

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL CULTIVO
ARTESANAL DE MORA**

AUTOR: DIEGO ARMANDO GUAMÁN GUAMÁN

DIRECTOR: ING. HÉCTOR SILVA G.

IBARRA – ECUADOR

SEPTIEMBRE 2014

DECLARACIÓN

DECLARACIÓN

Yo, DIEGO ARMANDO GUAMÁN GUAMÁN, declaro que el trabajo aquí descrito es de mí autoría, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.

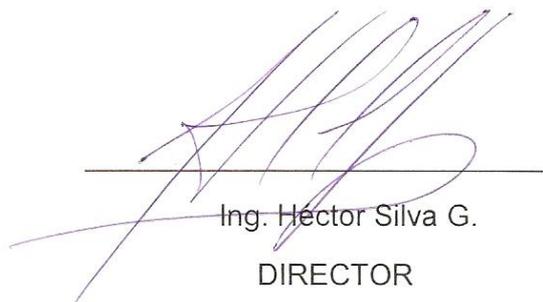


Diego Armando Guamán Guamán

CERTIFICACIÓN

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Grado "**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL CULTIVO ARTESANAL DE MORA**", presentado por el señor Diego Armando Guamán Guamán, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.



Ing. Héctor Silva G.
DIRECTOR

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100285089-7
APELLIDOS Y NOMBRES:	Guamán Guamán Diego Armando
DIRECCIÓN:	Ibarra, Nazacota Puento y Av. El retorno
E-MAIL:	diego_arm19@hotmail.com
TELÉFONO MÓVIL:	0988061605

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL CULTIVO ARTESANAL DE MORA
AUTOR:	Guamán Guamán Diego Armando
FECHA:	30 de Septiembre de 2014
PROGRAMA:	Pregrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
DIRECTOR:	Ing. Héctor Silva G.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Diego Armando Guamán Guamán, con cédula de identidad Nro. 100285089-7, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de educación Superior, Artículo 144.

(Firma) _____



Nombre: Diego Armando Guamán Guamán

Cedula: 100285089-7

Ibarra, a los 30 días del mes de Septiembre de 2014

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Diego Armando Guamán Guamán, con cédula de identidad Nro. 100285089-7, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado "SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL CULTIVO ARTESANAL DE MORA" que ha sido desarrollado para la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma) _____



Nombre: Guamán Guamán Diego Armando

Cedula: 100285089-7

Ibarra, a los 30 días del mes de Septiembre de 2014

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme vivir, guiarme y darme las fuerzas necesarias para sobresalir a lo largo de estos años de mi vida.

A mis padres y hermanos, que me apoyaron incondicionalmente para la culminación de este proyecto; ustedes han sido los pilares fundamentales en mi superación personal.

Al Ing. Héctor Silva, por su valioso aporte y paciencia en el desarrollo del presente trabajo de grado.

Y, a todos los buenos amigos, que conocí a lo largo de esta vida universitaria y que intervinieron de manera directa e indirecta para la finalización del presente trabajo.

Diego G.

DEDICATORIA

A la Santísima Virgencita del Cisne, por guiarme por el buen camino, brindarme perseverancia y sabiduría para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres Luis y María, que sin el apoyo constante de ellos no habría podido cumplir este objetivo; Gracias de todo corazón.

A mis hermanos y hermanas, que siempre estuvieron prestos en ayudarme de una u otra manera para la culminación de este trabajo. Todos ustedes son ejemplo de superación, sigan adelante y perseveren en sus objetivos planteados.

Diego G.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
Portada.....	I
Declaración	II
Certificación.....	III
Autorización de uso y publicación a favor de la UTN	IV
Cesión de derechos de autor del trabajo grado a favor de la UTN.....	VI
Agradecimiento	VII
Dedicatoria	VIII
Índice general.....	IX
Índice de figuras	XV
Índice de tablas	XVