41</u>
<u>Mayo</u>	<u>54,10</u>	<u>83,80</u>	<u>45,34</u>
<u>Junio</u>	<u>26,57</u>	<u>81,00</u>	<u>21,52</u>
<u>Julio</u>	<u>18,68</u>	<u>88,80</u>	<u>16,59</u>
<u>Agosto</u>	<u>18,92</u>	<u>80,90</u>	<u>15,31</u>
<u>Septiembre</u>	<u>25,80</u>	<u>77,80</u>	<u>20,07</u>
<u>Octubre</u>	<u>29,29</u>	<u>80,20</u>	<u>23,49</u>
<u>Noviembre</u>	<u>34,86</u>	<u>77,30</u>	<u>26,95</u>
<u>Diciembre</u>	<u>27,25</u>	<u>84,40</u>	<u>23,00</u>

La función relacionada con el viento se calculó mediante la ecuación $F(u) = 0.27(1+U/100)$, donde U es la velocidad del viento corriendo las 24 horas del día (Ver Tabla 10).

La tabla 2.2 muestra los cálculos resultados de cada uno de los factores de la ecuación para cada mes del año. **Cálculo del**

factor de ajuste relativo a la temperatura W

Para determinar el factor W, se utilizó la Tabla 11.

Tabla 10

CÁLCULO DE LA FUNCIÓN RELACIONADA CON EL VIENTO.

<u>MES</u>	<u>Veloc.</u> <u>Viento. U</u> <u>(m/s)</u>	<u>Veloc.</u> <u>Viento. U</u> <u>(Km/día)</u>	<u>F (U)=</u> <u>0.27(1+U/100)</u>
<u>Enero</u>	<u>0.80</u>	<u>69.12</u>	<u>0.46</u>
<u>Febrero</u>	<u>0.80</u>	<u>69.12</u>	<u>0.46</u>
<u>Marzo</u>	<u>0.50</u>	<u>43.20</u>	<u>0.39</u>
<u>Abril</u>	<u>0.50</u>	<u>43.20</u>	<u>0.39</u>
<u>Mayo</u>	<u>0.60</u>	<u>51.84</u>	<u>0.41</u>
<u>Junio</u>	<u>0.80</u>	<u>69.12</u>	<u>0.46</u>
<u>Julio</u>	<u>0.80</u>	<u>69.12</u>	<u>0.46</u>
<u>Agosto</u>	<u>1.10</u>	<u>95.04</u>	<u>0.53</u>
<u>Septiembre</u>	<u>1.20</u>	<u>103.68</u>	<u>0.55</u>
<u>Octubre</u>	<u>1.20</u>	<u>103.68</u>	<u>0.55</u>
<u>Noviembre</u>	<u>1.10</u>	<u>95.04</u>	<u>0.53</u>
<u>Diciembre</u>	<u>2.00</u>	<u>172.80</u>	<u>0.74</u>

Tabla 11

Factor de ajuste W (6).

<u>Temp.</u> <u>(°C)</u>	<u>Altitud en metros sobre el nivel del mar</u>					
	<u>0</u>	<u>500</u>	<u>1 000</u>	<u>2 000</u>	<u>3 000</u>	<u>4 000</u>
<u>14</u>	<u>0.61</u>	<u>0.62</u>	<u>0.64</u>	<u>0.66</u>	<u>0.69</u>	<u>0.71</u>
<u>16</u>	<u>0.64</u>	<u>0.65</u>	<u>0.66</u>	<u>0.69</u>	<u>0.71</u>	<u>0.73</u>
<u>18</u>	<u>0.66</u>	<u>0.67</u>	<u>0.69</u>	<u>0.71</u>	<u>0.73</u>	<u>0.75</u>
<u>20</u>	<u>0.69</u>	<u>0.70</u>	<u>0.71</u>	<u>0.73</u>	<u>0.75</u>	<u>0.77</u>
<u>22</u>	<u>0.71</u>	<u>0.72</u>	<u>0.73</u>	<u>0.75</u>	<u>0.77</u>	<u>0.79</u>
<u>24</u>	<u>0.73</u>	<u>0.74</u>	<u>0.75</u>	<u>0.77</u>	<u>0.79</u>	<u>0.81</u>
<u>26</u>	<u>0.75</u>	<u>0.76</u>	<u>0.77</u>	<u>0.79</u>	<u>0.81</u>	<u>0.82</u>
<u>28</u>	<u>0.77</u>	<u>0.78</u>	<u>0.79</u>	<u>0.81</u>	<u>0.82</u>	<u>0.84</u>
<u>30</u>	<u>0.78</u>	<u>0.79</u>	<u>0.80</u>	<u>0.82</u>	<u>0.84</u>	<u>0.85</u>
<u>32</u>	<u>0.80</u>	<u>0.81</u>	<u>0.82</u>	<u>0.84</u>	<u>0.85</u>	<u>0.86</u>
<u>34</u>	<u>0.82</u>	<u>0.82</u>	<u>0.83</u>	<u>0.85</u>	<u>0.86</u>	<u>0.87</u>
<u>36</u>	<u>0.83</u>	<u>0.84</u>	<u>0.85</u>	<u>0.86</u>	<u>0.87</u>	<u>0.89</u>

Cálculo de la Radiación neta Rn

La radiación neta equivale a la evaporación en mm/día, para el cálculo de Rn intervienen dos términos: la Radiación neta de onda corta (Rns) y la Radiación neta de onda larga (Rnl).

Los valores de la Radiación neta de onda corta se muestran en la Tabla 12, donde:

n =horas luz

N= duración media del brillo solar (Ver Apéndice E)

Ra= Radiación recibida en la parte superior de la atmósfera (Ver Apéndice F)

Rs= Radiación solar

&=Reflexión que depende del tipo de superficie (15% al 25% para los cultivos)

Con formato: Fuente: Negrita

Con formato: Fuente: Negrita

Tabla con formato

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Color de fuente: Automático

Tabla 12

CÁLCULO DE R_{ns}

Mes	n	N	Ra	$R_s = (0.25 + 0.50 \frac{n}{N}) R_a$	$\&$	$R_{ns} = (1 - \&) R_s$
Enero	3.30	12.13	15.3	5.91	0.25	4.43
Febrero	1.40	12.13	15.7	4.83	0.25	3.62
Marzo	3.50	12.04	15.7	6.21	0.25	4.65
Abril	3.90	12.00	15.1	6.23	0.25	4.67
Mayo	4.30	11.96	14.1	6.06	0.25	4.55
Junio	3.60	11.91	13.5	5.41	0.25	4.06
Julio	3.90	11.91	13.7	5.67	0.25	4.25
Agosto	4.30	11.96	14.5	6.23	0.25	4.67
Septiembre	5.50	12.00	15.2	7.28	0.25	5.46
Octubre	2.30	12.09	15.5	5.35	0.25	4.01
Noviembre	3.00	12.13	15.3	5.72	0.25	4.29
Diciembre	2.10	12.18	15.1	5.08	0.25	3.81

Los valores de la Radiación neta de onda larga (R_{nl}) se muestran en la Tabla 13, donde:

$f(T)$ = factor por efecto de la temperatura en R_{nl} (Ver Anexo G)

$f(ed)$ = factor de la presión de vapor de

saturación = $f(ed) = 0.34 - 0.044 \sqrt{ed}$

$f(n/N)$ = factor de la relación de horas luz y brillo solar

$f(n/N) = 0.1 + 0.9 \frac{n}{N}$

Tabla 13

CÁLCULO DE $R_{nl} = f(T) * f(ed) * f(\frac{n}{N})$

Mes	$f(T)$	$f(ed)$	$f(\frac{n}{N})$	R_{nl}
Enero	15.88	0.12	0.34	0.67
Febrero	15.55	0.12	0.20	0.38

<u>Marzo</u>	<u>15,60</u>	<u>0,11</u>	<u>0,36</u>	<u>0,64</u>
<u>Abril</u>	<u>15,80</u>	<u>0,11</u>	<u>0,39</u>	<u>0,65</u>
<u>Mayo</u>	<u>17,76</u>	<u>0,04</u>	<u>0,42</u>	<u>0,33</u>
<u>Junio</u>	<u>15,02</u>	<u>0,14</u>	<u>0,37</u>	<u>0,76</u>
<u>Julio</u>	<u>13,88</u>	<u>0,16</u>	<u>0,39</u>	<u>0,88</u>
<u>Agosto</u>	<u>13,92</u>	<u>0,17</u>	<u>0,42</u>	<u>0,99</u>
<u>Septiembre</u>	<u>14,92</u>	<u>0,14</u>	<u>0,51</u>	<u>1,09</u>
<u>Octubre</u>	<u>15,34</u>	<u>0,13</u>	<u>0,27</u>	<u>0,53</u>
<u>Noviembre</u>	<u>16,02</u>	<u>0,11</u>	<u>0,32</u>	<u>0,58</u>
<u>Diciembre</u>	<u>15,10</u>	<u>0,13</u>	<u>0,26</u>	<u>0,50</u>

Con los datos de R_{ns} y R_{nl} se determinó la Radiación neta,

Tabla 14.

Tabla 14

CÁLCULO DE LA RADIACIÓN NETA R_n

<u>Mes</u>	<u>R_{ns}</u>	<u>R_{nl}</u>	<u>$R_n = R_{ns} - R_{nl}$</u>
<u>Enero</u>	<u>4,43</u>	<u>0,67</u>	<u>3,76</u>
<u>Febrero</u>	<u>3,62</u>	<u>0,38</u>	<u>3,24</u>
<u>Marzo</u>	<u>4,65</u>	<u>0,64</u>	<u>4,01</u>
<u>Abril</u>	<u>4,67</u>	<u>0,65</u>	<u>4,02</u>
<u>Mayo</u>	<u>4,55</u>	<u>0,33</u>	<u>4,22</u>
<u>Junio</u>	<u>4,06</u>	<u>0,76</u>	<u>3,30</u>
<u>Julio</u>	<u>4,25</u>	<u>0,88</u>	<u>3,37</u>
<u>Agosto</u>	<u>4,67</u>	<u>0,99</u>	<u>3,68</u>
<u>Septiembre</u>	<u>5,46</u>	<u>1,09</u>	<u>4,37</u>
<u>Octubre</u>	<u>4,01</u>	<u>0,53</u>	<u>3,48</u>
<u>Noviembre</u>	<u>4,29</u>	<u>0,58</u>	<u>3,71</u>
<u>Diciembre</u>	<u>3,81</u>	<u>0,50</u>	<u>3,31</u>

Cálculo del factor de ajuste (c)

VALORES DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

<u>Mes</u>	<u>(ea - ed)</u>	<u>f (u)</u>	<u>1-w</u>	<u>Rns</u>	<u>Rnl</u>	<u>Rn</u>	<u>c</u>	<u>Eto</u>
<u>Enero</u>	<u>9,09</u>	<u>0,457</u>	<u>0,250</u>	<u>4,429</u>	<u>0,673</u>	<u>3,756</u>	<u>1,032</u>	<u>3,977</u>
<u>Febrero</u>	<u>6,00</u>	<u>0,457</u>	<u>0,263</u>	<u>3,623</u>	<u>0,381</u>	<u>3,242</u>	<u>1,027</u>	<u>3,194</u>
<u>Marzo</u>	<u>4,89</u>	<u>0,387</u>	<u>0,261</u>	<u>4,655</u>	<u>0,642</u>	<u>4,013</u>	<u>1,067</u>	<u>3,691</u>
<u>Abril</u>	<u>4,43</u>	<u>0,387</u>	<u>0,253</u>	<u>4,672</u>	<u>0,654</u>	<u>4,017</u>	<u>1,068</u>	<u>3,668</u>
<u>Mayo</u>	<u>8,76</u>	<u>0,410</u>	<u>0,178</u>	<u>4,545</u>	<u>0,329</u>	<u>4,216</u>	<u>1,051</u>	<u>4,316</u>
<u>Junio</u>	<u>5,05</u>	<u>0,457</u>	<u>0,288</u>	<u>4,061</u>	<u>0,759</u>	<u>3,302</u>	<u>1,018</u>	<u>3,070</u>
<u>Julio</u>	<u>2,09</u>	<u>0,457</u>	<u>0,355</u>	<u>4,251</u>	<u>0,881</u>	<u>3,370</u>	<u>1,052</u>	<u>2,642</u>
<u>Agosto</u>	<u>3,61</u>	<u>0,527</u>	<u>0,353</u>	<u>4,674</u>	<u>0,990</u>	<u>3,684</u>	<u>1,035</u>	<u>3,161</u>
<u>Septiembre</u>	<u>5,73</u>	<u>0,550</u>	<u>0,293</u>	<u>5,463</u>	<u>1,092</u>	<u>4,370</u>	<u>1,048</u>	<u>4,204</u>
<u>Octubre</u>	<u>5,80</u>	<u>0,550</u>	<u>0,272</u>	<u>4,012</u>	<u>0,527</u>	<u>3,485</u>	<u>1,015</u>	<u>3,455</u>
<u>Noviembre</u>	<u>7,91</u>	<u>0,527</u>	<u>0,243</u>	<u>4,288</u>	<u>0,577</u>	<u>3,711</u>	<u>1,028</u>	<u>3,927</u>

<u>Diciembre</u>	<u>4.25</u>	<u>0.737</u>	<u>0.284</u>	<u>3.808</u>	<u>0.497</u>	<u>3.311</u>	<u>1.011</u>	<u>3.296</u>
------------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

~~El Apéndice E hasta S se muestra las tablas de donde se obtuvieron los valores de cada uno de los factores de la ecuación E1-2.~~

Para efectos de diseño se escoge la evapotranspiración máxima que corresponde a Mayo, diciembre marzo con un valor de $E_{to} = 54.1282372$ mm/día.

2.2.2. Cálculo de la Evapotranspiración del cultivo.

Coefficiente del cultivo (K_c)

El coeficiente del cultivo K_c ~~correspondiente al cultivo~~ utilizado es de la palma africana en la tabla 1.2, cuyo máximo valor es de $K_c = 0.951$ correspondiente a la etapa de máximo desarrollo y producción $K_c = 0.95$.

~~Evapotranspiración del cultivo Palma Africana. Según la ecuación E1-1 se tiene que la evapotranspiración del cultivo de Palma Africana es;~~

~~Para determinar la evapotranspiración del cualquier cultivo de Palma Africana se utiliz la ecuación E1-1 la FAO proporciona la siguiente fórmula:~~

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

$$ET_c = ETo * Kc$$

Con formato: Fuente: Sin Negrita

$$ET_c = 4.325,237 \text{ mm/día} * 10,95$$

$$ET_c = 4.329754,87 \text{ mm/día} = 0.004873982 \text{ m/día.}$$

Con formato: Justificado

2.2.3. Cálculo de la Dosis de riego.

Para el cálculo de la dosis de riego se utilizó la ecuación E1-3:

$$DR = y(CC - PMP)Da * Pr * 10 / Ef$$

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Centrado

La dosis de riego indica el volumen de agua que hay que aplicar al cultivo por unidad de superficie para mantener los niveles de humedad muy cerca de la capacidad de campo. La fórmula que se aplica es la proporcionada por el Departamento de Agricultura de los EEUU (USDA), dicha fórmula va muy ligada a las características del suelo y la profundidad radicular del cultivo.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

$$DR = y(CC - PMP)Da * Pr * 10 / Ef$$

Código de campo cambiado

Con formato: Sin Elevado / Disminuido

Donde,

DR= Dosis de riego

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Fuente: Sin Cursiva

y= porcentaje de descenso de humedad permitido (0.6 a 0.2)

CC = Capacidad de campo (%)

Con formato: Fuente: Sin Cursiva

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

Con formato: Fuente: Sin Cursiva

Da = Gravedad específica permanente

Con formato: Fuente: Sin Cursiva

Pr = Profundidad radicular (m)

Con formato: Fuente: Sin Cursiva

~~Ef = Eficiencia de riego (consideramos una eficiencia del 90%)~~

Con formato: Fuente: Sin Cursiva

~~Para estudio~~ La hacienda tiene tres tipos de suelos; por lo tanto se obtuvieron tres dosis de riego, las mismas que es muestran en la Tabla 16:

TABLA 16

2.4.3: DOSIS DE RIEGO (DR) DE ACUERDO AL TIPO DE SUELO.

	<u>Tipo de suelo</u>	<u>y</u>	<u>CC</u> (%)	<u>PMP</u> (%)	<u>Da</u>	<u>Pr</u>	<u>Ef</u>	<u>DR</u> (mm)
<u>Suelo 1</u>	<u>Arcilloso (Ar)</u>	<u>0.2</u>	<u>35</u>	<u>17</u>	<u>1.25</u>	<u>0.5</u>	<u>0.9</u>	<u>25.00</u>
<u>Suelo 2</u>	<u>Franco Arcilloso (Far)</u>	<u>0.2</u>	<u>27</u>	<u>13</u>	<u>1.35</u>	<u>0.5</u>	<u>0.9</u>	<u>21.00</u>
<u>Suelo 3</u>	<u>Franco Arcilloso Arenoso (FArA)</u>	<u>0.2</u>	<u>14</u>	<u>6</u>	<u>1.50</u>	<u>0.5</u>	<u>0.9</u>	<u>13.33</u>

2.2.4. Cálculo del Intervalo de tiempo de riego.

El intervalo del tiempo de riego ~~es el tiempo máximo permisible~~ entre dos turnos de riego para que no afecte la estabilidad del cultivo. Este factor depende de la dosis de riego máxima y del requerimiento hídrico del cultivo ~~dse lo calculó con la ecuación~~

E1-4: ~~e acuerdo a la siguiente ecuación:~~

$$Ir = DR / ETc$$

Con formato: Justificado

Con formato: Fuente: 12 pto

Tabla con formato

Con formato: Fuente: 12 pto, Negrita

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto, Negrita

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto, Negrita

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Justificado

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Código de campo cambiado

Con formato: Sin Elevado / Disminuido

En la tabla ~~172.5~~ se muestran los intervalos de riego para los ~~tres~~ diferentes tipos de suelos ~~de~~ existentes en la hacienda.

TABLA 17

~~2.45:~~ INTERVALOS DE RIEGO (Ir) DE ACUERDO AL TIPO DE SUELO.

Tipo de suelo		DR (mm)	Etc (mm/día)	Ir (días)
Suelo 1	Arcilloso (Ar)	25.00	4. 3298 87	5. 7902 13
Suelo 2	Franco Arcilloso (Far)	21.00	4. 3298 87	4. 864,2131
Suelo 3	Franco Arcilloso Arenoso (FArA)	13.33	4. 3298 87	3. 082,6774

~~Observando la De acuerdo a esta~~ tabla 17, se aprecia que el riego debe programarse para un intervalo máximo de ~~32~~ días en el suelo FArA, 4 días en el suelo Far y 5 días en el suelo Ar, para evitar que la humedad en el suelo llegue a valores por debajo del punto de marchites permanente y afecte el desarrollo de la planta.

2.3. Diseño Hidráulico y Gráfico

2.3.1. Elección del aspersor a utilizar.

~~Para elegir el aspersor se consideraron varios aspectos:~~
~~presión, caudal, diámetro de cobertura, manejo agronómico del cultivo, etc.~~

Con formato: Fuente: 12 pto, Negrita, Español (España,

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Justificado

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Justificado

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Justificado

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (España, internacional)

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm, Primera línea: 0 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Para la ~~es~~ etapa inicial del cultivo y ~~en~~ ~~os~~ ~~primeros~~ ~~años~~ ~~de~~ ~~cultivo~~ ~~en~~ función del sistema radicular que hasta esta etapa no ha alcanzado su total desarrollo se selecciona el aspersor TRIAD (Ver Figura 2.3).

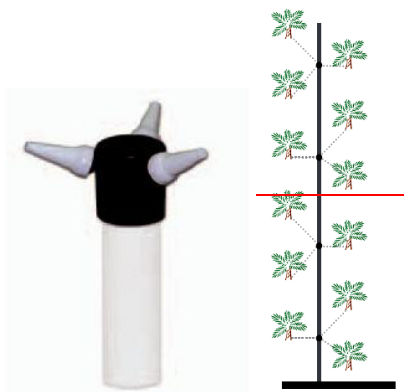


FIGURA 2.3.: ASPERSOR TRIAD.

Este aspersor está diseñado con tres boquillas para direccionar cada chorro a una planta, ~~con lo que se logra un riego localizado que distribuye el agua solamente en la zona radicular del cultivo~~. La tabla ~~18-2.6~~ describe las características técnicas del aspersor.

Tabla 18

~~2.65~~: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ASPERSOR TRIAD.

Presión en la base del	10	15	20	25	30	35
------------------------	----	----	----	----	----	----

- Con formato: Fuente: 12 pto
- Con formato: Fuente: 12 pto
- Con formato: Fuente: 12 pto
- Con formato: Fuente: 12 pto
- Con formato: Justificado
- Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

- Con formato: Fuente: 11 pto, Sin Negrita, Español (España,
- Con formato: Justificado
- Tabla con formato

La distribución del aspersor en el terreno fue determinada en base a los distanciamientos de siembra y considerando un aspersor para 3 plantas, quedando una distancia entre aspersores de 12.75m y una distancia entre líneas de aspersores de 14.72m, para regar dos líneas de cultivo con una línea de aspersores. La figura 2.64 muestra la distribución de los aspersores en el cultivo de Palma Africana sembrada con distanciamientos de 8.5 m entre planta y 7.36 m entre línea.

Cuando la planta alcance una mayor zona radicular se cambiará el aspersor TRIAD por otro aspersor que cubra toda el área de riego.

Debido a que ya se tiene una distancia entre aspersores determinada por las distribución de las plantas, al cambiar el aspersor se consideró un aspersor que tenga un diámetro

mojado que cumpla con traslape del 60% en forma triangular (según Heerman y Kohi).

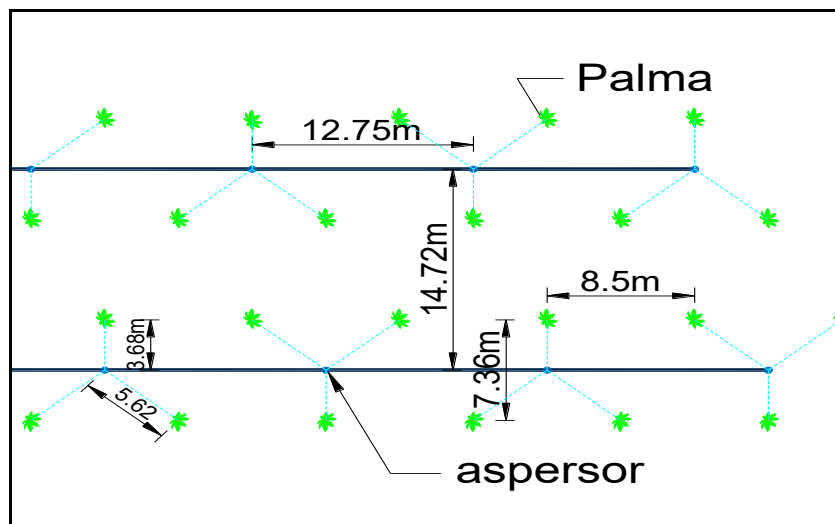


FIGURA 2.4.: DISTRIBUCIÓN DE ASPERSORES EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA.

~~Cuando la planta alcance una mayor zona radicular se cambiará el aspersor TRIAD por otro aspersor que cubra toda el área de riego. Debido a que ya se tiene una distancia entre aspersores determinada por las distribución de las plantas, al cambiar el aspersor se considerará un aspersor que tenga un diámetro mojado que cumpla con traslape del 60% en forma triangular (según Heerman y Kohi).~~ Para calcular el diámetro mojado del nuevo aspersor se utiliza el espaciamiento de

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

12.75m que se tiene entre los aspersores TRIAD y el 60% de traslape:

Diámetro del aspersor= $12.75\text{m}/0.60$

Diámetro del aspersor= 21.25m

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm, Punto de tabulación: 15,19 cm, Derecha

Otro factor que se debe considerar es la velocidad del viento en el sector (~~según la tabla 2.1 que la velocidad del viento en el~~ alcanza valores de hasta 4,20m/s). ~~Se~~ ~~h~~ ~~en~~ ~~el~~ ~~mes~~ ~~de~~ ~~agosto~~ consideró un 10% adicional según la Tabla ~~4-35~~.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

-Finalmente el diámetro mojado del aspersor será:

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Diámetro del aspersor corregido= $21.25\text{m} + 21.25 \times 0.1$

Diámetro del aspersor corregido= 23.375m.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

De acuerdo a datos técnicos, se eligió el aspersor Senninger 2013, boquilla de 2.78mm, presión de 35psi, caudal de 1.99 gpm y diámetro mojado de 23.5 m, que se aproxima a valores calculados en el diseño.

2.7.6: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ASPERSOR SENNINGER
2013.

Presión en la base del aspersor (PSI)	30	35	40	45	50
Boquilla #7 - Lima [7/64"]					
Caudal [gpm]	1.84	1.99	2.12	2.25	2.37
Diám. A 1.5' alt [pies]	76	77	78	79	80
Boquilla #7 - Lima [2.78mm]					
Caudal [L/hr]	418	452	481	511	538
Diám. A 0.46m alt [m]	23.2	23.5	23.8	24.1	24.4

~~También~~ Para ~~debe~~ calcular el grado de aplicación del aspersor, se ~~utiliza con~~ la siguiente fórmula ~~ecuación~~ E1-54:

$$GA = Qe/(SaxSl)$$

$$GA = 45252 \text{ lt/hr} / (12.75 \text{ m} * 14.72 \text{ m})$$

GA= 2.041mm/hr

El valor calculado, cumple con la condición de ser ~~un valor~~ menor que la velocidad de infiltración de los tres tipos de suelo que existen en la hacienda; según la Tabla ~~2~~ ~~4.3~~ el menor valor de la velocidad de infiltración en suelo arcilloso es 5mm/hr.

2.3.2 _Cálculo del Caudal Requerido.

Primero ~~vamos a~~ calcular el tiempo de riego que se necesita para cubrir la evapotranspiración máxima, dividiendo ETc para el GA

$$Tr = \frac{ETc}{GA}$$

$$Tr = \frac{4.32mm / día}{2.41mm / hr}$$

$$Tr = 1.79hr / día$$

Este resultado, indica que para cubrir la evapotranspiración máxima del cultivo se debe regar 1 hora 47 minutos diarias cada sector.

Con el tiempo de riego diario y el tiempo total disponible, se calcula el número de sectores de riego.

$$N_{sect} = \frac{T_D}{Tr}$$

$$N_{sect} = \frac{12hr / día}{1.79hr / día}$$

$$N_{sect} = 6.7$$

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Centrado

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, Disminuido 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, Disminuido 5 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Centrado

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, Disminuido 12 pto

Como el número de sectores no puede ser un número decimal se utiliza el valor de 6, es decir, se divide la hacienda en 6 sectores de riego; teniendo en cuenta que la superficie de la hacienda es de 50 hectáreas, cada sector será de 8,33 Ha regados cada uno en 12,07 hora 47 minutos, empleando un total de 102,42 horas 45 minutos para regar toda la hacienda. Con una vez obtenido el grado de aplicación se calcula el caudal por hectárea que se requiere; de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Q_{ha} = GA \cdot 10$$

$$Q_{ha} = 2.041 \text{ mm/hr} \cdot 10$$

$$Q_{ha} = 24.104 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Finalmente, el caudal requerido se obtiene multiplicando el caudal por hectárea por el área del sector de riego:

$$Q_{\text{REQUERIDO}} = A_{\text{SECTOR}} \cdot Q_{Ha}$$

$$Q_{\text{REQUERIDO}} = 8.33 \text{ Ha} \cdot 24.1 \text{ m}^3 / \text{hr Ha}$$

$$Q_{\text{REQUERIDO}} = 200.83 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

confirma si es menor o igual que el caudal disponible:

$$Q_{\text{REQUERIDO}} = A_{\text{SECTOR}} \times Q_{Ha}$$

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Justificado

Con formato: Centrado

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Centrado

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, Disminuido 7 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

$$Q_{\text{REQUERIDO}} = 8.33 \text{ Ha} \times 24.1 \text{ m}^3 / \text{hr} \cdot \text{Ha}$$

$$Q_{\text{REQUERIDO}} = 200.8 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

Este valor es referencial y está basado en las horas de riego disponibles, el caudal requerido para cada sector de riego será finalmente determinado por la distribución que se obtenga en los bloques de riego, pero siempre tratando que se encuentre alrededor de este valor.

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

2.3.3. Determinación del Bloque de Riego.

El área del sector de riego se subdividió en bloques de riego, para obtener menores caudales que permitan conseguir operaciones de riego eficientes con valores mínimos en pérdidas por fricción y por consiguiente en diámetros de tubería.

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

La hacienda es aproximadamente rectangular, las líneas del cultivo están perpendiculares al ancho de la hacienda que mide 402m, se consideró un camino perimetral de 3.50m, quedando un ancho aprovechable de 395m divididos para la distancia entre línea, se tiene 54 líneas de cultivo, es decir 27 líneas terciarias a todo lo largo de la hacienda.

En la figura 2.67 se puede observar dos bloques de riego, uno con un área de 1 Ha y otro de 2 Ha. Cada bloque tiene un

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

ancho máximo de 102 m. que significa 8 aspersores en una misma línea terciaria, en el bloque de 1 Ha. se tiene 7 líneas terciarias y en el 2 Ha 14 líneas, correspondiente a un caudal de 112 gpm y 224 gpm respectivamente.

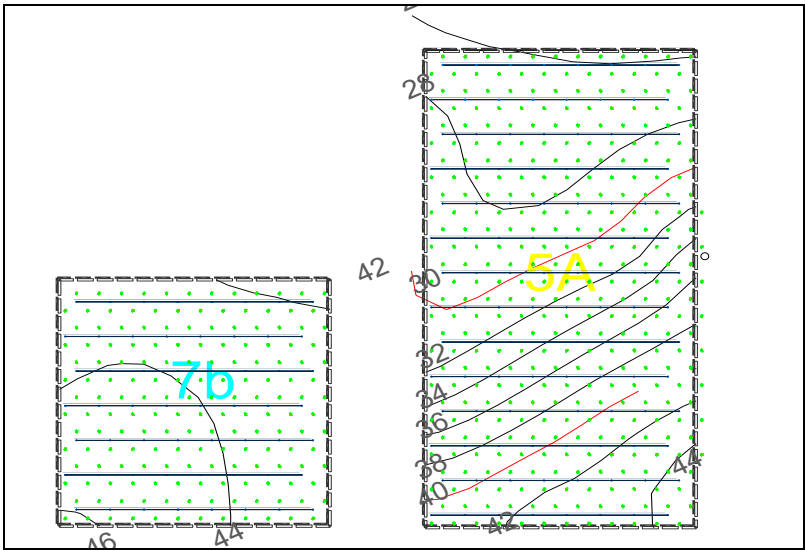


FIGURA 2.5: BLOQUES DE RIEGO 7b.

2.3.4. Trazado del Diseño en el Plano.

La forma y dimensiones de cada bloque de riego, se trazaron en base a la topografía del terreno, a la ubicación de los diferentes tipos de suelo existentes y a la distribución de las líneas del cultivo. En total se trazaron 31 bloques, entre 1 y 2 Ha.

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Una vez trazado los bloques de riego se procedió a dibujar las líneas secundarias en dirección de la pendiente del terreno y ubicando las válvulas de control en los puntos altos.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

La tubería principal se trazó uniendo las válvulas de control de forma tal que, el recorrido de la tubería no cambie abruptamente de altura.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

línea principal y ubicación de la bomba. (Ver Anexo).

Los bloques que pertenecen a un mismo sector, fueron elegidos ~~que cada sector no sobrepase el caudal disponible y~~ de la misma unidad de manejo del suelo, puesto que cada unidad será tratada de diferente forma en su manejo agrotécnicos ~~de riego y~~. En el Plano 2 se puede observar los 6 sectores de riego nombrados con letras, desde la A hasta la F, junto con el trazado de la tubería principal, secundaria y válvulas.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Color de fuente: Automático

2.3.5. Determinación de los diámetros de la línea terciaria.

Para poder determinar el diámetro en la línea terciaria se ~~consideró~~ el criterio que se explicó en el capítulo 1, donde las pérdidas por fricción en la terciaria y secundaria deben ser menor al 20% de la presión de trabajo del aspersor ~~y 55% de~~

Con formato: Justificado, Esquema numerado + Nivel: 3 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 5 + Alineación: Izquierda + Alineación: 1,25 cm + Tabulación después de: 2,6 cm + Sangría: 2,6 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

~~esta diferencia de presión~~. Se tomará como referencia el bloque 1A para explicar los cálculos realizados.

~~L~~ ~~Calcula primeramente las pérdidas admisibles en la~~ ~~secundaria~~ variación de presión permisible del 20% en relación a la presión de trabajo del aspersor SENNINGER 2013 es:

$$\Delta H = 20\% * 35\text{PSI} = 0.2 * 35\text{PSI}$$

$$\Delta H = 7\text{PSI}$$

Entonces, se observa que las pérdidas de carga en la línea terciaria y secundaria, y considerando también el desnivel no debe ser mayor a 7PSI:

$$h_{f \text{ terciaria}} + h_{f \text{ secundaria}} \pm h_{\text{desnivel}} \leq 7\text{PSI}$$

Conociendo estas limitantes se procedió a determinar el diámetro de la tubería terciaria utilizando la ~~formula~~ ecuación:

$$V = \frac{1273Q}{D^2}$$

Despejando el diámetro (D):

$$D = \sqrt{\frac{1273Q}{V}}$$

El caudal (Q) que ingresa a la línea terciaria, será el que se necesita para 8 aspersores funcionando, pero como la línea secundaria se conecta en la mitad de la línea terciaria el caudal

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

se distribuye para 4 aspersores de cada lado; así se observa, que el caudal que ingresa a la mitad de la línea terciaria es:

$$Q = 4 \times q_a$$

$$Q = 4 \times 1.99 \text{ gpm}$$

$$Q = 7.96 \text{ gpm} = 0.50 \text{ l/s}$$

Para el cálculo del diámetro de tubería a utilizar se Además se adopta el criterio de que la velocidad media no debe superar el valor de 1.5 m/s, reemplazando los valores de caudal y velocidad se obtiene:

$$D = \sqrt{\frac{1237 \times 0.5 \text{ l/s}}{1.5 \text{ m/s}}}$$

$$D = 20.30 \text{ mm}$$

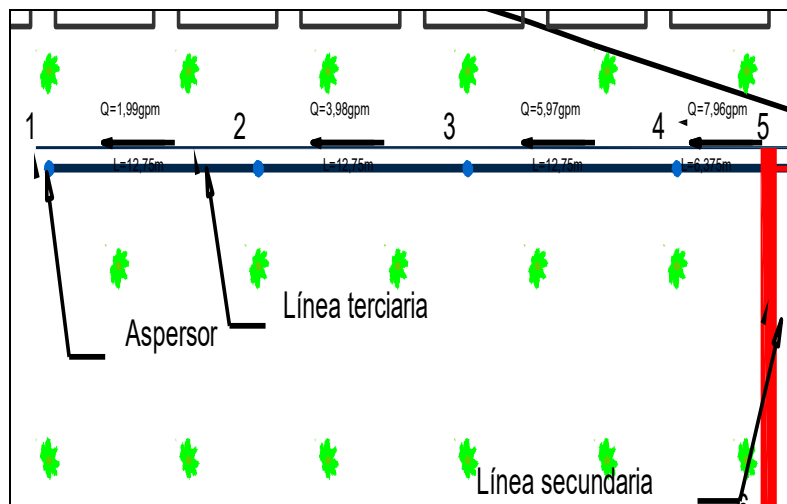
Esto da a entender que el diámetro interior de la tubería terciaria no debe ser menor a 20.30mm ~~para que la velocidad media no pase de 1,5m/s~~. Revisando los diámetros interiores de las mangueras de PE existentes en el mercado se tiene que la más cercana es la de 25mm con un diámetro interno de 22.20mm.

En la figura 2.67 se muestra el detalle de los caudales, longitudes y cantidad de aspersores de la línea terciaria.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm



Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,33 cm

FIGURA. 2.6: DETALLE DE LA LÍNEA TERCIARIA.

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Para calcular las pérdidas de carga por fricción en las líneas terciarias, primero se procedió a determinar el número de Reynolds, con la finalidad de establecer que ecuaciones o modelos matemáticos se deben utilizar en el cálculo de pérdidas; en este caso el número de Reynolds es menor a 40 000, rango en el que no es aplicable la fórmula de Hazen-Williams, debido a esto se utilizó la ecuación de Darcy-Weisbach.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

que la pérdida de carga en la línea terciaria de diámetro de 25mm es de 2,86 psi Finalmente se observa que la pérdida de carga por fricción total en la línea terciaria es:

$$h_{f \text{ terciaria}} = 2.86 \text{ psi} \leq 7 \text{ psi}$$

En base a este resultado se decidió utilizar manguera de polietileno de 25mm para todas las líneas terciarias.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

2.3.6. Determinación de los diámetros de la línea secundaria.

La línea secundaria distribuye el agua uniformemente en un número establecido de líneas terciarias 14 líneas (bloque tipo 1A).

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Se diseñaron varios diámetros para la línea secundaria, la mayor dimensión al inicio y disminuyendo el diámetro al final (tubería telescópica).

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

En la figura 2.8 se muestra el bloque 1A con la distribución de los caudales, dimensiones y diámetros de tubería secundaria; ~~equilibrando las pérdidas de fricción con la ganancia de presión por diferencia de al~~ para calcular la pérdida en la línea secundaria se procedió igual que para la tubería terciaria, utilizando la fórmula de Darcy-Weisbach^s; el caudal de diseño de la línea secundaria fue 224 gpm (de las 14 líneas terciarias donde cada línea terciaria contiene 8 aspersores):

$$Q_{\text{terciaria}} = 8 \times 1.99 \text{ gpm} = 15.92 \text{ gpm} = 16 \text{ gpm}$$

$$Q_{\text{bloque}} = 16 \text{ gpm} \times 14 = 224 \text{ gpm}$$

$$Q_{\text{bloque}} = 224 \text{ gpm} = 14.13 \text{ lt/sg}$$

$$D = \sqrt{\frac{1237 Q_{\text{bloque}}}{V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{1237 * 14.13 \text{ lt/sg}}{1.5 \text{ m/sg}}}$$

$$D = 107.94 \text{ mm}$$

El valor de este diámetro interno correspondería a una tubería de 125mm (Ver ~~anex~~ Apéndice el), pero si se observa la figura 2.87 se tiene una ganancia de presión de 18m (25.56psi) por disminución de altura, desde la válvula de control hasta el final de la tubería; para contrarrestar esta ganancia se utilizó tubería de menores diámetros aunque se tenga mayores velocidades de flujo, logrando minimizar las pérdidas por fricción con las ganancias de presión disminución de altura.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Color de fuente: Automático

Con formato: Color de fuente: Automático

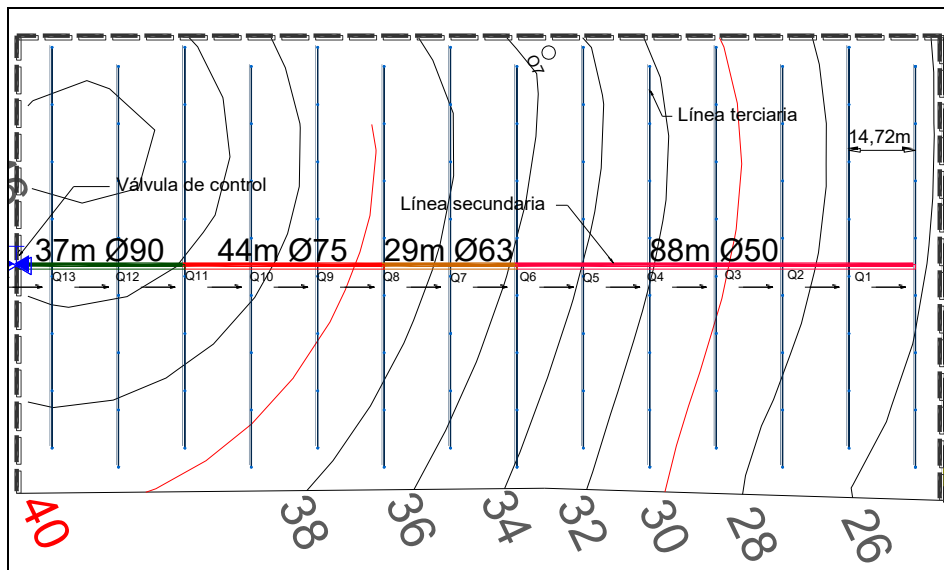


FIGURA 2.7: DETALLE DE LA LÍNEA SECUNDARIA EN EL BLOQUE 1A.

El detalle de las pérdidas de carga en cada uno de los tramos de la tubería secundaria se detalla en la tabla 2-1A-8 y 2-91B.

Revisando las pérdidas se observa que,

$$h_{f_terciaria} + h_{f_secundaria} \pm h_{desnivel} \leq 7PSI$$

$$2.86psi + 29.12psi - 25.59psi \leq 7PSI$$

$$6.39 \leq 7PSI$$

Está dentro de los límites con una pérdida de carga mínima.

Para el cálculo de la secundaria en los demás bloques se

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

procedió de la misma forma, en el Apéndice J se encuentra el detalle de las pérdidas en cada uno de los bloques de riego.

TABLA 21A

87: PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA SECUNDARIA DE 90MM A 63MM DEL BLOQUE 1A.

	Q14	Q13	Q12	Q11	Q10	Q9	Q8	Q7
Caudal (gpm)	224	208	192	176	160	144	128	112
Diámetro Nominal (mm)	90	90	90	75	75	75	63	63
Diámetro Interno (mm)	85.6	85.6	85.6	71.2	71.2	71.2	60	60
Longitud (m)	7.36	14.72	14.72	14.72	14.72	14.72	14.72	14.72
Le (m)	5.0	5.0	5.0	5.4	4.1	4.1	4.45	3.5
Velocidad (m/sg)	2.45	2.28	2.10	2.79	2.53	2.28	2.86	2.50
Número de Reynolds	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵	1.7x10 ⁵	1.7x10 ⁵	1.1x10 ⁵	1.1x10 ⁵
Pérdida de carga (psi)	0.70	1.39	1.20	2.54	2.00	1.65	3.09	2.30

TABLA 21B

89: PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA SECUNDARIA DE 50MM DEL BLOQUE 1A.

	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1
Caudal (gpm)	96	80	64	48	32	16
Diámetro Nominal (mm)	50	50	50	50	50	50

Diámetro Interno (mm)	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	
Longitud (m)	14.72	14.72	14.72	14.72	14.72	14.72	
Le (m)	3.30	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	
Velocidad (m/sg)	3.43	2.86	2.29	1.72	1.14	0.57	
Número de Reynolds	1.1×10^5	1.1×10^5	1.1×10^5	8.3×10^4	5.5×10^4	2.76×10^4	
Pérdidas de carga (psi)	5.37	3.70	2.46	1.48	0.73	0.22	TOTAL 29.12

Con formato: Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

Con formato: Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

Con formato: Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

Con formato: Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

Con formato: Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

2.3.7. Determinación de los diámetros de la línea principal.

~~En la línea principal la velocidad media del flujo debe estar comprendida entre 0.6m/sg y 2.25m/sg. Velocidades de flujo menores a 0.6m/sg equivaldría tubería de diámetros muy grandes y por consiguiente muy caras, por el contrario, velocidades mayores a 2.25 m/sg equivaldría a diámetros de tubería muy pequeños y por lo consiguiente pérdidas de carga altas que afectarían directamente al costo del equipo de bombeo y los peligros por presiones muy altas.~~

~~Para la tubería principal se determinó ar los diámetros de la tubería principal tenemos que calcular primeramente el caudal que se necesita para cada sector de riego pasará por la tubería. Este caudal se lo obtuvo lo El caudal que pasa por la tubería principal lo determinamos en base de la suma de los caudales~~

Con formato: Justificado, Sangría: Primera línea: 1,25 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

de a los bloques de riego que corresponden a un mismo sector de riego. En la tabla 22 se observa el caudal cada sector.

TABLA 22

9: DETALLE DE LOS SECTORES DE RIEGO

SECTOR A			SECTOR B			SECTOR C			SECTOR D			SECTOR E			SECTOR F		
Bloque	Nº Aspersores	Caudal (gpm)	Bloque	Nº Aspersores	Caudal (gpm)	Bloque	Nº Aspersores	Caudal (gpm)	Bloque	Nº Aspersores	Caudal (gpm)	Bloque	Nº Aspersores	Caudal (gpm)	Bloque	Nº Aspersores	Caudal (gpm)
1	112	224	3	96	192	9	56	112	14	48	96	19	96	192	22	56	112
2	56	112	4	56	112	12	56	112	17	112	224	24	108	216	23	48	96
5	112	224	7	56	112	11	112	224	18	112	224	28	48	96	25	108	216
6	112	224	8	96	192	13	48	96	20	112	224	29	104	208	26	56	112
			10	112	224	15	56	112	21	56	112	30	75	150	27	94	188
						16	112	224							31	88	176
Total	392	784	Total	416	832	Total	440	880	Total	440	880	Total	431	862	Total	450	900

Debido a que los sectores de riego están basados principalmente por el tipo de suelo y esto involucra abrir varias válvulas en un mismo tramo de tubería, se decidió utilizar un circuito cerrado para distribuir de mejor forma el caudales diferentes sectores de riego y disminuir el diámetro de tubería de tubería a que el terreno tiene diferencias de alturas de hasta

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Centrado

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Justificado

Tabla con formato

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: 8 pto, Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: 8 pto, Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: 8 pto, Sin Negrita

Con formato: Justificado

Con formato: Fuente: 8 pto, Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: 8 pto, Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: 8 pto, Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

24m se consideró realizar un circuito cerrado para disminuir las pérdidas por fricción en los puntos más alejados de la fuente de agua y en los puntos más altos del terreno.

En cada sector se enumeró los diferentes nudos, longitudes, caudal requerido de cada válvula y cotas. Se asignó el sentido del flujo y el caudal del sector se lo distribuyó arbitrariamente en cada ramal de tubería asegurándose que para cada válvula llegue el caudal requerido, los caudales negativos se eligieron en sentido contrario a las manecillas del reloj dentro del circuito cerrado; se eligió tubería de diámetro comercial, y el caudal que fluye por cada tramo debía estar dentro de los límites de velocidad máximos y mínimos.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Las pérdidas de carga por fricción en cada tramo se cálculo con la fórmula de Darcy-Weisbach, y utilizando el
Como en un circuito cerrado la suma de las pérdidas de carga es igual a cero, utilizamos este principio y el método de
de Hardy Cross. Se realizó las correcciones en el caudal, reiniciando nuevamente los cálculos hasta que la suma de pérdidas totales dentro del circuito cerrado sea aproximadamente cero.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con los caudales definitivos se obtuvo los valores de velocidades, pérdidas por fricción totales para cada sector de acuerdo a los diámetros seleccionados para cada tramo de tubería. En el Apéndice K se muestran los resultados obtenidos para cada sector y el gráfico del circuito correspondiente a cada sector.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

En el plano 4 se puede observa el diseño de riego con las tuberías terciarias, secundarias y principales.

Se observó que el sector E tiene la mayor pérdida de presión (28,03 m) y es por lo tanto el sector crítico del sistema.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

~~para determinar los caudales que pasan por la tubería principal y las presiones que se requiere en cada válvula.~~

2.3.8. Determinación de las dimensiones de las válvulas de control del bloque.

Con formato: Justificado, Esquema numerado + Nivel: 3 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 8 + Alineación: Izquierda + Alineación: 1,25 cm + Tabulación después de: 2,52 cm + Sangría: 2,52 cm

La dimensión de las válvulas de bloque se determina con el caudal entrante de cada bloque.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Para bloques de 1Ha tenemos un caudal ~~máximo~~~~promedio~~ de 1128,46 gpm (25,4426,83m³/hr), y para bloques de 2Ha un caudal de 22436,32 gpm (53,6750,87m³/hr).

Con formato: Superíndice

Con formato: Superíndice

En el Anexo L, se observat~~enemos~~ el gráfico correspondiente a las pérdidas de carga vs el caudal de entrada. En función del caudal, se decidió utilizar válvulas hidráulicas de 2" para los bloques de 1Ha y válvulas hidráulicas de 3" para los bloques de 2Ha. Con el kv proporcionado por el fabricante se procedió a calcular las pérdidas de carga por fricción en válvulas utilizando esta ecuación.

Con formato: Color de fuente: Automático

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Para válvula de 2", el Kv= 70, con un caudal de 25,446,38m³/hr se tiene:

Con formato: Superíndice

$$\Delta P = Q^2 / Kv^2$$

Con formato: Centrado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

$$\Delta P = 25,446,38^2 / 70^2$$

Con formato: Superíndice

$$\Delta P = 0,13247 \text{ bares (1,3247mca)}$$

Con formato: Superíndice

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Para válvula de 3", el Kv= 170, con un caudal de 50,873,67m³/hr se calcula:

Con formato: Superíndice

$$\Delta P = Q^2 / Kv^2$$

Con formato: Centrado

$$\Delta P = 50,873,67^2 / 170^2$$

$$\Delta P = 0,40895 \text{ bares } (0,904,0 \text{ mca})$$

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

~~Estos valores de pérdidas están dentro de los rangos permisibles y por lo tanto se decidió utilizar válvulas hidráulicas de 2" para los bloques de 1ha y válvulas hidráulicas de 3" para los bloques de 2ha.~~

2.3.9. Determinación y ubicación de las válvulas de aire.

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

En el momento que la tubería comience a llenarse de agua, el aire que se encuentra dentro comenzará a comprimirse produciendo presiones excesivas, por el contrario cuando la tubería se vacíe por efecto de parada del sistema o cualquier otra causa se inducirá un vacío en la tubería, las presiones negativas que se tendrán podrían hacer colapsar la tubería y provocar aplastamiento. También se observa aire en el agua que circula a presión.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Para solucionar estos problemas ~~se deb~~ instalaron válvulas de aire que fueron dimensionadas de acuerdo al caudal que circula por la tubería.

En el plano se observa que en la tubería circula un caudal máximo de $200\text{m}^3/\text{hr}$ (900 gpm), que será el volumen de aire por minuto que se deberá desalojar, revisando el catálogo de las válvulas de aire (Ver Anexo M) se tiene que con ese caudal se debe utilizar una válvula de 2" obteniéndose una diferencia de presión de 0.1 bar.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Superíndice

Con formato: Fuente: Sin Negrita, Color de fuente: Automático

-La ubicación de las válvulas de aire se las realizará en puntos altos, en variaciones de pendiente, a la salida de la impulsión y en tramos largos de tubería con pendiente uniforme (800 – 1000m). En el plano 4 se puede observar la ubicación de las válvulas de aire.

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Color de fuente: Automático

2.4. Cálculo y Selección de la Estación de Bombeo.

2.4.1. Cálculo de las pérdidas por fricción totales.

Las pérdidas de fricción totales será la suma de todas las pérdidas de carga que se produzcan en el sistema de riego, siempre considerando los sectores más críticos. Como en secciones anteriores se determinó que el sector E era el más crítico, el cálculo de las pérdidas totales se realizó en la válvula

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

19E, que es la más alejada de la fuente de agua y que tiene la mayor cota obteniéndose los siguientes resultados:

~~A continuación se detalla cada una de las pérdidas de carga que existen en el sistema (Ver Tabla 2.11):~~

~~TABLA~~ Tabla 23

~~7. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN TOTALES.~~

	SECTOR E (psi)
Pérdida de carga en terciaria (considerando desniveles y accesorios)	2.86 3.52
Pérdida de carga en secundaria (considerando desniveles y accesorios)	3.57 3.52
Pérdida de carga en válvula de control 19E	1.28
Pérdida de carga en principal (considerando desniveles y accesorios) de sector crítico E	39.80 2.85
Pérdida de fricción en válvula de control	2.02
Pérdida por fricción en succión	2
Pérdida por fricción en descarga	2
Pérdida de carga en tubería, accesorios y válvulas de de succión	0.99 60
TOTAL (psi)	48.50151.4991

La pérdida de carga en tubería y accesorios de succión se la calculó en base a la longitud de la tubería que es 18.67m más una longitud equivalente por accesorios y válvulas:

Válvula de retención= 94m

Codo de 45°=3.3m

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Centrado

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado

Tabla con formato

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Centrado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Centrado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Centrado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Centrado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Centrado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Centrado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Centrado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Centrado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Reducción=4.8m

En total se tiene una longitud de 120.77m. Con esta longitud se calcula la pérdida por fricción en un tubo de hierro de 10 pulgadas por donde pasa un caudal máximo de 900 gpm con la fórmula de Hazen-William, se obtiene que la pérdida de carga es 0.760m (0.99 psi).

2.4.2. Requerimiento de Caudal y Presión.

Tabla 24

REQUERIMIENTO DE CAUDAL Y PRESIÓN DEL SISTEMA.

<u>Altura de aspiración Hs (psi)</u>	1.12
<u>Altura manométrica Hd + Hf</u> (Presión de trabajo del aspersor + pérdidas por fricción totales + desnivel)	35 + 48.50 + 11.49 + 24 = 83.50
<u>Presión de trabajo del aspersor</u>	24.65
<u>Pérdidas por fricción en tubería, válvulas y accesorios</u>	15.91
<u>Nivel dinámico del agua</u>	2
<u>Altura cinética Hv</u>	0
<u>Desnivel</u>	24
<u>ALTURA MANOMÉTRICA TDH (psi)</u>	84.62 (195.46 pies)
<u>CAUDAL MÁXIMO (gpm)</u>	900 (204.55 m ³ /hr)

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado, Esquema numerado + Nivel: 3 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 2 + Alineación: Izquierda + Alineación: 1,25 cm + Tabulación después de: 2,6 cm + Sangría: 2,6 cm

Con formato: Centrado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Justificado, Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Superíndice

Con formato: Justificado

2.4.3. Cálculo de la Potencia de la Bomba.

Para calcular la potencia de la bomba se utiliza la siguiente fórmulaecuación E1-13, con una eficiencia del 65% para bombas centrífugas::

$$N = \frac{Q \times H}{3960 \times E_p}$$

$$N = \frac{900 \text{ gpm} \times 195.46 \text{ pie}}{3960 \times 0.70}$$

$$N = 63.46 \text{ hp}$$

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, Disminuido 15 pto

Con formato: Centrado

2.4.4. 2.4.4. Cálculo del NPSH disponible.

Para calcular el NPSH disponible se utilizó la ecuaciónfórmula FE 1-124

$$NPSHA = (H_o - H_v) - H_s - H_f$$

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Español (España, internacional)

El término (H_o-H_v) se lo determina de la Tabla 64-8, donde para una altitud de 34m sobre el nivel del mar y con una temperatura del agua de 20°C se tiene que:

$$(H_o - H_v) = 10.10 \text{ m}$$

$$H_s = 0.79 \text{ m}$$

$$H_f = 0.7060 \text{ m}$$

Con formato: Español (España, internacional)

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Justificado

Entonces se obtiene que:

$$NPSHA = (10,1) - 0,79 - 0,76$$

$$NPSHA = 8,671 \text{ m}$$

2.4.5.

2.4.5. Selección de la bomba.

La selección de la bomba se la realiza en base al caudal y el TDH requerido, de las bombas centrífugas que existen en el mercado se seleccionó la bomba IHM modelo 10x40 con una succión de 5" y una descarga de 4". En el Apéndice N se muestra las curvas características de la bomba a 1750RPM.

De acuerdo a los requerimientos que se tienen ($Q=900$ gpm y un $TDH=84.62$ psi) se observa que no se tiene una curva determinada para los valores de caudal y TDH requerido, por lo que se usaron las leyes de semejanza de la bomba para determinar la velocidad del rotor y las características con estas revoluciones:

Para una velocidad de giro (n_2) de 1750 RPM y un diámetro de rotor de 375mm

Con formato: Español (España, internacional)

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Español (España, internacional)

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Con viñetas + Nivel: 7 + Alineación: 0 cm + Tabulación después de: 0 cm + Sangría: 0 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Color de fuente: Automático

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Fuente: Cursiva

$$n_1 = n_2 \frac{Q_1}{Q_2}$$

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

$$n_1 = 1750 \frac{204,55}{200}$$

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

$$n_1 = 1789,81 \text{ RPM}$$

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

$$H_1 = H_2 \left[\frac{n_1}{n_2} \right]^2$$

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

$$H_1 = 195 \left[\frac{1789.81}{1750} \right]^2$$

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

$$H_1 = 203.97 \text{ pies}$$

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

$$N_1 = N_2 \left[\frac{n_1}{n_2} \right]^3$$

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

$$N_1 = 60 \text{ hp} \left[\frac{1789.81}{1750} \right]^3$$

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

$$N_1 = 64,2 \text{ hp}$$

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Otro factor a considerar es la altura neta positiva disponible (NPSHA) que debe ser mayor o igual a la requerida por la bomba (NPSHR). De la curva técnica de la bomba se tiene que

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

para un caudal de 862gpm y un diámetro de rotor de 425mm se
obtiene una altura requerida de 3m.

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

$$NPSHA \geq NPSHR$$

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Centrado

$$8.61m \geq 3m$$

Con formato: Fuente: 12 pto

Se puede observar que cumple esta condición, por lo tanto, se
selecciona esta bomba como la más adecuada para el sistema
de riego.

Con formato: Justificado, Sangría:
Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

2.4.6. Selección de la Potencia del Motor.

Para calcular los requerimientos del motor se consideran los
siguientes factores:

Con formato: Justificado, Esquema
numerado + Nivel: 3 + Estilo de
numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 6
+ Alineación: Izquierda + Alineación:
1,25 cm + Tabulación después de: 2,6
cm + Sangría: 2,6 cm

Con formato: Justificado, Sangría:
Izquierda: 2,5 cm

1. Pérdida de potencia por transmisión:

$$N = 64.20 \text{ hp} / 0.90$$

Con formato: Fuente: Negrita

Con formato: Justificado, Sangría:
Izquierda: 2,5 cm

$$N = 71.33 \text{ hp}$$

Con formato: Fuente: Negrita

Con formato: Centrado

2. Aumento por temperatura

Con formato: Fuente: Negrita

N de la polea a 150m, 25 °C 71.33 hp

Con formato: Justificado, Sangría:
Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Centrado

Aumento por temperatura 2.5% 1.78 hp

N del motor 73.11 hp

3. Aumento por cargas de accesorios

N del motor 73.11 hp

Accesorios (10%) 7.31 hp

N del motor 80.42 hp

4. Factor de servicio

N del motor 80.42 hp

Factor de servicio (10%) 8.04 hp

N del motor 88.46 hp

Finalmente se puede observar que el requerimiento del motor es de 90hp.

Con formato: Fuente: Negrita

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Centrado

Con formato: Fuente: Negrita

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Centrado

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

2.4.7. Selección del Motor.

El motor a elegir debe cumplir con el requisito de entregar una potencia mínima de 90 hp. pero como en el futuro se va a aumentar unas 25 hectáreas de riego se decidió elegir un motor de mayor potencia que cubra futuras necesidades.

Las características del motor elegido son las siguientes:

Motor de combustión interna

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 2,5 cm

Marca: Cummins

Serie: 6B

Modelo: S0120832

Tipo: 4 ciclos, en línea, 6 cilindros

Torque máximo: 410 LB-FT a 1500 RPM

Potencia máxima: 152 HP a 2400 RPM

Capacidad: 5,88 litros

En el Apéndice O se muestra las curvas características del motor seleccionado.

CAPÍTULO 3

3. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.

El proyecto se ejecutó en el terreno de acuerdo al cronograma de trabajo (Ver Apéndice P) y a las especificaciones descritas en el diseño.

3.1. Normas de transporte, almacenamiento e instalación.

En el Ecuador no existen normativas que definan las instrucciones a tener en cuenta para el transporte, manipulación, descarga e instalación de la tubería.

En el presente documento se recoge algunas recomendaciones que dan los fabricantes de la tubería:

Transporte

1. La tubería se puede transportar en camiones que tengan una longitud de 6m de largo, con una plataforma lisa y libre de partes sobresalientes que puedan dañarla.

2. Las tuberías de mayor diámetro se deben colocar en la parte inferior, colocando tubería de menores diámetros dentro de las tuberías de mayor diámetro.
3. Los tubos deben colocarse alternando las campanas y las espigas para mayor comodidad, acople y estabilidad.
4. Debe dejarse un espacio entre la cubierta y los tubos para que pueda circular aire y así evitar deformaciones en la tubería.
5. En el momento de la llegada de los camiones a la obra, la tubería debe revisarse para detectar cualquier daño o defecto que haya sufrido durante el transporte, la tubería defectuosa debe ser separada del resto.
6. El descargue de la tubería se debe realizar sin tirar la tubería al suelo, evitando golpes o pesos excesivos, se recomienda que dos personas se encarguen de la descarga de la tubería.

Almacenamiento

1. La tubería debe ser apilada en un lugar plano libre de cargas puntuales.

2. Para la colocación de la tubería se tienen varias opciones: camas paralelas, pila piramidal, pila rectangular cruzada, almacenamiento a la intemperie. (Ver Apéndice Q).

Instalación

1. Las campanas de la tubería deben ser colocadas en sentido contrario al del flujo del agua.
2. Revisar la tubería antes del acople para asegurar que no se tenga objetos que puedan llegar a obstruir el paso del agua.
3. Se debe utilizar el pegamento adecuado para tubería de pvc.
4. En clima cálido colocar la tubería en la zanja y cubrirla con un poco de tierra a primera hora en la mañana o las últimas horas en la tarde.

3.2 Desbroce y limpieza del terreno.

Como el terreno presentaba malezas herbáceas anuales, se procedió al desbroce, limpieza e incorporación al suelo con un romplow acoplado a un tractor de ruedas.



FIGURA 3.1: DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO.

3.3. Replanteo del diseño de riego.

Una vez realizada la limpieza del terreno, se efectuó el replanteo de las líneas principales, secundarias y terciarias de acuerdo a lo especificado en el plano.

Para este trabajo se utilizaron aparatos de precisión como son el teodolito y cinta métrica, además de otros equipos de apoyo (GPS y radios).



FIGURA 3.2: EQUIPO PARA REPLANTEO EN EL TERRENO.

Para señalar las líneas terciarias se partió de una línea secundaria y del límite del terreno con la hacienda vecina. A partir de estas líneas, comenzó el trabajo de balizada de las 27 líneas terciarias a lo largo de la hacienda, con distanciamientos de 25m entre cada estaca de una misma línea.



FIGURA 3.3: REPLANTEO DE LA LÍNEA TERCIARIA.

Las líneas principal y secundaria se replantearon con balizas pintadas de diferente color de la terciaria para evitar confusiones a los operarios de las máquinas.

3.4. Excavación de zanjas.

Las zanjas deben ser lo suficientemente anchas para facilitar el trabajo de los instaladores al momento de unir la tubería, se

recomienda un ancho mínimo de 30cm más el diámetro exterior de la tubería (1).

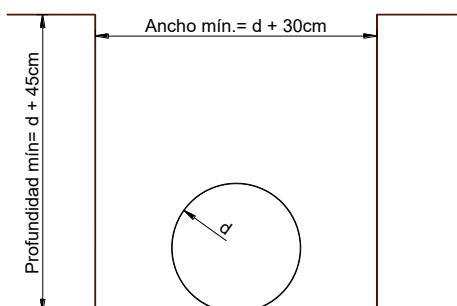


FIGURA 3.4: DIMENSIONES RECOMENDADAS DE LAS ZANJAS.

La profundidad de instalación debe proteger a la tubería de la carga que se produzca por el transporte de maquinaria y labores de cultivo. En la tabla se puede observar las dimensiones recomendadas para zanjaz:

TABLA 25

PROFUNDIDAD Y ANCHO DE ZANJA RECOMENDADOS (1)

CARACTERÍSTICA	CONDICIÓN	DIMENSIÓN (m)
PROFUNDIDAD (m)	MÁXIMA*	$d + 1,20$
	MÍNIMA URBANO	$d + 0,60$
	MÍNIMA RURAL	$d + 0,45$
ANCHO (m)	MÁXIMO	$d + 0,50$
	MÍNIMO	$d + 0,30$

3.4.1. Excavación de zanja terciaria.

La zanja terciaria se la realizó con un rooter acoplado a un tractor tipo Bulldozer. Se utilizó un obrero que guíe al operario de la maquinaria para que vaya realizando las zanjas de acuerdo a la balizada en el terreno.



FIGURA 3.5: EXCAVACIÓN DE LA LÍNEA TERCIARIA.

El apero (uña) acoplado al tractor rompía el terreno a una profundidad de 40cm, haciendo un total de 27 zanjas terciarias en toda la hacienda con un distanciamiento de 14.72m entre zanja.



FIGURA 3.6: LÍNEAS TERCIARIAS CON DISTANCIAMIENTO DE 14,72M.

3.4.2. Excavación de zanja secundaria.

De acuerdo al diseño, la tubería secundaria consta de los siguientes diámetros: 90mm, 75mm, 63mm y 50mm. Según estas medidas y con las especificaciones dadas anteriormente se tiene las dimensiones mínimas de las zanjas.

TABLA 26

DIMENSIONES DE ZANJAS DE TUBERÍA SECUNDARIA.

Diámetro de tubería (mm)	Profundidad mínima (cm)	Ancho mínimo (cm)
90	54	39
75	52.5	37.5
63	51.3	36.3
50	50	35

Como se puede apreciar en la tabla 27, se tiene varias medidas de zanjas que resultan muy difíciles de ejecutar en el terreno por lo minucioso que implicaría el trabajo, razón por la cual se escogió una dimensión estándar para todos los diámetros de la tubería secundaria:

Profundidad=60cm

Ancho=40cm

Una vez decidida las dimensiones de las zanjas secundarias, se procedió a realizar la excavación de las zanjas empleando una

retroexcavadora con una cuchara de 40cm de ancho, el material excavado fue colocado lateralmente a lo largo de la zanja para ser utilizado en el posterior relleno.



FIGURA 3.7: EXCAVACIÓN DE ZANJA SECUNDARIA.

3.4.3. Excavación de zanja principal.

En lo que respecta a la línea principal se tiene que las dimensiones de las zanjas de acuerdo a los diámetros de las tuberías deberán ser:

TABLA 27

DIMENSIONES DE ZANJAS PARA TUBERÍA PRINCIPAL.

Diámetro de tubería (mm)	Profundidad mínima (cm)	Ancho mínimo (cm)
110	56	41
160	61	46
200	65	50
250	70	55

Según la tabla se decidió utilizar las siguientes dimensiones en zanja principal:

Profundidad= 80cm

Ancho= 55cm

Pudiendo en la tubería de 110mm tener dimensiones iguales a la de zanjas secundarias.



FIGURA 3.8: ZANJA PARA TUBERÍA PRINCIPAL

3.5. Instalación de las tuberías y mangueras

Instalación de línea terciaria.

Para la instalación de la línea terciaria correspondiente a la manguera de 25mm., se acopló un instrumento a los tres puntos del tractor que insertaba la manguera en la zanja terciaria a medida que avanzaba el tractor.

El operario avanzaba con el tractor, enterrando el insertador de la manguera a una profundidad de 40cm., mientras que un ayudante colocaba dentro del tubo del instrumento la manguera quedando así enterrada en la zanja terciaria.



FIGURA 3.9: INSTALACION DE LA LÍNEA TERCIARIA.

Instalación de línea secundaria.

Para la instalación de la línea secundaria se necesitó tubería de 90mm a 50mm de 0.63MPa; la unión de tuberías y accesorios se hizo con unión cementada, en el Apéndice R se muestra los pasos y precauciones que se deben seguir para realizar la unión.

Para poder efectuar el acople de la línea terciaria a la secundaria se instaló tees reductoras de 90mm., 75mm., 63mm. o 50mm. (según lo especificado en el diseño) a 32mm., al final de la secundaria se dejó tubería que aflore a la superficie con la finalidad de realizar lavados de mantenimiento (Ver Figura 3.10).

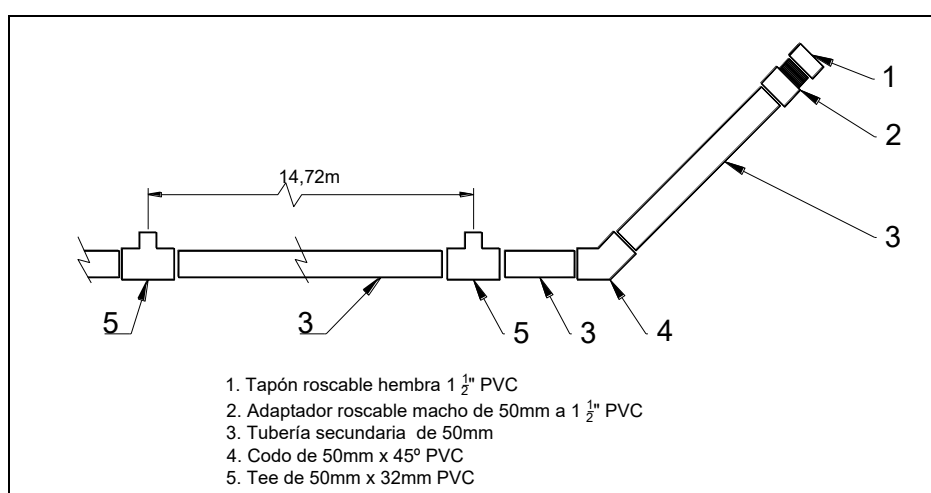


FIGURA 3.10: DETALLE DE INSTALACIÓN DE TUBERÍA SECUNDARIA.

Con tees de 32mm. PVC, bujes reductores de 32mm. a 25mm. y adaptadores PVC a Flex de 25mm. que fueron instalados en la línea terciaria se conectó a las tees reductoras instaladas en la secundaria por medio de neplos de 32mm (Ver Figura 3.11).

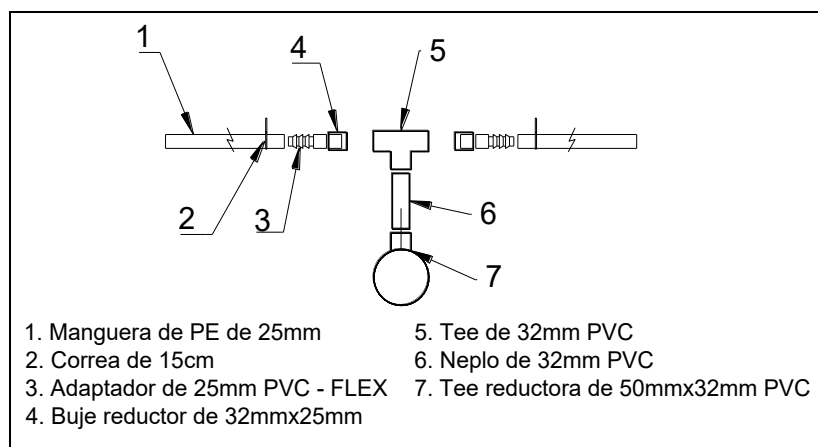


FIGURA 3.11: DETALLE DE ACOPLE DE TUBERÍA SECUNDARIA A Terciaria.

La instalación de la tubería secundaria, conexiones a la línea terciaria y lavados se los puede apreciar en la figura 3.12.



FIGURA 3.12: ACOPLE DE TUBERÍA SECUNDARIA A Terciaria.

Instalación de línea principal.

La tubería principal, es la que conduce el agua desde la bomba hasta las válvulas de control de cada bloque, se utilizó tubería PVC de 0.63MPa con diámetros que van desde 250mm. hasta 110mm., y el tipo de unión Z (sello de hule). En el Apéndice S se encuentra un detalle de cómo debe instalarse la tubería con este tipo de unión.

La instalación de la tubería se la realizó preferentemente a primeras horas de la mañana, para asegurarse que la tubería no se encuentre con dilatación por efecto de la temperatura ambiente. Luego se rellenaba un poco la zanja para protegerla de la radiación solar.

En cada tramo donde fuera ubicada una válvula de control de bloque o una válvula de aire, se colocó un collarín en la tubería principal con tubería sobresaliente del terreno (Ver Figura 3.13).



FIGURA 3.13: INSTALACIÓN DE COLLARIN.

Se instalaron adicionalmente 2 lavados para la tubería principal de la misma forma que se hizo para cada tubería secundaria.

Instalación de manguera comando.

La manguera comando es de polietileno de 8mm de diámetro y fue instalada en la misma zanja de la línea principal.

Cada válvula de control que corresponda a un mismo sector de riego debe estar conectada con una misma línea de manguera comando y se la identificó con cinta aislante de diferente color (según el sector de riego), además se instaló una línea auxiliar de comando en todas las válvulas para eventuales cambios en la forma de riego.

En el plano 5 puede verse la distribución de la manguera comando en toda la hacienda.

3.6. Instalación de diversas válvulas, accesorios y anclajes.

Instalación de válvulas de control

Las válvulas de control hidráulica fueron conectadas mediante adaptadores, codos y tees de acuerdo a la siguiente figura:

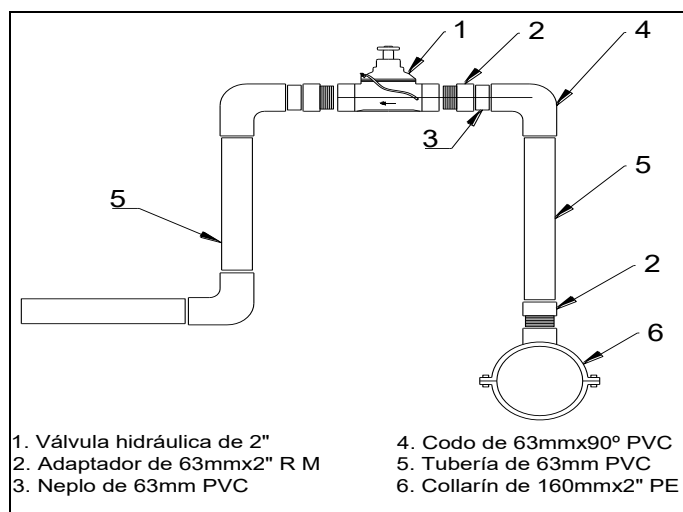


FIGURA 3.14: DETALLE DE INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE CONTROL.

Se cuidó de que cada válvula fuera instalada con el sentido de flujo correcto, siempre haciendo las reducciones de diámetro para conectarse a la secundaria después de la válvula



FIGURA 3.15: INSTALACIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL.

Instalación de válvulas de aire

Las válvulas de aire tienen conexión rosca hembra de 2", para conectarse a la tubería principal se utilizó collarines, adaptadores de 63x2" y tubería de 63mm (Ver figura 3.16).

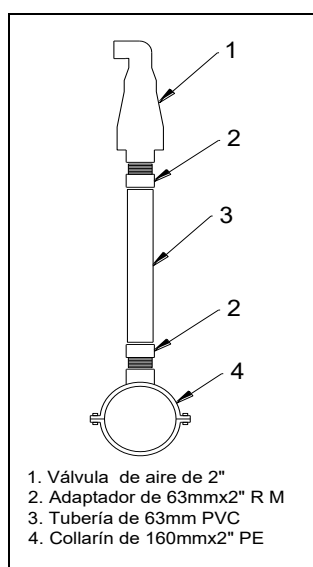


FIGURA 3.16: DETALLE DE INTALACIÓN DE VÁLVULA DE AIRE.

La válvula fue instalada a una altura tal que permita sobresalir de la superficie el codo de entrada y salida de aire.

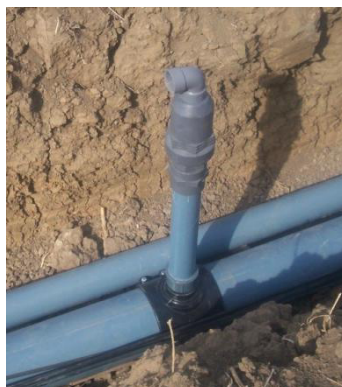


FIGURA 3.17: INSTALACIÓN DE LA VÁLVULA DE AIRE.

Instalación de accesorios.

Los accesorios como reductores, tees y codos son hechos para unión cementado solvente y se siguió el mismo procedimiento para tubería con este tipo de unión, considerando que el accesorio está provisto de campanas a las que se unirá el extremo liso de la tubería.

En accesorios para tubería de 160mm, se necesitó dos personas como mínimo para realizar la unión, y se tuvo especial cuidado que la tubería entre hasta el tope de la conexión.

En el montaje de válvulas y elevadores, se instaló los accesorios que van conectados a estos en bodega donde se tenían todas las herramientas necesarias para hacer el montaje, es decir las válvulas hidráulicas, válvulas de aire y elevadores

ya fueron con sus respectivos accesorios al campo listos para ser conectados.

Para instalar los collarines se utilizó un sacabocados con la medida de 2" y 3", de acuerdo al del collarín.

3.7. Instalación de elevadores.

Para efectuar la instalación de los elevadores se escogió un bloque base (1A). Con la dirección de la línea principal y la línea secundaria del bloque, se comenzó a realizar la triangulación usando cinta métrica, de acuerdo a la distribución que debían cumplir los elevadores (1 elevador para 3 plantas) se determinó que las medidas del triángulo fueran: 12.75m., 15.32m. y 17m.; obteniéndose así un triángulo escaleno que se repetía simétricamente en las siguientes líneas.

Para el arranque de los elevadores se escogió la primera línea terciaria del bloque, ubicando el primer elevador a 10.625m de la tubería secundaria (Ver figura 3.18)

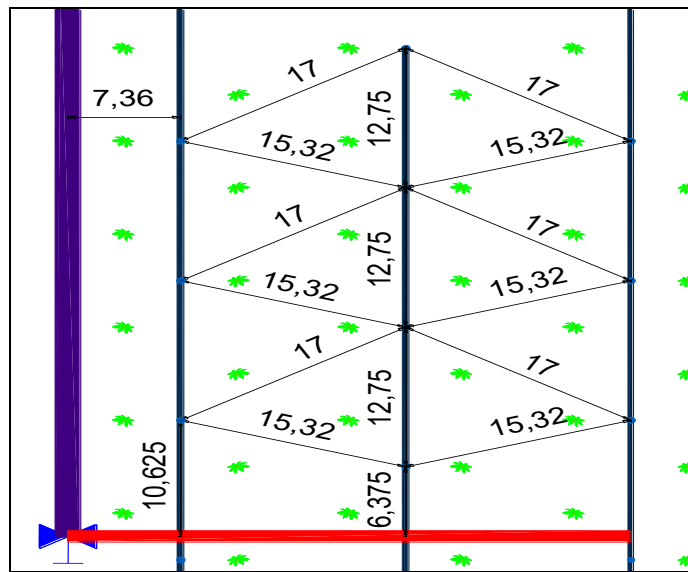


FIGURA 3.18: DETALLE DE LA TRIANGULACIÓN DE ASPERSORES.

El punto donde se ubicó el elevador se marcó con cal para la excavación (Ver Figura 3.19). Luego se conectó los elevadores de PVC a la manguera de PE, donde se utilizó una tee flex de 25mmx25mm PVC (Ver Figura 3.20).



FIGURA 3.19: INSTALACIÓN DE ELEVADORES.

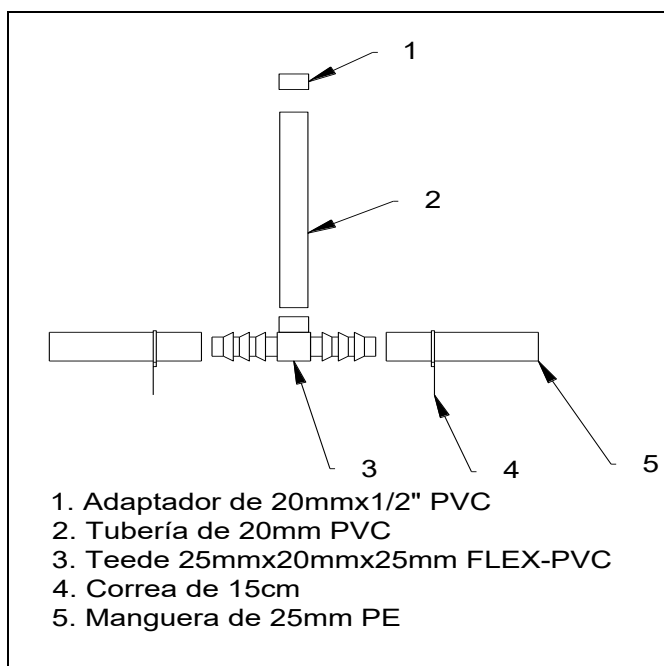


FIGURA 3.20: DETALLE DE INSTALACIÓN DE ELEVADORES.

Con los elevadores ya instalados se efectuó la fundición utilizando moldes hechos con tubería de 160mm de desagüe.



FIGURA 3.21: FUNDICIÓN DE ELEVADORES.

3.8. Instalación de la Estación de bombeo.

La instalación de la Estación de bombeo comprende la entrada de aspiración, caseta con equipo de bombeo, salida de impulsión. Tanto en la succión como en la descarga, se utilizó tubería de Fe de 10" x 6m bridada de "Hierro negro".

Entrada de aspiración

En la entrada de aspiración se utilizó una canastilla con diámetro de 12" y con una altura de 7" acoplada mediante pernos a una válvula cheque que a su vez se acopló a la tubería de 10" con una campana reductora. La altura desde el fondo del canal hasta la canastilla fue de 51cm, quedando una altura desde la canastilla hasta el nivel del agua de 84cm.

Como la tubería de aspiración atravesaba un camino se construyó un muro con terraplén para proteger la tubería y permitir el paso de los vehículos. La distancia entre el canal y la caseta de bombeo fue de 15m. según lo permitido por CEDEGE.

En el plano 6 se muestra el detalle de la instalación de la tubería de aspiración, junto con el muro con terraplén para el paso de los vehículos.



FIGURA 3.22: TUBERÍAS DE SUCCIÓN, CANASTILLA Y VÁLVULA CHEQUE.

Caseta con equipo de bombeo.

Para el equipo de bombeo, se construyó una caseta que proteja al equipo de la lluvia y los rayos solares, asegurando un entorno limpio, seco y ventilado. En el plano 6 se detalla las dimensiones de la caseta, así como también la ubicación del equipo de bombeo.

Al conectar la tubería de succión a la bomba se utilizó un adaptador excéntrico de 10" x 5" con un neplo de 2" con tapón para el llenado, se cuidó que la tubería llegue con 2° de

inclinación hacia la succión de la bomba y se colocó pilares que soporten la tubería de succión.

El modelo de la bomba permite girar la descarga, se decidió girarla 90° para facilidad de instalación de los demás elementos. Para realizar el acople de la descarga de la bomba a la tubería se conectó un reductor concéntrico de 4"x10".

La bomba – motor fueron anclados mediante pernos fundidos a bases de hormigón construidos para soportar el equipo.



FIGURA 3.23: EQUIPO DE BOMBEO.

Salida de impulsión.

A la salida de la bomba, luego del reductor concéntrico se instaló un manómetro de 0-100 psi para realizar controles de

presión, luego del manómetro se instaló una válvula volumétrica de 10" para control y medición del caudal suministrado por la bomba.

Después de la válvula volumétrica se instaló una válvula de aire de 2" con un codo de 45° para conectarse a la tubería de 250mm de pvc instalada previamente. Antes de conectarse a la tubería de PVC se instalaron válvulas compuerta de 10" para abrir y cerrar la tubería de impulsión y regular el bombeo.



FIGURA 3.24: SALIDA DE IMPULSIÓN.

3.9. Lavado, presurización y prueba de presión.

El lavado del sistema se efectuó para asegurarse que cualquier basura que haya entrado a la tubería sea retirada antes de

conectarse a la manguera y evitar la obstrucción de los aspersores.

Para el lavado de la tubería principal se cerraron todas las válvulas de control de bloque, se comenzó a llenar la tubería dejando abiertos los dos desagües, cuando se terminó de lavar la tubería se cerró los desagües con tapones.

Con la tubería principal libre de impurezas y totalmente llena se realizó la prueba de presión, teniendo en cuenta que las válvulas de aire estén instaladas correctamente para evitar compresiones de aire que produzcan daños al sistema. Con una bomba manual se acopló la bomba a la tubería y se aplicó una presión de 0,63Mpa (presión nominal de la tubería) en el punto más bajo, manteniéndose esta presión en un lapso de una hora para comprobar que no existan fugas en el sistema.

Una vez realizada la prueba de presión y comprobando que no existió bajas de presión, se rellenó completamente las zanjas principales y se abrió las válvulas de control de bloque, dejando abierto los lavados para realizar la limpieza de la tubería secundaria.

Finalmente se conectó la línea terciaria a la tubería secundaria para realizar el lavado de la terciaria.

3.10. Instalación de aspersores.

Para realizar la instalación de los aspersores de 3 vías se necesitó un reductor de 25mmx20mm PVC y un adaptador roscable de 20mmx1/2" roscable macho y otro adaptador de 20mmx1/2" roscable hembra.

Con el aspersor ya instalado se orientó las tres boquillas a fin de que cada chorro del aspersor le corresponda una planta.

3.11. Prueba de funcionamiento del sistema de riego.

Terminada la instalación de los aspersores y corrigiendo cualquier fuga o daño que existiera en la línea secundaria y terciaria, se comenzó a probar el sistema abriendo las válvulas que corresponden a cada sector de riego; se realizaron mediciones de presión en cada bloque de riego, colocando un manómetro en el aspersor que se encontraba en condiciones más desfavorables del bloque para comprobar que estaba funcionando con la presión adecuada. En los casos donde no

se cumplía esta presión se regulaba la válvula hasta obtener la presión deseada.

Finalmente se probó el sistema haciendo funcionar el comando hidráulico desde el panel de control en la caseta de bombeo.

CAPÍTULO 4

4. COSTOS DEL SISTEMA DE RIEGO.

4.1. Costos de materiales del sistema de riego.

Los costos de los materiales de riego corresponden a los costos iniciales del proyecto:

TABLA 28

Costos de materiales del Sistema de riego

Costos de tubería de presión	\$35 000.00
Costos de manguera PE	\$15 000.00
Costos de accesorios	\$8 500.00
Costos de válvulas hidráulicas y de aire	\$5 500.00
Costos de Motor Bomba TWINDISC con Bomba IHM 10x40	\$20 000.00
Costos de Materiales de Succión y Descarga	\$5 000.00
Costos de materiales de obras civiles	\$700.00
TOTAL	\$89 700.00
Costo por hectárea	\$1 694.00

4.2. Costos de la instalación.

En lo que respecta a los costos de instalación se tienen los siguientes valores:

TABLA 29**Costos de Instalación del Sistema de riego**

Costos de zanjas terciaria	\$2 850.00
Costos de zanjas secundaria y principal	\$10 000.00
Costos de instalación de manguera, tubería, válvulas, accesorios y aspersores	\$10 000.00
Costos de construcción de muñecos para aspersores	\$4 050.00
Costos de obras civiles en tubería de succión	\$600.00
Costos de obra civil en caseta de bombeo	\$800.00
Costos de instalación de bomba – motor	\$800.00
Costos de instalación de tubería de succión y descarga	\$1 000.00
Costos de dirección técnica	\$5 000.00
TOTAL	\$35 100.00
Costo por hectárea	\$702.00

4.3. Costos de funcionamiento.

Los costos de funcionamiento corresponderán a los costos de:

Costos de consumo de combustible.

Los costos de consumo de combustible se determinaron mediante la curva de consumo de combustible (Apéndice O), para 1600 rpm hay un consumo de combustible de 193 g/Kw-hr.

Usando la ecuación E1-23, el consumo de combustible diario será:

$$C_c = T * P * F / \rho$$

$$C_c = 12hr * 92Kw * 193g / Kw - hr / 0.82g / cm^3$$

$$C_c = 259843.9cm^3$$

$$C_c = 68.65galones$$

Se observa un consumo diario de combustible de 68.65 galones, finalmente se calculó el costo del combustible con la ecuación E1-24:

$$Costo = C_c * Cf$$

$$Costo = 68.65 \text{ galones} * \$1.06 / \text{galón}$$

$$Costo = \$72.77$$

Costos de consumo de agua.

El consumo de agua se calculó en base al caudal por hectárea y el tiempo de riego por sector. Para un caudal de $25.53 \text{ m}^3/\text{hr}$, con 50 ha de riego, dos horas y el precio del agua es \$0.01 el metro cúbico:

$$Costo_{agua} = 25.53 \text{ m}^3 / \text{hr} * 50 \text{ Ha} * 2 \text{ hr} * \$0.01 \text{ m}^3$$

$$Costo_{agua} = \$25,53$$

En la Tabla 30 se muestra los costos de funcionamiento del sistema de riego.

TABLA 30**Costos de funcionamiento del Sistema de riego.**

	Valor diario	Valor mensual	Valor anual
Combustible	\$72.77	\$2,183.10	\$26 197.20
Agua	\$25.53	\$ 765.90	\$ 9 190.80
Personal		\$ 600.00	\$ 6 000.00
TOTAL COSTO DE FUNCIONAMIENTO			\$41 388.00

4.4. Costos de mantenimiento.

Los costos de mantenimiento se calcularon en base al costo del equipo de riego y corresponderán al gasto por mantenimiento del equipo de bombeo, aspersores, válvulas y tubería. Con el valor del costo del equipo de riego (\$89,700.00) se elabora la siguiente tabla:

TABLA 31**Costos de mantenimiento del Sistema de riego.**

		Valor anual
Lubricantes, filtros y sistema de enfriamiento.	3% del costo del equipo	\$2 691.00
Personal	2 obreros	\$6 000.00
Reparaciones	2% del costo del equipo	\$1 794.00
TOTAL COSTOS DE MANTENIMIENTO		\$10 485.00

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. El sector de Cerecita presenta condiciones agroclimáticas ideales de temperatura, humedad relativa y luminosidad para el desarrollo de la Palma Africana.
2. La hacienda presentó tres tipos de suelos claramente identificados en los resultados del análisis de suelo, el área del suelo arcilloso corresponde al 17% de la hacienda se recomienda realizar drenajes para evitar problemas de encharcamiento y erosión por escorrentía superficial.
3. El terreno, presenta pendientes mayores al 25%; se recomienda tener especial cuidado en estos sectores, y realizar labores de conservación de suelos para evitar problemas de erosión.

4. La evapotranspiración máxima del cultivo es en el mes de mayo con un valor de 4.32mm/hr
5. La dosis de riego se calculó para cada tipo de suelo, siendo para arcilloso de 25mm, franco arcilloso 21mm y franco arcilloso arenoso 13.33mm con un intervalo máximo de riego de 5, 4 y 3 días respectivamente.
6. Para cumplir con el requerimientos hídrico del cultivo, se emplearon dos tipos de aspersores uno para la etapa inicial de desarrollo con boquillas dirigidas a la planta y otro de cobertura total para la etapa de desarrollo y producción.
7. La hacienda se la dividió en 6 sectores de riego (enunciado con letras desde la A hasta la F), cada sector posee un área aproximada de 8.33 ha, con 444 aspersores funcionando a la vez.
8. El ancho de los bloques de riego se determinó por las pérdidas permisibles en la línea terciaria y los desniveles existentes, logrando mayor recorrido de línea terciaria en los sectores donde los desniveles provocan ganancia de presión en la línea.

Con formato: Numeración y viñetas

9. Las líneas secundarias se diseñaron con velocidades superiores a 2m/sg para contrarrestar las ganancias de presión producidas por los desniveles.
10. Las válvulas de control de bloque se las ubicó en lugares altos para mejorar el funcionamiento del comando hidráulico.
11. La tubería principal se diseñó y cálculo en circuito cerrado logrando disminuir diámetro de tubería y pérdidas por fricción en el sistema.
12. Las válvulas de aire, se instalaron considerando los cambios del relieve del terreno por donde pasa la tubería
13. Para el cálculo de la presión requerida por el sistema, se utilizó el sector E, a pesar de estar relativamente cerca de la fuente de agua presentó las mayores pérdidas de cargas por diferencia de altura 24m.
- 14.. La bomba centrífuga seleccionada para el sistema de riego suministra 900 gpm y un TDH de 195 pies a 1750RPM.
15. El motor seleccionado fue un motor a diesel con una potencia máxima de 152 hp a 2400 RPM.

16.El costo por hectárea de la implementación del proyecto fue de \$2 396.00 correspondiendo un 71% a materiales (\$1 694.00) y un 29% a instalación (\$702.00).

17.El valor calculado para costos de funcionamiento anual fue de \$41 388.00, incluyendo en estos costos combustible, agua y personal.

APÉNDICES

APÉNDICE A

COEFICIENTE ÚNICO DEL CULTIVO PARA CADA ETAPA DE

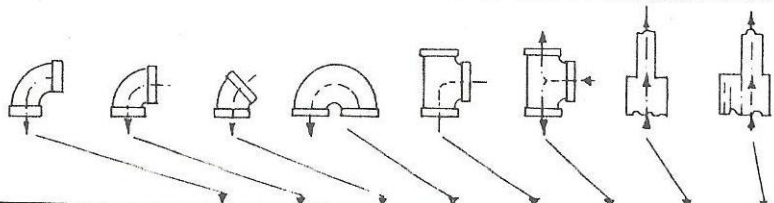
DESARROLLO

Cultivo	Kc inicial	Kc medio	Kc final	Maxima Altura (m)
Caña de azúcar	0.40	1.25	0.75	3
Frutas tropicales y árboles				
Banana	0.50	1.10	1.00	3
Cacao	1.00	1.05	1.05	3
Café	0.90	0.95	0.95	2-3
Palma	0.95	1.00	1.00	8
Piña	0.50	0.30	0.30	0.6-1.2
Caucho	0.95	1.00	1.00	10
Te	0.95	1.00	1.00	1.5

APÉNDICE B

ABACO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN VÁLVULA Y ACCESORIOS (3).

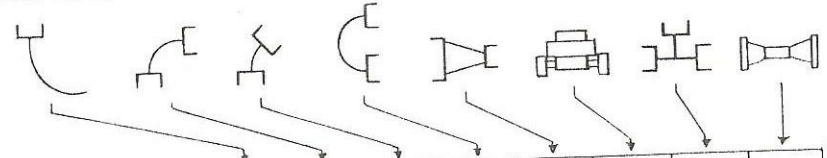
ÁBACO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIO PARA TUBERÍAS DE HIERRO



P A S O N O M I N A L		CURVA 90°	CODO 90°	CODO 45°	DOBLE CURVA	T NORMAL	T NORMAL SAL. LATERAL	REDUCCION	SALIDA ORDINARIA
mm.	pulgados								
15	1/2"	0,30	0,50	0,22	1,10	1,	1	0,16	0,26
20	3/4"	0,42	0,65	0,30	1,50	1,40	1,40	0,23	0,35
25	1"	0,53	0,80	0,45	1,80	1,80	1,60	0,29	0,45
32	1 1/4"	0,70	1,10	0,50	2,50	2,25	2,25	0,40	0,60
40	1 1/2"	0,85	1,25	0,60	3,	2,60	2,60	0,45	0,72
50	2"	1,	1,50	0,80	4,	3,50	3,50	0,60	0,90
65	2 1/2"	1,25	1,80	0,90	4,30	4,	4,	0,65	1,
80	3"	1,50	2,50	1,20	5,50	5,	5,	0,90	1,40
100	4"	2,	3,10	1,50	7,50	6,80	6,80	1,20	1,75
125	5"	2,60	4,	1,95	9,80	8,50	8,50	1,45	2,25
158	6"	3,10	5,	2,30	12,	10,	10,	1,70	2,60
220	8"	4,20	6,25	3	15,	13,	13,	2,25	3,50
300	12"	5,	10,	4,50	21,	20,	20,	3,50	5,
400	16"	8,50	13,	6	30,	25,	25,	4,50	7,
500	20"	10,	16,	7,50	37,	33,	33,	5,50	9,
550	22"	12,	17,	8,50	40,	37,	37,	6,	10,
600	24"	13,	19,	9,50	45,	40,	40,	7,	11,

PERDIDAS EN METROS DE TUBERIAS

ÁBACO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIO PARA TUBERÍAS DE PVC. (6 atm)

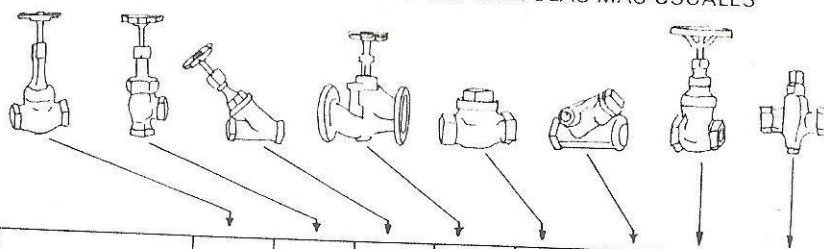


DIAMETRO		CURVA 90°	CODO 90°	CODO 45°	DOBLE CODO	REDUCCION	CONTADOR A TURBINA	T NORMAL	VENTURI
NOMINAL	INTERIOR								
16	13,4	0,15	0,65	0,18	0,40	0,18	1,50	0,80	0,16
20	17,4	0,18	0,81	0,22	0,51	0,23	2,	1,	0,21
25	22,20	0,22	1,	0,28	0,70	0,29	2,40	1,25	0,27
32	29	0,31	1,40	0,40	1,	0,41	3,	1,70	0,36
40	36,4	0,42	1,80	0,50	1,25	0,51	4,	2,10	0,45
50	46,4	0,53	2,30	0,60	1,70	0,70	5,	2,60	0,59
63	59,40	0,78	2,90	0,81	2,20	0,95	7,	3,50	0,80
75	70,6	0,90	3,50	1,	2,80	1,30	8,10	4,10	0,91
90	84,6	1,10	4,10	1,20	3,20	1,48	10,	5,	1,10
110	103,6	1,45	5,20	1,50	4,10	1,65	12,5	6,20	1,43
125	117,6	1,70	6,	1,70	5,	2,10	15,	7,50	1,50
140	131,8	2,	7,	1,95	5,70	2,48	16,	8,70	1,75
160	150,6	2,50	8,	2,30	7,	2,80	18,	10,	2,
200	188,2	2,85	10,	2,65	9,	3,60	12,	12,5	2,5
250	235,4	3,60	13	3,30	12,	4,80	29	15,	3,
315	296,6	4,90	16	4,20	15,	6,	37,	19,	4,

PERDIDA EN METROS DE TUBERIA

ABACO calculado sobre el diametro interior del tubo de 6 atm.

ÁBACO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN VÁLVULAS MÁS USUALES



PASO NOMINAL		VALVULAS DE GLOBO	VALVULAS ANGULARES	VALVULAS EN Y	VALVULAS DE PASO ONDULADO	VALVULAS DE RETENCION OBTURADOR ASCENDENTE	VALVULAS DE RETENCION A CLAPETA	VALVULAS DE COMPUERTA	GRIFOS
m.m.	pulgadas								
8	1/4"	3	1,5	0,7	1,4	3,8	1,0	0,07	0,1
10	3/8"	4	2	0,3	1,7	4,7	1,2	0,1	0,1
15	1/2"	6	3	0,4	2,5	7,0	1,8	0,1	0,2
20	3/4"	8	4	0,6	3,4	9,4	2,4	0,2	0,2
25	1"	10	5	0,7	4,2	11,7	3,0	0,2	0,3
32	1 1/4"	13	6,5	1,0	5,5	15,0	3,8	0,3	0,4
40	1 1/2"	16	8	1,2	6,8	18,8	4,8	0,4	0,5
50	2"	20	10	1,5	8,5	23,5	6,0	0,5	0,8
65	2 1/2"	26	13	1,9	11,0	30,5	7,8	0,6	0,8
80	3"	32	16	2,4	13,6	37,6	9,6	0,7	1,0
100	4"	40	20	3,0	17,0	47,0	12,0	0,90	1,2
125	5"	50	25	3,7	21,2	58,7	15,0	1,1	1,5
150	6"	60	30	4,5	25,5	70,5	18,0	1,3	1,8
200	8"	80	40	6,0	34,0	94,0	24,0	1,8	2,4
300	12"	120	60	9,0	51,0	141,0	36,0	2,7	3,6
400	16"	160	80	12,0	64,0	188,0	48,0	3,6	4,8
500	20"	200	100	15,0	81,0	235,0	60 ,	4,5	6,0

PÉRDIDAS EN METROS DE TUBERIAS

APÉNDICE C: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

UM	Arena	Limo	Arcilla	Clase	DA	pH	CE 1:1	MO	N	CIC	Na	K int.	Ca	Mg	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	Ca/K	Mg/K
	%			-----	gr/cm ³	u.	mmhos	%		meq/100 g					ppm								
1	29.00	26.00	45.00	Ar	1.29	6.80	0.44	2.23	0.13	34.96	0.21	0.87	17.86	14.79	6.48	38.76	4.65	1.55	3.88	2.54	26.60	20.45	2.28
2	40.00	24.00	36.00	Far	1.34	6.70	0.29	2.08	0.12	28.73	0.39	0.59	14.81	11.46	1.85	52.24	7.84	1.57	3.21	1.14	19.30	25.00	6.20
3	53.00	20.00	27.00	FArA	1.33	6.90	0.31	1.69	0.10	28.12	0.16	0.60	17.14	12.16	2.56	37.59	2.26	1.50	3.46	1.01	26.60	28.73	4.75

	Bajo
	Medio
	Alto

APÉNDICE D **RESULTADO DEL ANÁLISIS DE AGUA**



ESTACIÓN EXPERIMENTAL BOLICHE

LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS

SERVICIO A PRODUCTORES Nº 0001479

PROPIETARIO: Sra. Carmen Cardenas Nº LAB.: 1025A - Fact. # 6323

REMITENTE: Sra. Carmen Cardenas F/MUESTREO: 04/05/10

GRANJA/HDA.: Pepita F/INGRESO: 04/05/10

F/SALIDA: 10/05/10

LOCALIZACIÓN: Vía Safando Cerecita Guayas
(PARROQUIA) (CANTÓN) (PROVINCIA)

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: Muestra - 1

Lugar de muestreo: Pozo ☐ Río ☐ Canal ☒ Piscina ☐ Otros ☐

EXAMEN FÍSICO:

- 1.- Temperatura
- 2.- C.E. a 25°C (uS /cm) 256
- 3.- pH 7.50

EXAMEN QUÍMICO:

Cationes	(meq/l)	(%)	Aniones	(meq/l)	(%)
Ca ⁺⁺	1.32		CO ₃ =	ND	
Na ⁺	0.62		CO ₃ H ⁻	1.3	
Mg ⁺⁺	0.42		SO ₄ =	0.1	
K ⁺	0.12		NO ₃ ⁻		
Mn ⁺⁺			B		
Fe ⁺⁺			Cl ⁻	2.0	
Suma	2.48		Suma	3.4	

EXAMEN QUÍMICO: R.A.S. : 1

P.S.I. : <1

% Na : 26.3

CLASE: C2 S1.

INTERPRETACIÓN: C2.- Aguas de salinidad moderada.

S1.- Aguas de contenido bajo de sodio.

JEFE DPTO. SUELOS

LABORATORISTA
Dra. Gloria Carrera.

APÉNDICE E
DURACIÓN MEDIA DEBRILLO SOLAR (N) EM HORAS
HEMISFERIO SUR

	Latitud													
Mes	0	5	10	15	20	25	30	35	40	42	44	46	48	50
Enero	12,0	12,3	12,6	12,9	13,2	13,5	13,9	14,3	14,7	14,9	15,2	15,4	15,6	15,9
Febrero	12,0	12,3	12,4	12,6	12,8	13,0	13,2	13,5	13,7	13,9	14,0	14,2	14,3	14,5
Marzo	12,0	12,1	12,1	12,2	12,3	12,3	12,4	12,4	12,5	12,6	12,6	12,6	12,6	12,7
Abril	12,0	12,0	11,8	11,8	11,7	11,6	11,5	11,3	11,2	11,1	11,0	10,9	10,9	10,8
Mayo	12,0	11,9	11,6	11,4	11,2	10,9	10,6	10,3	10,0	9,8	9,7	9,5	9,3	9,1
Junio	12,0	11,8	11,5	11,2	10,9	10,8	10,2	9,8	9,3	9,1	8,9	8,7	8,3	8,1
Julio	12,0	11,8	11,6	11,3	11,0	10,7	10,4	10,1	9,6	9,4	9,3	9,1	8,8	8,5
Agosto	12,0	11,9	11,8	11,6	11,5	11,3	11,1	11,0	10,7	10,6	10,5	10,4	10,2	10,1
Septiembre	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,8	11,8
Octubre	12,0	12,2	12,3	12,5	12,6	12,7	12,9	13,1	13,3	13,4	13,4	13,5	13,6	13,8
Noviembre	12,0	12,3	12,6	12,8	13,1	13,3	13,6	14,0	14,4	14,6	14,7	14,9	15,2	15,4
Diciembre	12,0	12,4	12,7	13,0	13,3	13,7	14,0	14,5	15,0	15,2	15,4	15,7	16,0	16,3

N interpolado

Mes	Latitud 2,2
Enero	12,13
Febrero	12,13
Marzo	12,04
Abril	12,00
Mayo	11,96
Junio	11,91
Julio	11,91
Agosto	11,96
Septiembre	12,00
Octubre	12,09
Noviembre	12,13
Diciembre	12,18

APÉNDICE F **CANTIDAD DE RADIACIÓN RECIBIDA EN LA PARTE SUPERIOR DE LA ATMÓSFERA (Ra)**

RADIACION EXTRATERRESTRE (Ra) em mm/día
HEMISFERIO SUR

Latitud 2,2

	Latitud																									
Mes	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
Ene.	15,0	15,3	15,5	15,8	16,1	16,4	16,6	16,7	16,9	17,1	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	17,8	17,8	17,9	17,9	17,9	17,8	17,8	17,7	17,6	17,5
Feb.	15,5	15,7	15,8	16,0	16,1	16,3	16,3	16,4	16,4	16,5	16,5	16,5	16,5	16,4	16,4	16,4	16,2	16,1	16,0	15,8	15,7	15,5	15,3	15,1	14,9	14,7
Mar.	15,7	15,7	15,6	15,6	15,5	15,5	15,4	15,3	15,2	15,1	15,0	14,8	14,6	14,4	14,3	14,0	13,8	13,5	13,2	12,8	12,5	12,2	11,9	11,5	11,2	10,9
Abr.	15,3	15,1	14,9	14,7	14,4	14,2	14,0	13,7	13,5	13,2	13,0	12,6	12,3	12,0	11,6	11,3	10,9	10,5	10,1	9,6	9,2	8,8	8,4	7,9	7,5	7,0
May.	14,4	14,1	13,8	13,4	13,1	12,8	12,5	12,1	11,7	11,4	11,0	10,6	10,2	9,7	9,3	8,9	8,5	8,0	7,5	7,1	6,6	6,1	5,7	5,2	4,7	4,2
Jun.	13,9	13,5	13,2	12,8	12,4	12,0	11,6	11,2	10,8	10,4	10,0	9,6	9,1	8,7	8,2	7,8	7,3	6,8	6,3	5,8	5,3	4,9	4,4	4,0	3,5	3,1
Jul.	14,1	13,7	13,4	13,1	12,7	12,4	12,0	11,6	11,2	10,8	10,4	10,0	9,5	9,1	8,6	8,1	7,7	7,2	6,8	6,3	5,9	5,4	4,9	4,4	4,0	3,5
Ago.	14,8	14,5	14,3	14,0	13,7	13,5	13,2	12,9	12,6	12,3	12,0	11,6	11,2	10,9	10,4	10,1	9,6	9,2	8,8	8,3	7,9	7,4	6,9	6,5	6,0	5,5
Sep.	15,3	15,2	15,1	15,0	14,9	14,8	14,7	14,5	14,3	14,1	13,9	13,7	13,4	13,2	13,0	12,7	12,4	12,0	11,7	11,4	11,0	10,6	10,2	9,7	9,3	8,9
Oct.	15,4	15,5	15,6	15,7	15,8	15,9	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,7	15,6	15,5	15,4	15,3	15,1	14,9	14,6	14,4	14,2	14,0	13,7	13,4	13,2	12,9
Nov.	15,1	15,3	15,5	15,8	16,0	16,2	16,4	16,5	16,7	16,8	17,0	17,0	17,1	17,2	17,2	17,3	17,2	17,1	17,0	17,0	16,9	16,8	16,7	16,7	16,6	16,5
Dic.	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,2	16,5	16,6	16,8	17,1	17,4	17,5	17,7	17,8	17,9	18,1	18,1	18,2	18,2	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,2	18,2

Ra interpolado	
Mes	Ra
Ene.	15,3
Feb.	15,7
Mar.	15,7
Abr.	15,1
May.	14,1
Jun.	13,5
Jul.	13,7
Ago.	14,5
Sep.	15,2
Oct.	15,5
Nov.	15,3
Dic.	15,1

APÉNDICE G
CÁLCULO DE LA FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA F(T)

f(T) (interpolado)

TEMPERATURA

T (°C)	f (T)
0	11
2	11,4
4	11,7
6	12
8	12,4
10	12,7
12	13,1
14	13,5
16	13,8
18	14,2
20	14,6
22	15
24	15,4
26	15,9
28	16,3
30	16,7
32	17,2
34	17,7
36	18,1

Mes	Temperatura	f(t)
Enero	25,9	15,875
Febrero	24,6	15,55
Marzo	24,8	15,6
Abril	25,6	15,8
Mayo	34,3	17,76
Junio	22,1	15,02
Julio	16,4	13,88
Agosto	16,6	13,92
Septiembre	21,6	14,92
Octubre	23,7	15,34
Noviembre	26,6	16,02
Diciembre	22,5	15,1

APÉNDICE H
FACTOR DE AJUSTE (C)

	Rhmax=30%				Rhmax=60%				Rhmax=90%			
Rs (mm/día)	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
Udía m/sg	Udía/Unocha= 4											
0	0,86	0,9	1	1	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,1	1,1
3	0,79	0,84	0,92	0,97	0,92	1	1,11	1,19	0,99	1,1	1,27	1,32
6	0,68	0,77	0,87	0,93	0,85	0,96	1,11	1,19	0,94	1,1	1,26	1,33
9	0,55	0,65	0,78	0,9	0,76	0,88	1,02	1,14	0,88	1,01	1,16	1,27
	Udía/Unocha= 3											
0	0,86	0,9	1	1	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,1	1,1
3	0,76	0,81	0,88	0,94	0,87	0,96	1,06	1,12	0,94	1,04	1,18	1,28
6	0,61	0,68	0,81	0,88	0,77	0,88	1,02	1,1	0,86	1,01	1,15	1,22
9	0,46	0,56	0,72	0,82	0,67	0,79	0,88	1,05	0,78	0,99	1,06	1,18
	Udía/Unocha= 2											
0	0,86	0,9	1	1	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,1	1,1
3	0,69	0,76	0,85	0,92	0,83	0,91	0,99	1,05	0,89	0,98	1,1	1,14
6	0,53	0,61	0,74	0,84	0,7	0,8	0,94	1,02	0,79	0,92	1,05	1,12
9	0,37	0,48	0,65	0,76	0,59	0,7	0,84	0,95	0,71	0,81	0,96	1,06
	Udía/Unocha= 1											
0	0,86	0,9	1	1	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,1	1,1
3	0,64	0,71	0,82	0,89	0,78	0,86	0,94	0,99	0,85	0,92	1,01	1,05
6	0,43	0,53	0,68	0,79	0,62	0,7	0,84	0,93	0,72	0,82	0,95	1
9	0,27	0,41	0,59	0,7	0,5	0,6	0,75	0,87	0,66	0,72	0,87	0,96

APÉNDICE I
DIAMETROS COMERCIALES DE TUBERÍA A PRESIÓN DE PVC

Diámetro y Presión	Diám.	Espesor	Diám. int.
20mm 2,00mpa	20	1,5	17,00
25mm 1,60mpa	25	1,50	22,00
32mm 1,25mpa	32	1,50	29,00
40mm 1,00mpa	40	1,50	37,00
40mm 1,25mpa	40	1,90	36,20
50mm 0,63mpa	50	1,30	47,40
50mm 0,80mpa	50	1,50	47,00
50mm 1,00mpa	50	1,90	46,20
50mm 1,25mpa	50	2,40	45,20
63mm 0,63mpa	63	1,50	60,00
63mm 0,80mpa	63	2,00	59,00
63mm 1,00mpa	63	2,40	58,20
63mm 1,25mpa	63	3,00	57,00
75mm 0,63mpa	75	1,90	71,20
75mm 0,80mpa	75	2,30	70,40
75mm 1,00mpa	75	2,90	69,20
90mm 0,63mpa	90	2,20	85,60
90mm 0,80mpa	90	2,80	84,40
90mm 1,00mpa	90	3,50	83,00
90mm 1,25mpa	90	4,30	81,40
110mm 0,63mpa	110	2,70	104,60
110mm 0,80mpa	110	3,40	103,20
110mm 1,00mpa	110	4,20	101,60
110mm 1,25mpa	110	5,2	99,60
125mm 0,63mpa	125	3,70	117,60
125mm 1,00mpa	125	6,00	113,00
140mm 0,63mpa	140	4,10	131,80
140mm 1,00mpa	140	6,70	126,60
160mm 0,63mpa	160	3,9	152,20
160mm 0,80mpa	160	5	150,00
160mm 1,00mpa	160	6,2	147,60
160mm 1,25mpa	160	7,6	144,80
200mm 0,63mpa	200	4,9	190,20
200mm 0,80mpa	200	6,2	187,60
200mm 1,00 mpa	200	7,7	184,60
200mm 1,25mpa	200	9,5	181,00
250mm 0,63mpa	250	6,1	237,80
250mm 0,80mpa	250	7,6	234,80

Diametro y Presion	Diam.	Espesor	Diam. int.
250mm 1,25mpa	250	12	226,00
315mm 0,63mpa	315	9,2	296,60
315mm 1,00mpa	315	15	285,00
400mm 0,63mpa	400	11,7	376,60
400mm 1,00mpa	400	9,55	380,90
500mm 0,63mpa	500	14,6	470,80

APÉNDICE J
PÉRDIDA DE CARGA EN CADA LÍNEA SECUNDARIA Y TERCIARIA DEL
SISTEMA DE RIEGO

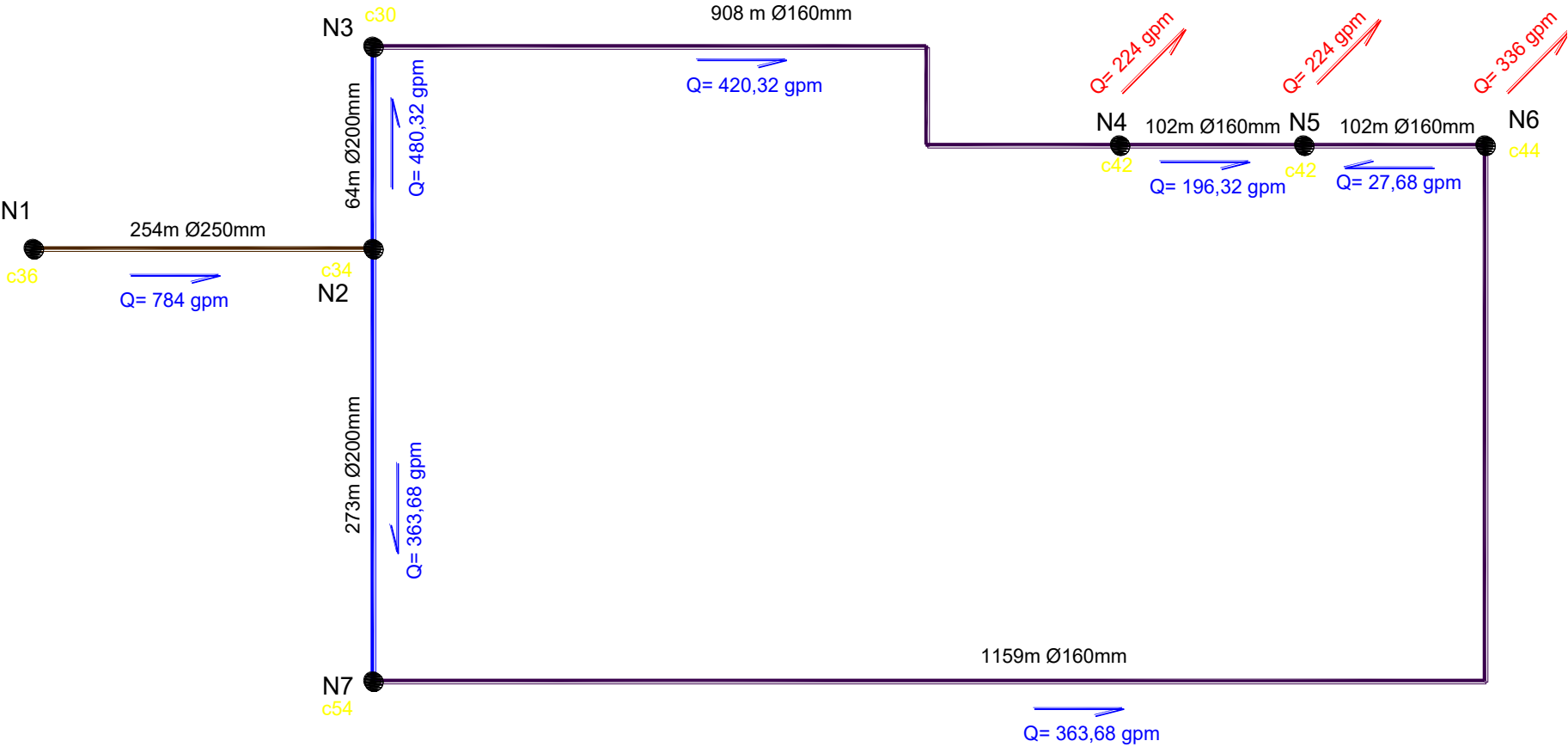
Bloque	Sector	Desnivel (+)		Pérdidas por fricción		Pérdida total
		(m)	(psi)	Secundaria	Terciaria	(psi)
1	A	18,00	25,59	29,12	2,86	6,39
2	a	10,00	14,22	16,79	2,86	5,44
3	B	9,00	12,80	16,31	2,86	6,37
4	b	4,00	5,69	9,42	2,86	6,59
5	A	16,00	22,75	27,34	0,29	4,88
6	A	15,00	21,33	24,37	2,86	5,90
7	b	3,00	4,27	7,05	2,86	5,64
8	B	8,00	11,37	11,58	1,34	1,54
9	c	8,00	11,37	14,28	2,86	5,77
10	B	12,00	17,06	21,14	2,86	6,93
11	C	11,00	15,64	19,37	2,86	6,59
12	c	15,00	21,33	25,42	2,86	6,95
13	C	10,00	14,22	13,04	2,86	1,69
14	d	15,00	21,33	28,23	-0,66	6,24
15	c	14,00	19,90	22,18	2,86	5,13
16	C	6,00	8,53	11,45	2,86	5,78
17	D	7,00	9,95	12,91	2,86	5,81
18	D	4,00	5,69	12,21	-4,66	1,87
19	E	12,00	17,06	20,63	2,86	6,43
20	D	8,00	11,37	14,31	2,86	5,80
21	d	4,00	5,69	7,30	5,03	6,64
22	f	12,00	17,06	17,20	5,34	5,48
23	f	18,00	25,59	27,88	2,86	5,15
24	E	12,00	17,06	13,67	5,34	1,95
25	F	18,00	25,59	26,47	4,71	5,59
26	f	0,00	0,00	7,30	-0,97	6,32
27	F	16,00	22,75	24,56	2,86	4,67
28	e	7,00	9,95	12,85	2,86	5,76
29	E	18,00	25,59	33,54	-1,51	6,44
30	E	20,00	28,44	30,83	-2,23	0,16
31	F	3,00	4,27	7,79	2,86	6,39

APÉNDICE K
PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍA PRINCIPAL

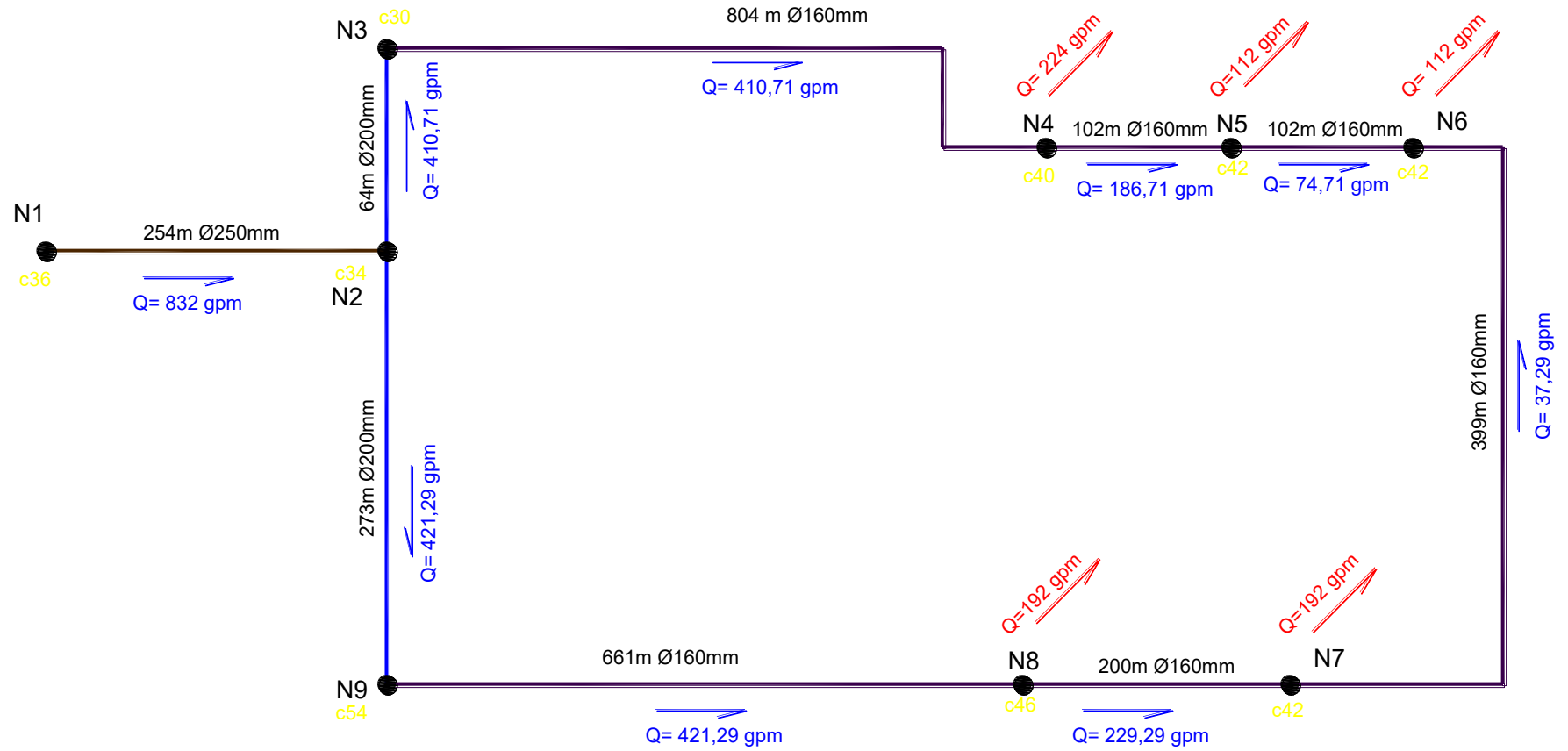
Tramo	Longitud	Diámetro	Caudal	Hf	Velocidad	Total Hf	Desnivel
	(m)	(mm)	gpm	(mca)	(m/sg)	(mca)	(m)
SECTOR A							
1 2	254	237,8	784,00	1,03	1,11	11,75	8,00
2 3	64	190,2	480,32	0,31	1,07		
3 4	908	152,2	420,32	10,13	1,46		
4 5	102	152,2	196,32	0,28	0,68		
6 5	102	152,2	-27,68	-0,01	-0,10		
7 6	1159	152,2	-363,68	-9,92	-1,26		
2 7	273	190,2	-363,68	-0,80	-0,81		
SECTOR B							
1 2	254	237,8	832,00	1,14	1,18	10,34	8,00
2 3	64	190,2	410,71	0,23	0,91		
3 4	804	152,2	410,71	8,59	1,42		
4 5	102	152,2	186,71	0,31	0,65		
5 6	102	152,2	74,71	0,06	0,26		
7 6	399	152,2	-37,29	-0,02	-0,13		
8 7	200	152,2	-229,29	-0,74	-0,80		
9 8	661	152,2	-421,29	-7,40	-1,46		
2 9	273	190,2	-421,29	-1,04	-0,94		
SECTOR C							
1 2	254	237,8	880,00	1,27	1,25	7,20	14,00
2 3	64	190,2	504,58	0,34	1,12		
3 4	357	152,2	504,58	5,56	1,75		
4 5	147	152,2	56,58	0,04	0,20		
6 5	1098	152,2	-55,42	-0,04	-0,19		
7 6	131	152,2	-167,42	-0,25	-0,58		
8 7	529	152,2	-375,42	-4,80	-1,30		
2 8	273	190,2	-375,42	-0,84	-0,83		
SECTOR D							
1 2	254	237,8	880,00	1,27	1,25	6,39	14,00
2 3	64	190,2	599,20	0,47	1,33		
3 4	150,37	152,2	599,20	3,21	2,08		
4 5	105,81	152,2	487,20	1,55	1,69		
5 6	247,29	152,2	263,20	1,17	0,91		

7 6	1229	152,2	-184,80	-3,07	-0,64		
8 7	529,49	152,2	-280,80	-2,82	-0,97		
2 8	273	190,2	-280,80	-0,50	-0,62		
SECTOR E							
1 2	254	237,8	862,00	1,22	1,22	4,03	24,00
2 3	64	190,2	134,06	0,03	0,30		
3 4	1950	152,2	134,06	2,78	0,46		
4 5	241	152,2	-57,94	-0,08	-0,20		
6 5	71	152,2	-273,94	-0,36	-0,95		
7 6	198	190,2	-631,94	-1,59	-1,40		
2 7	75	190,2	-727,94	-0,78	-1,62		
SECTOR F							
1 2	94	237,8	900	0,49	1,28	1,41	12,00
2 3	54	237,8	724	0,19	1,03		
3 4	102	237,8	536,00	0,21	0,76		
4 5	64	190,2	224,70	0,15	0,50		
5 6	70	152,2	224,70	0,25	0,78		
6 7	83	152,2	112,70	0,13	0,39		
8 7	1961	152,2	0,70	0,00	0,00		
9 8	151	152,2	-95,30	-0,09	-0,33		
10 9	41	190,2	-95,30	-0,03	-0,21		
4 #	181	190,2	-311,30	-0,40	-0,69		

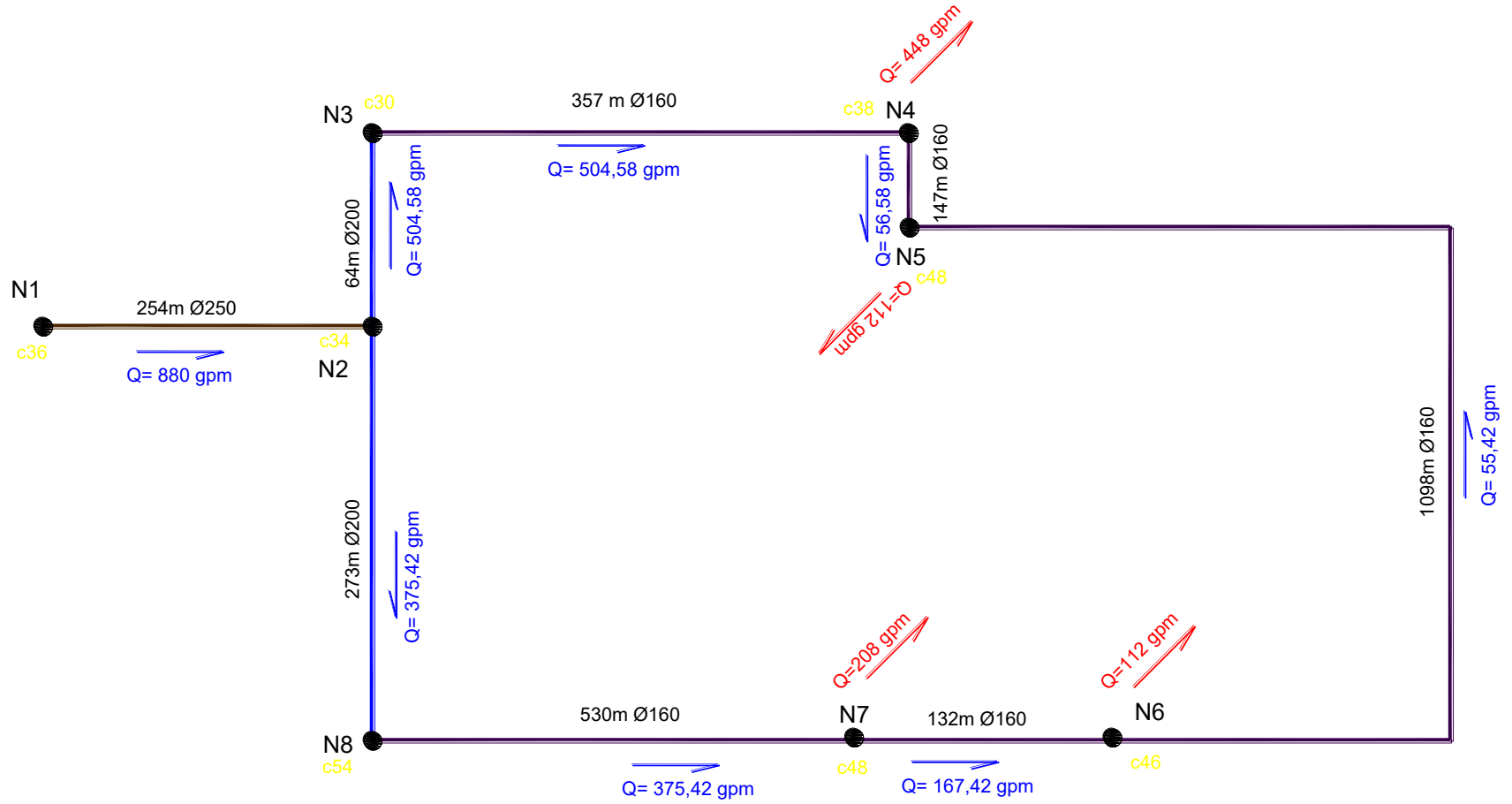
Sector A



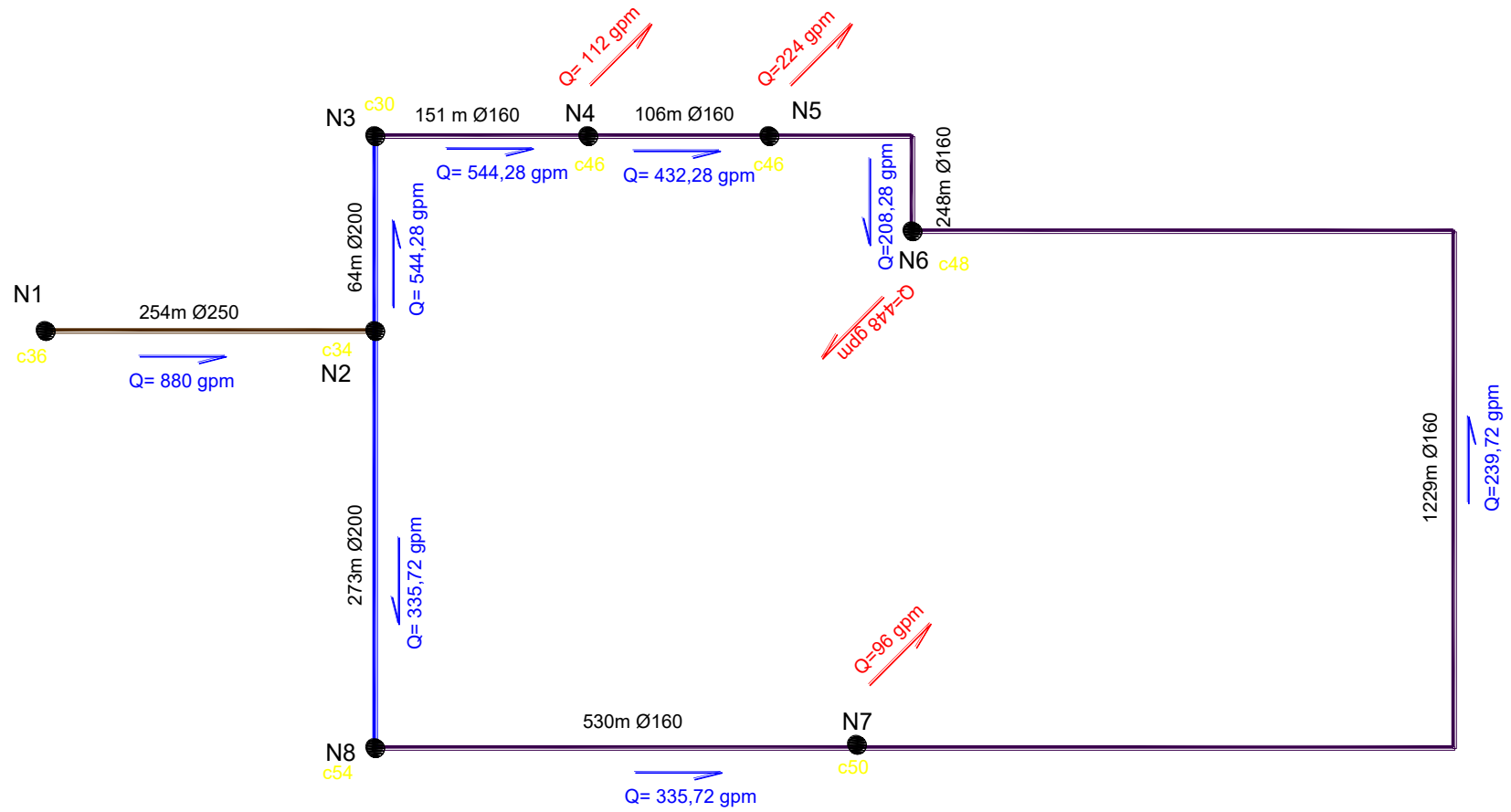
Sector B



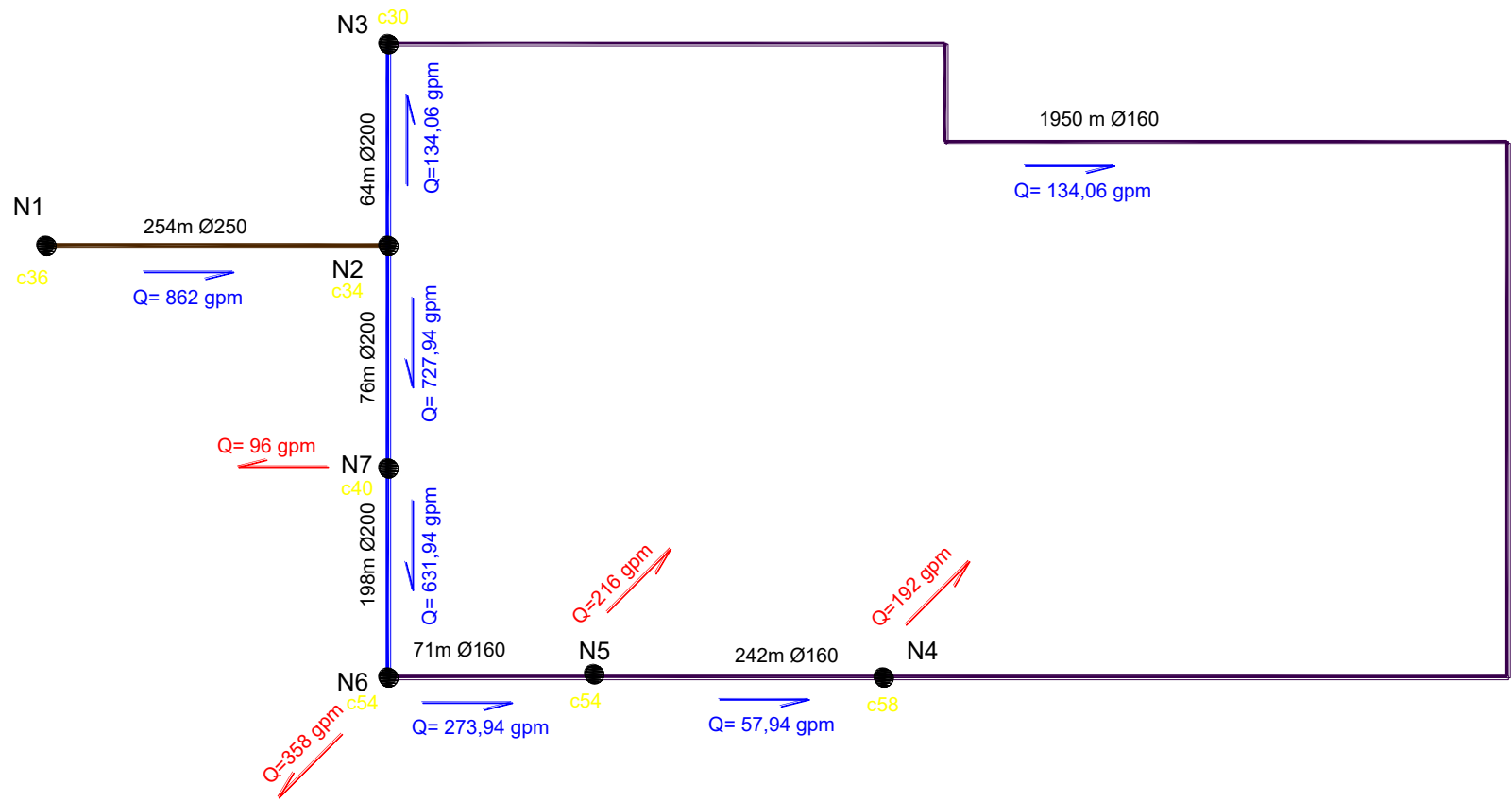
Sector C



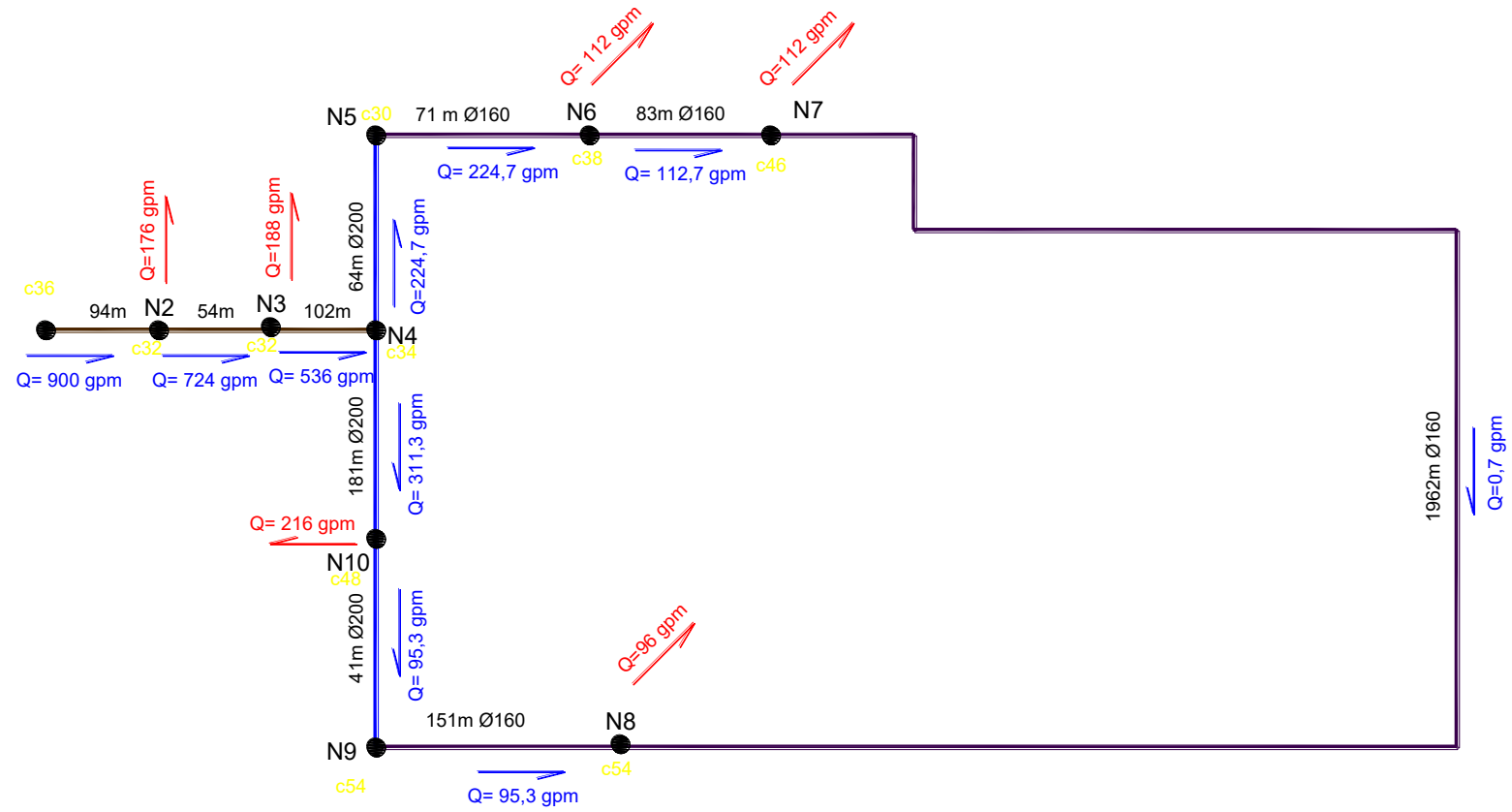
Sector D



Sector E



Sector F



APÉNDICE L

TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA EN VÁLVULA HIDRÁULICA RAPHAEL

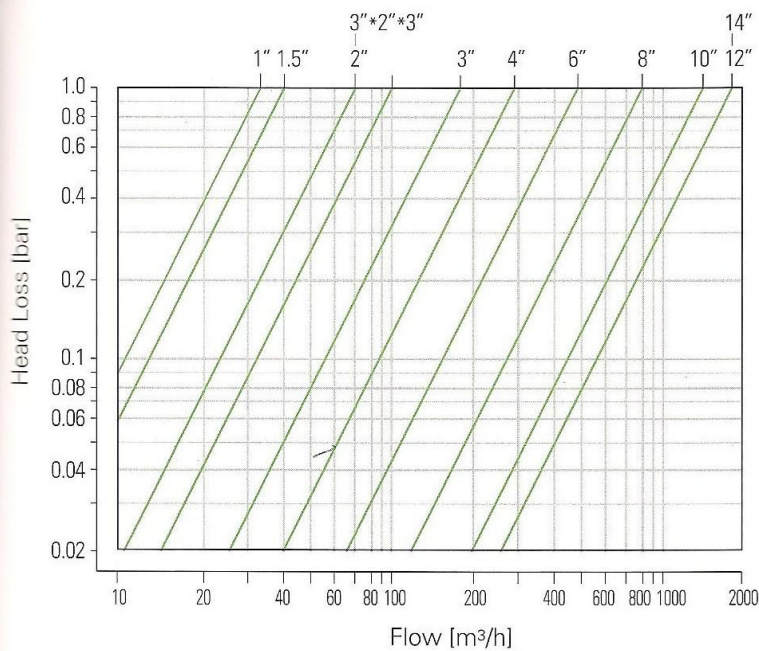
Kv - Coefficient

Nominal Diameter		Kv
[inch]	[mm]	
1	25	32
1.5	40	40
2.0	50	70
2.5	65	100
3-2-3	80-50-80	72
3	80	170
4	100	290
6	150	490
8	200	790
10	250	1400
12	300	1800
14	350	1800

Control Chamber Displacement Volume

Nominal Diameter		Control Chamber Volume
[inch]	[mm]	[liter]
1	25	0.065
1.5	40	0.065
2	50	0.08
2.5	65	0.16
3-2-3	80-50-80	0.08
3	80	0.3
4	100	0.78
6	150	1.56
8	200	3.5
10	250	7.6
12	300	7.6
14	350	7.6

Flow Chart



Kv = Valve flow coefficient [m³/h]; [bar]

Cv = Valve flow coefficient [gpm]; [psi]

Q = Flow rate [m³/h]; [gpm]

Δ P = Head loss across the valve [bar]; [psi]

Cv = 1.16 Kv

$$Q = Kv \sqrt{\Delta P}$$

APÉNDICE M

TABLA DE PÉRDIDAS DE CARGA EN VÁLVULA DE AIRE

Serie Ar
VALVULAS ADMISORAS Y EXPULSORAS DE AIRE (VENTOSA)



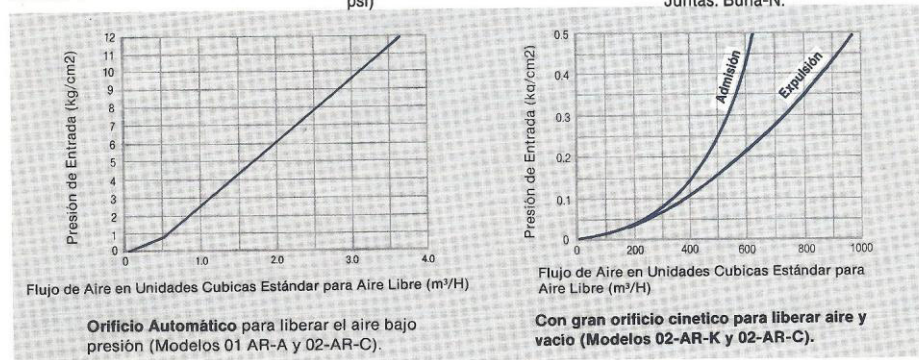
DATOS TECNICOS

- **Tamaños:**
 - 1" — Automática (Modelo 01-AR-A)
 - 2" — Dinámica (Modelo 02-AR-K)
 - 2" — Combinada (Modelo 02-AR-C)

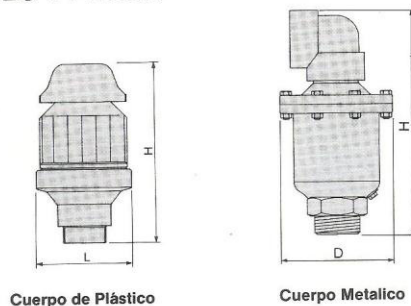
- **Conexiones:**
 - roscado macho NPT/BSP.
- **Evaluación de Presión:**
 - Modelos con cuerpo de plástico: ISO: NP 10.
 - Modelos con cuerpo de hierro fundido: ISO: NP 16, ANSI: Clase 125.
- **Rango de Presión:**
 - Modelos con cuerpo de plástico: 0.1-10 kg/cm² (1.5-150 psi)

- Modelos con cuerpo de hierro fundido: 0.1-16 kg/cm² (1.5-225 psi)
- **Rango de Temperatura:** Agua hasta 80°C (180°F)
- **Materiales:**
 - Cuerpo y Tapa: Plástico o hierro fundido revestido con polyester.
 - Flotador y Partes Móviles: Plástico.
 - Orificio Automático: Acero inoxidable.
 - Juntas: Buna-N.

DIAGRAMA DE RENDIMIENTO

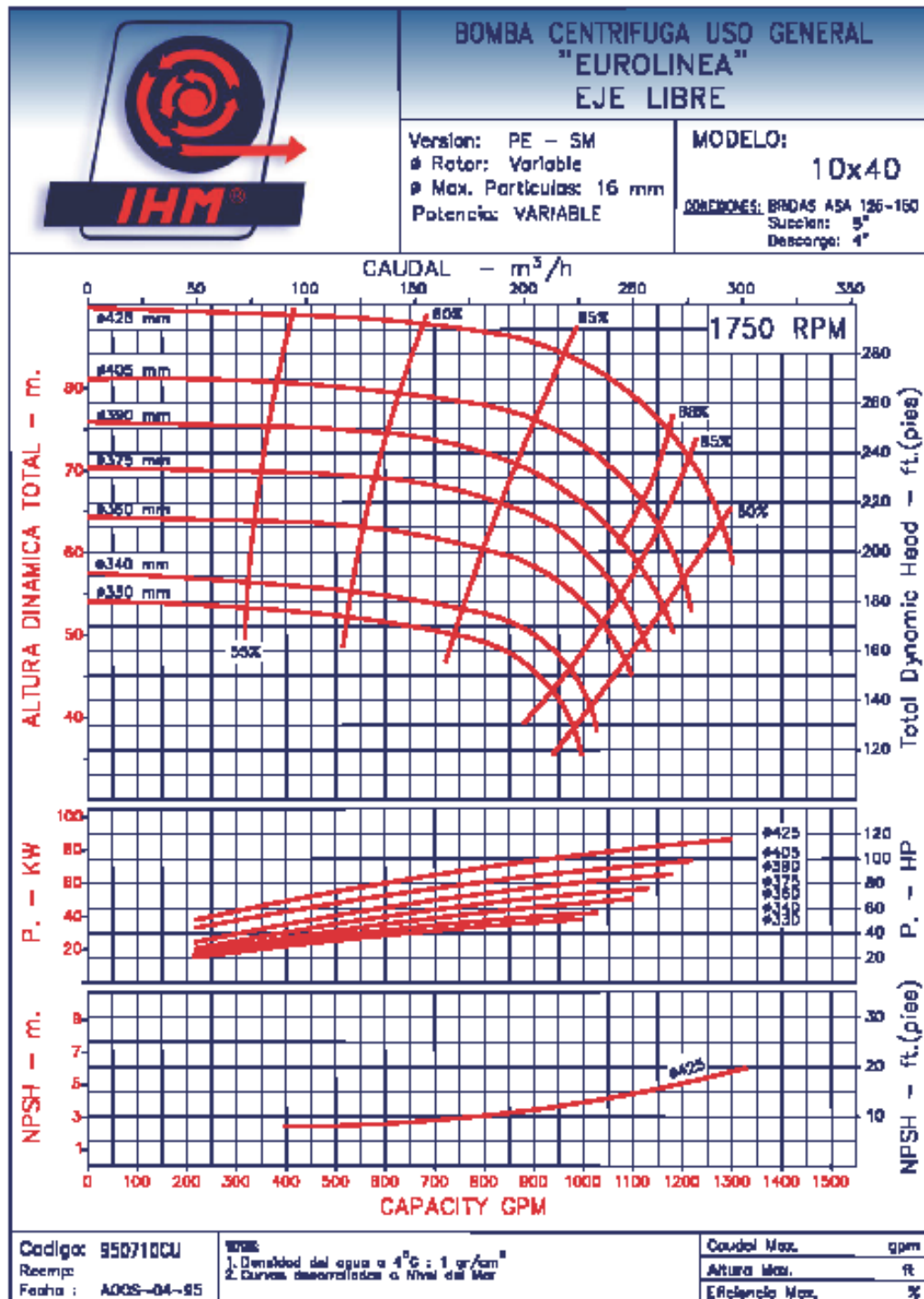


DIMENSIONES Y PESOS



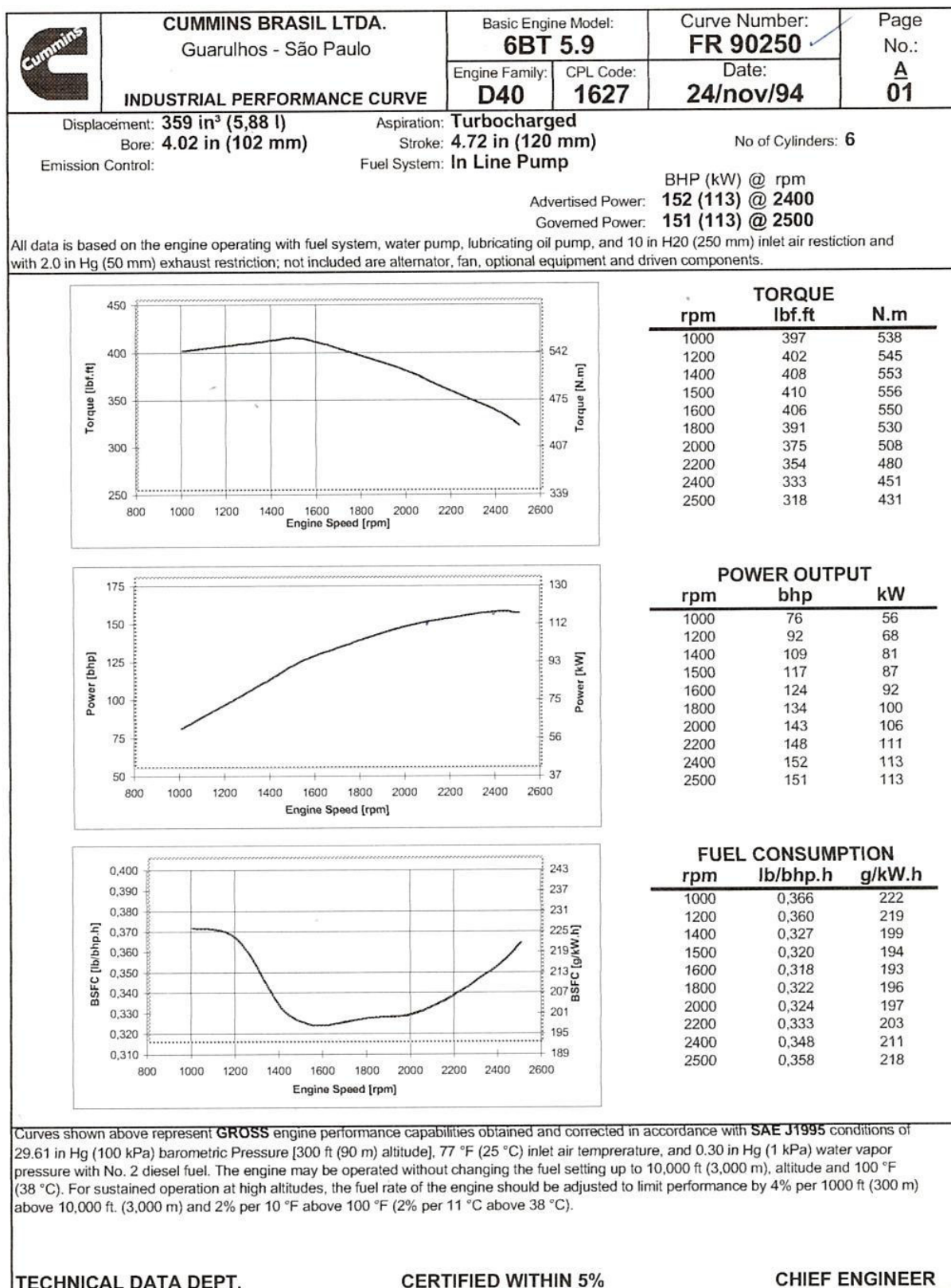
Modelo	Tamaño	D(mm)	H(mm)	Peso (kg)	D	H	Peso
Automática (01-AR-A)	1"	85	180	0.9	120	230	3.0
Cinética (02-AR-K)	2"	130	245	2.7	150	290	5.4
Combinada (02-AR-C)	2"	130	245	2.8	150	290	5.5

APÉNDICE N **CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA IHM MODELO 10X40 P.E.**



APÉNDICE O

CURVA CARACTERÍSTICA DEL MOTOR CUMMINS SERIE 6B



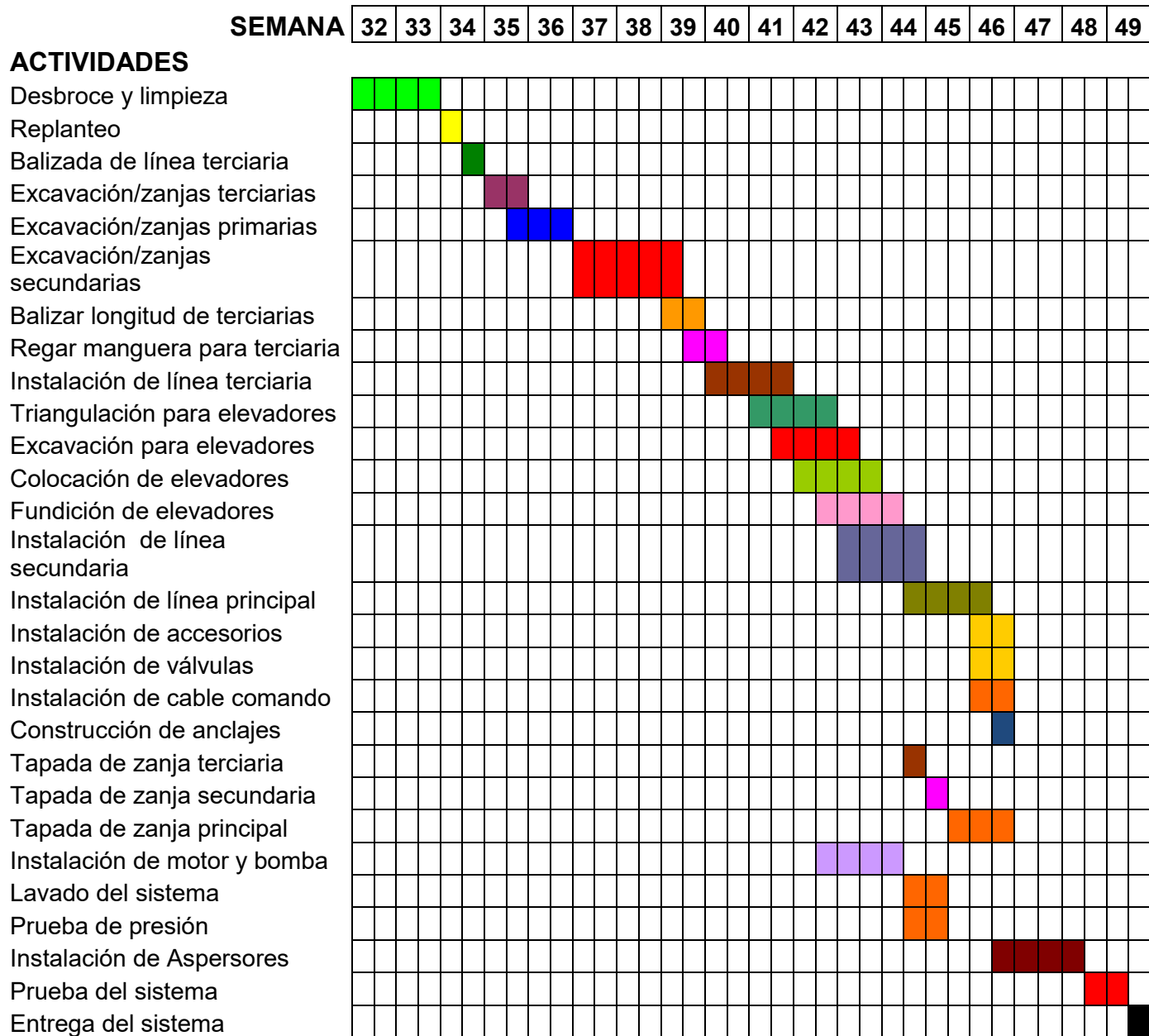
TECHNICAL DATA DEPT.

CERTIFIED WITHIN 5%

CHIEF ENGINEER

APÉNDICE P

DIAGRAMA DE GANTT DE LA INSTALACIÓN



Inicio de obra: 3 de Agosto del 2009

Entrega de obra: 4 de Diciembre del 2009

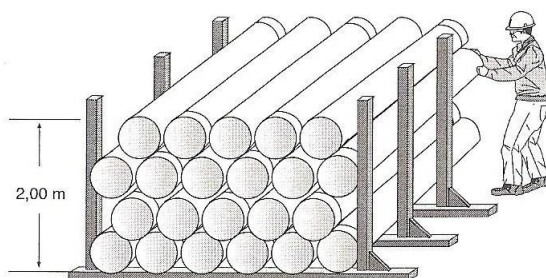
APÉNDICE Q

FORMAS DE ALMACENAR LA TUBERÍA (1).

a) Camas paralelas

La primera capa debe apoyarse sobre piezas de madera separadas como máximo 1,50 m, tal como se observa en la figura 10.2. La altura de la pila o estiba no debe ser mayor de 2,00 m. Esta forma de almacenamiento es muy conveniente para lugares con espacio reducido pero donde se requiere acomodar la mayor cantidad posible.

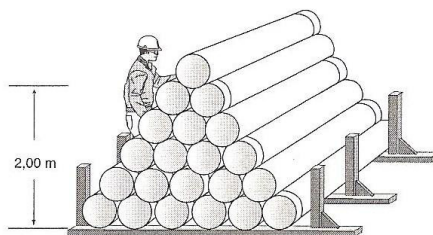
FIGURA 10.2: CAMAS PARALELAS



b) Pila piramidal

Cuando se trate de poca cantidad de tubería, se puede utilizar la pila piramidal, la cual se muestra en la figura 10.3.

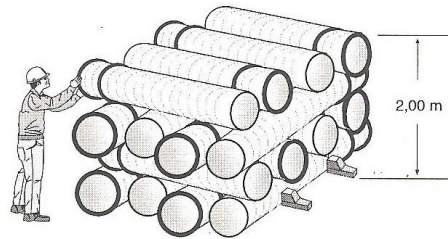
FIGURA 10.3: PILA PIRAMIDAL



c) Pila rectangular cruzada

Si se dispone de un amplio espacio y se requiere almacenar una gran cantidad de tubería, se puede emplear la pila rectangular cruzada que se muestra en la figura 10.4.

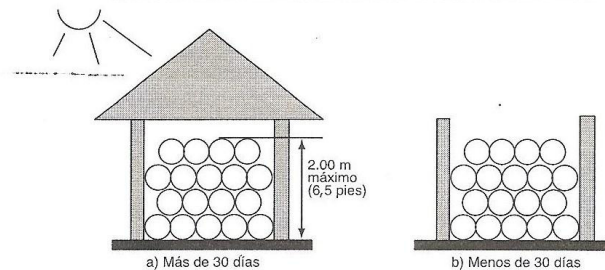
FIGURA 10.4: PILA RECTANGULAR CRUZADA



d) Almacenamiento a la intemperie

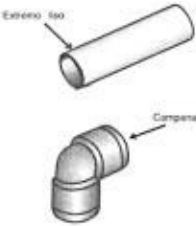
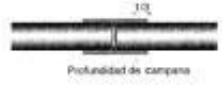
Cuando los tubos vayan a estar expuestos al sol durante más de 30 días, deben almacenarse bajo techo. No deben cubrirse con lonas o polietileno, pues esto provoca un aumento de temperatura que puede causar deformaciones. Por ello, se recomienda un techado que permita una buena ventilación a la tubería, como se aprecia en la figura 10.5.

FIGURA 10.5: ALMACENAMIENTO A LA INTEMPERIE



APÉNDICE R

GUÍA PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PVC UNIÓN CEMENTADO SOLVENTE (1).

Que hacer	Cómo hacerlo	Qué se debe cuidar
1. Preparar la operación 	Reunir los siguientes materiales: • Tubo de PVC con extremos lisos. • Conexión con campana para conectar. • Limpiador. • Cemento. • Brocha. • Trapo limpio o estopa. • Marcador. • Solvente. • Recipiente para lavar la brocha.	• El extremo liso del tubo debe quedar perpendicular al eje de la tubería y estar libre de rebabas por dentro y por fuera. Es conveniente achaflanarlo ligeramente. • El cemento debe escurrir ligeramente sin grumos. No se debe usar un cemento que haya cambiado de apariencia o que haya tenido grumos. • El limpiador y el cemento no deben mezclarse. • No se debe poner el limpiador ni el solvente en contacto directo con la piel. • La brocha debe estar limpia y seca, con un ancho de por lo menos la mitad del diámetro del tubo por unir. • El lugar de trabajo debe estar bien ventilado. • En lugares cerrados se debe usar una mascarilla.
2. Prueba de ajuste 	• Sin utilizar cemento introducir el extremo del tubo en la campana hasta que pote y dibujar una línea con el marcador.	• Las piezas deben estar libres de tierra o humedad. • El tubo debe estar como mínimo 1/3 de la longitud de la campana.
3. Limpieza 	• Limpiar el interior de la campana y el extremo liso del tubo con el trapo impregnado de limpiador.	• Cambiar el trapo impregnado después de cada limpieza. • Las superficies deben estar bien limpias y secas antes de aplicar el cemento. • Se debe mantener bien cerrado el envase del limpiador mientras no se use.
4. Cementado 	• Aplicar rápidamente el cemento con la brocha, en el interior de la campana y en el extremo liso del tubo.	• El cemento debe cubrir uniformemente las superficies, sin exceso. • Nunca se debe aplicar el cemento con las manos. • Se debe mantener bien cerrado el envase del cemento mientras no se use.
5. Acople 	• Introducir el tubo en la campana con un movimiento firme y parejo. • Se debe girar 1/4 de vuelta para asegurar la uniformidad del cemento en toda el área. • Mantener inmóvil la unión durante uno o dos minutos.	• La operación se debe realizar rápidamente. • Se debe formar un cordón continuo de cemento en el contorno de la campana; esto indica un buen cementado. • Al unir accesorios con la tubería, debe cuidarse de que con el giro no se pierda el alineamiento.
6. Limpieza del cemento 	• Limpiar con un trapo el excedente de cemento formado durante el acople, así como cualquier mancha o escurrimiento presente.	• Cualquier escurrimiento de cemento no eliminado puede afectar al material, por el solvente que conviene.

APÉNDICE S

GUÍA PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PVC UNIÓN SELLO ELASTOMÉRICO (1).

Que hacer	Cómo hacerlo	Qué se debe cuidar
7. Preparar la operación 	Reunir los siguientes materiales: • Tubos PVC • Lubricante • Trapo limpio o estopa	• El tubo debe tener campana. • La espiga debe tener marca tope. • La espiga debe tener un chafilán de 15°. • Se debe verificar que coincidan los diámetros de los tubos a unir.
8. Limpiar 	• Limpiar, con un trapo limpio y seco, el exterior de la espiga y el interior de la campana.	• No se requiere utilizar ningún tipo de limpiador.
9. Lubricar 	• Aplicar con la mano el lubricante en el exterior de la espiga, desde el chafilán hasta la marca tope y en el empaque.	• En caso de no tener lubricante se puede utilizar grasa vegetal. • Nunca se debe usar lubricantes a base de petróleo.
10. Acoplar 	• Colocar las tuberías por acoplar, una frente a la otra, y con un movimiento firme y rápido introducir la espiga dentro de la campana hasta la marca tope.	• La marca tope debe quedar visible, para garantizar la cámara de dilatación.
11. Comprobar 	• Después de acoplar, girar la espiga dentro de la campana en ambos sentidos.	• La espiga debe girar fácilmente lo cual indica un buen acoplamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMANCO, **Manual Técnico Tubosistemas**, AMANCO.
2. BARNES KENNETH K., EDMISTER TALCOTT W., FREVERT RICHARD K., SCHWAB GLENN O., **Ingeniería de conservación de suelos y aguas**, Editorial Noriega – Limusa, México 1990.
3. BOSWELL MICHAEL J., **Micro-Irrigation Desing Manual (Manual de diseño y manejo de sistemas de micro-irrigación)**, Editorial James Hardie Irrigation (IBERIA) S.A., Sevilla 1990.
4. COMPO AGRICULTURA S. L., **Guía de Interpretación de Análisis de Agua de Riego**, COMPO 2004.
5. CRANE, **Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías**, Editorial Mc Graw-Hill, México 1998.
6. ESPOL- CENTRO DE EDUCACIÓN CONTÍNUA, **Seminario Taller en Cálculo y Diseño de Riego por Goteo**, Guayaquil 2003.

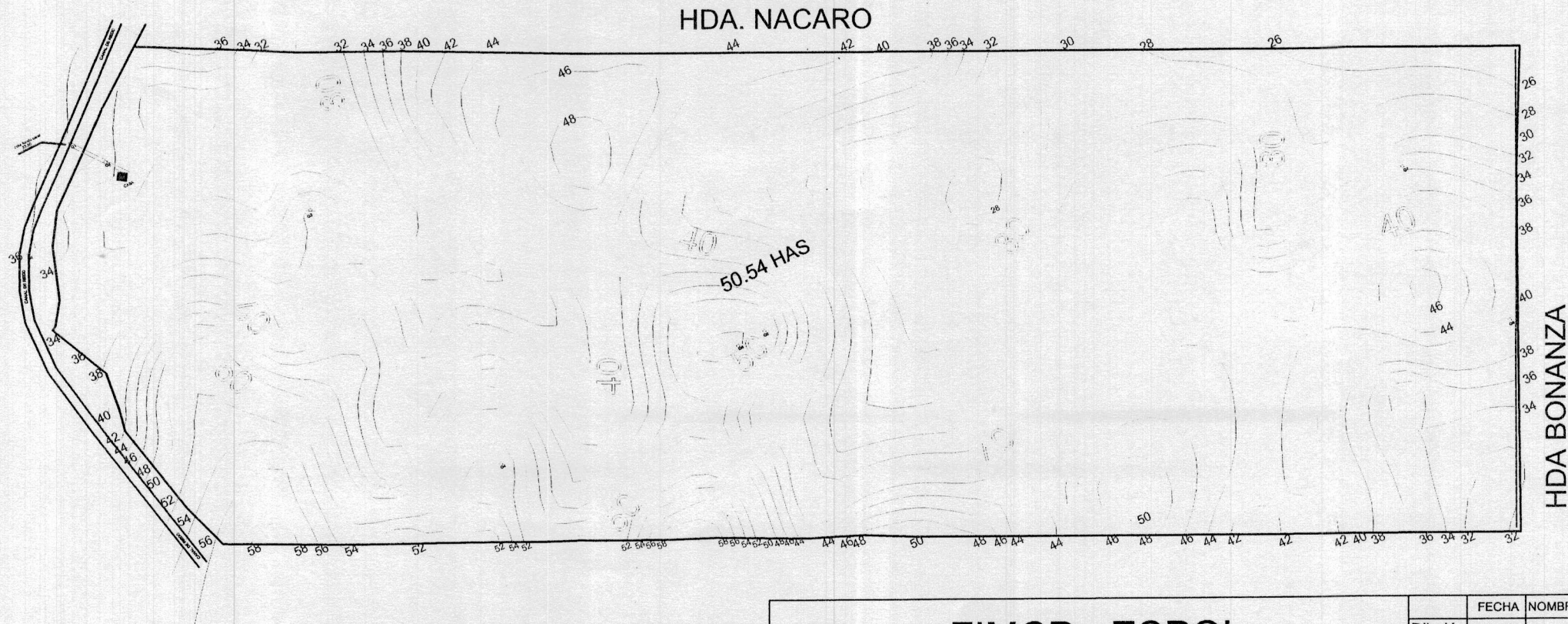
7. ESPOL-NETAFIM, **Seminario Capacitación en Sistemas de Riego**, Guayaquil 2009.
8. EUROLINEA, **Motobombas Multietapas EUROLINEA Manual del Usuario**, Colombia.
9. FAO, **Manejo del agua de riego, Manual de campo N° 4, Programación del riego**, FAO 1990.
10. FAO, **Manejo del agua de riego, Manual de campo N° 6, Necesidades y abastecimiento de agua de los sistemas de riego**, FAO 1994.
11. FAO, **Manejo del agua de riego, Manual de campo N°1, Introducción al riego**, FAO 1987.
12. FAO, **Manejo del agua de riego; Manual de campo N°2, Elementos de agrimensura**, FAO 1987.
13. GAETE LEONARDO, **“Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado”** (Trabajo de Titulación, Facultad de Ingeniería, Escuela Ingeniería Ejecución, Universidad de TALCA, 2001).

14. HANSEN VAUGHN E, ISRAELSEN ORSON W., **Principios y aplicaciones del riego**, Editorial Reverté S.A., España 1985.
15. http://www.cepis.org.pe/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/023_Dise%CC%83%82%20estaci%CC%83%82%20de%20bombeo.pdf.
16. http://www.conama9.org/conama9/download/files/CTs/985751_PDur%E1n.pdf.
17. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/169713275>.
18. <http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e07.htm>.
19. <http://www.Fluidos.eia.edu.co/hidraulica/confinado/abierta.htm>.
20. <http://www.netafim.com/crop/oil-palm/best-practice>.
21. [http://www.riegosariel.com.ar/riegosariel/index.php/Ultimas-Novedades/Sistemas de Riego por aspersi%CC%83%82%20Definici%CC%83%82%20.html](http://www.riegosariel.com.ar/riegosariel/index.php/Ultimas-Novedades/Sistemas-de-Riego-por-aspersi%CC%83%82%20Definici%CC%83%82%20.html).
22. <http://www.sagan-gea-org/hojaredsuelo/paginas/15hoja.html>.

23. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA),
Cultivo de la Palma Africana Guía Técnica, IICA, Nicaragua 2006.
24. IPS WEL-DON, **Guía para el Cementado de Tubos y Conexiones de PVC y CPVC**, IPS, U.S.A.
25. MARDAL, **Recomendaciones para la Instalación de Bombas Centrífugas**, MARDAL.
26. MCNAUGHTON KENNETH J., **Bombas, Selección, uso y mantenimiento**, Editorial Mc Graw Hill, México 1998.
27. PALMOSAN, **“Desarrollo del Sistema de riego en un cultivo establecido de Palma Africana”**, Bucaramanga 2004, 6 a 34.
28. RAYGADA RUPERTO, **Manual Técnico para el cultivo de la Palma Aceitera**, DEVIDA-PRODATU, Perú 2005.
29. RUIZ CHRISTIAN, **“Diseño de un sistema de riego móvil por goteo”** (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2001).

30.UNATSABAR/ OPS/CEPIS, **Guías para la construcción de Estaciones de Bombeo de Agua Potable**, UNATSABAR/ OPS/CEPIS, Lima 2005.

31.URALITA, **Prontuario Instalación de tuberías para abastecimiento, riego y saneamiento según normativa vigente**, URALITA Madrid 2005.

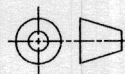


HDA BONANZA

FIMCP - ESPOL

PROYECTO:

DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN



ESCALA:

1:5000

CONTIENE:

Plano Topográfico

FECHA NOMBRE

Dibujó: 01/08/09 I. Cifuentes

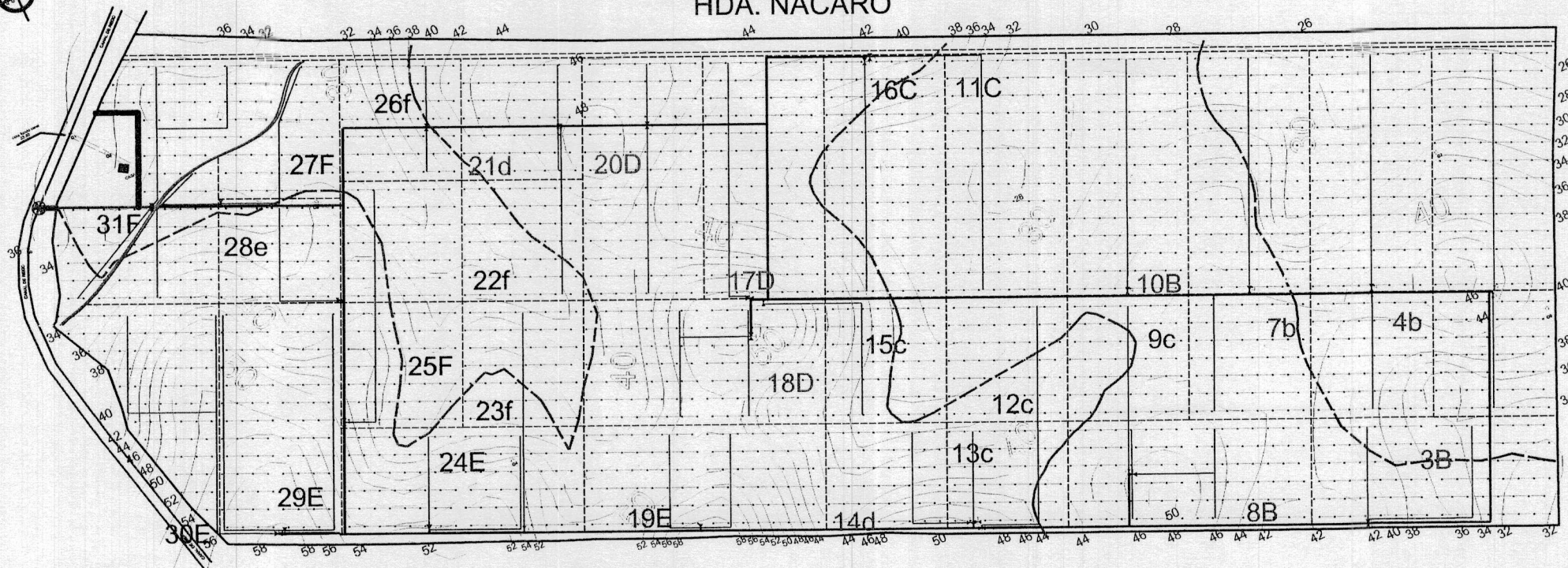
Revisó: 01/08/09 I. Cifuentes

PLANO N°:

1



HDA. NACARO



HDA BONANZA

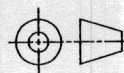
SIMBOLOGÍA

- Límites de terreno
- Drenaje
- Curvas de nivel
- Canal de RIEGO
- 23 Número de bloque
- f Sector de riego
- Límite de unidades de manejo
- División de bloques
- Camino
- Válvula de control
- Bomba de riego
- Tubería principal
- Tubería secundaria
- Tubería terciaria
- Aspersor

FIMCP - ESPOL

PROYECTO:

DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN



ESCALA:
1:5000

CONTIENE:

Trazado del diseño de riego

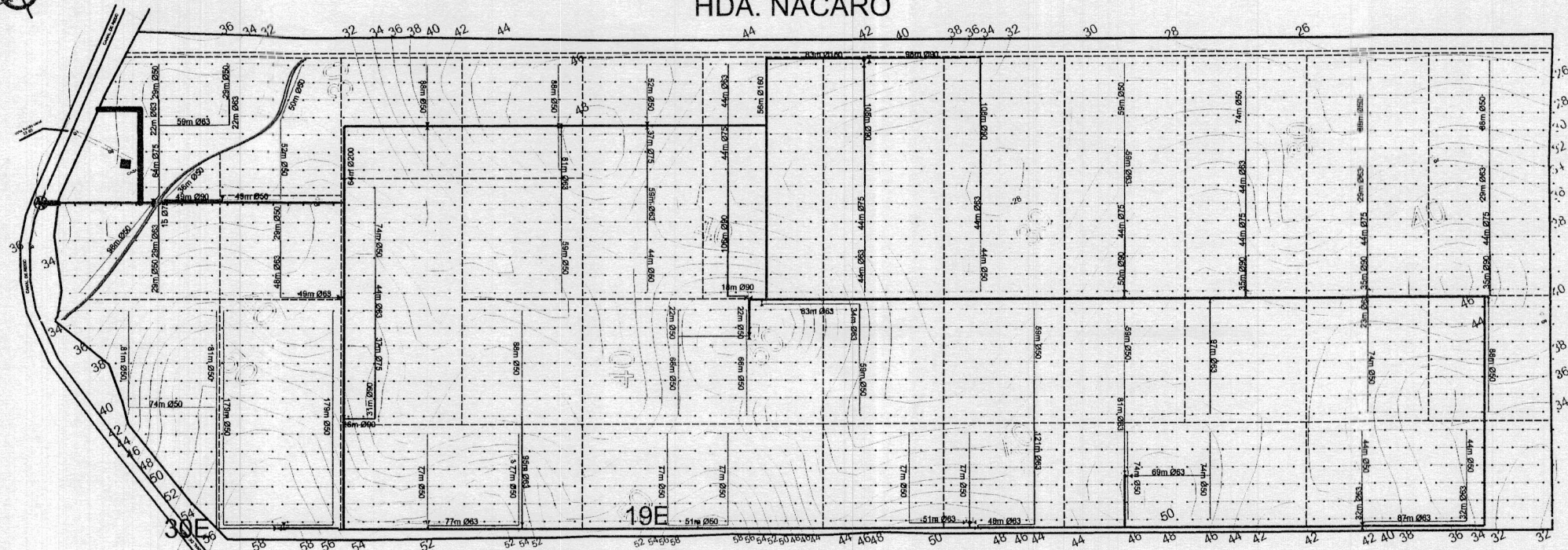
FECHA NOMBRE

Dibujó: 01/08/09 C. Cárdenas

Revisó: 01/08/09 Ing. Espinosa

PLANO N°:

2



SIMBOLOGÍA

- Límite de terreno
- Drenaje
- Curvas de nivel
- Canal de RIEGO
- División de bloques
- Camino
- Válvula de control
- Bomba de riego
- Tubería principal
- Tubería secundaria
- Tubería de 90mm
- Tubería de 75mm
- Tubería de 63mm
- Tubería de 50mm
- Tubería terciaria
- Aspersor

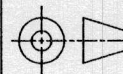
HDA. NACARO

HDA BONANZA

FIMCP - ESPOL

PROYECTO:

DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN



ESCALA:
1:5000

CONTIENE:

Diámetros de tubería secundaria

FECHA NOMBRE

Dibujó: 01/08/09 C. Cárdenas

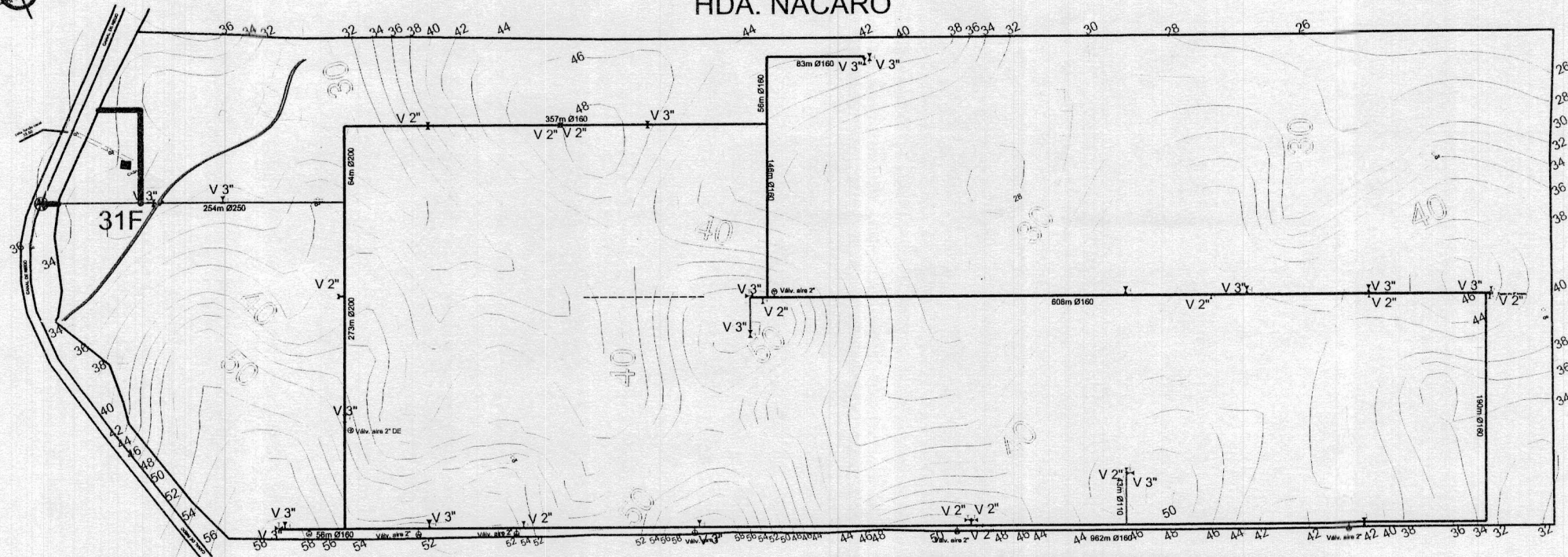
Revisó: 01/08/09 Ing. Espinosa

PLANO N°:

3



HDA. NACARO



HDA BONANZA

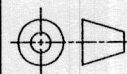
SIMBOLOGÍA

- Línea de terreno
- Drenaje
- Curvas de nivel
- Canal de RIEGO
- Válvula de control
- Bomba de riego
- Válvula de aire
- Tubería principal
- Tubería de 250mm
- Tubería de 200mm
- Tubería de 180mm
- Tubería de 110mm

FIMCP - ESPOL

PROYECTO:

DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN



ESCALA:
1:5000

CONTIENE:

Tubería principal y válvulas

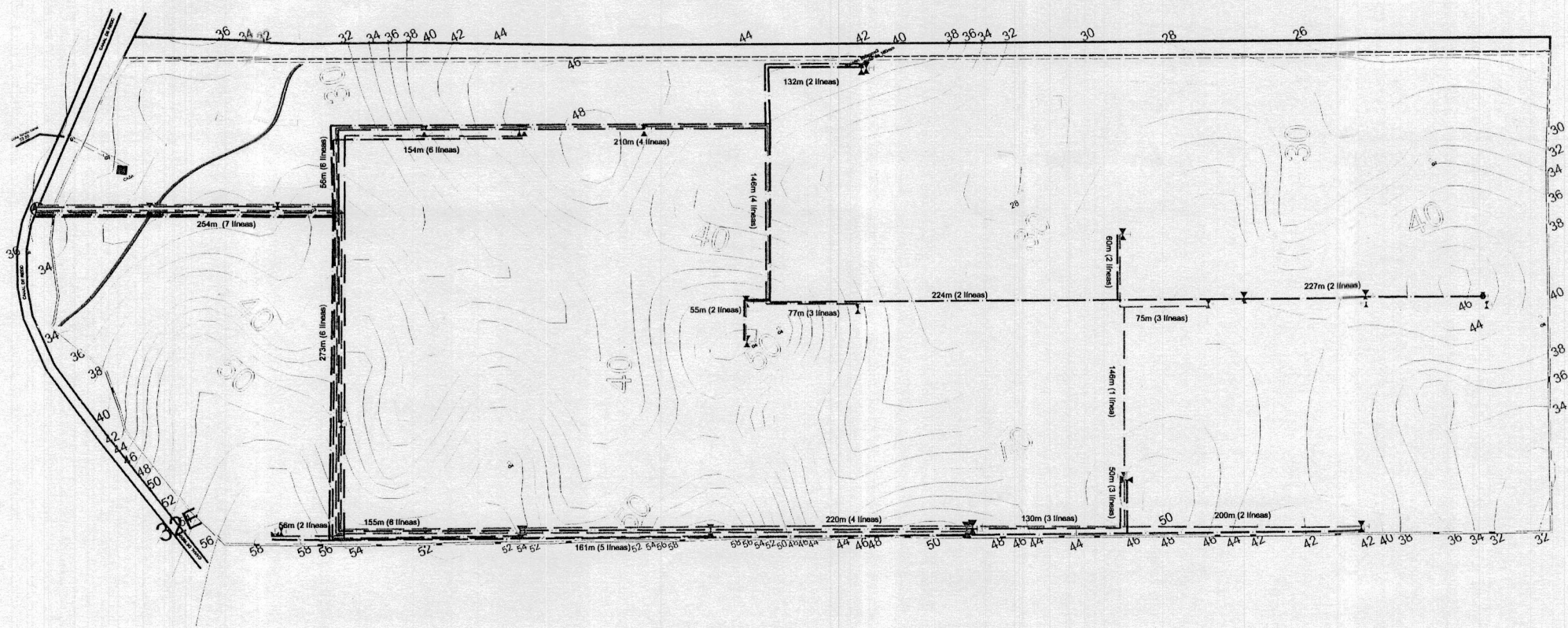
FECHA NOMBRE

Dibujó: 01/08/09 C. Cárdenas

Revisó: 01/08/09 Ing. Esphosa

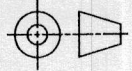
PLANO N°:

4



SIMBOLOGÍA

- Límites de terreno
- Drenaje
- Curvas de nivel
- Canal de RIEGO
- Válvula de control
- Bomba de riego
- Válvula de aire
- Tubería principal
- Tubería de 250mm
- Tubería de 200mm
- Tubería de 160mm
- Tubería de 110mm

FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
		Dibujó: 01/08/09	C. Cárdenas
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN		Revisó: 01/08/09	Ing. Espinosa
		PLANO N°:	
		5	
ESCALA:	CONTIENE:		
1:5000	Distribución de la manguera comando		

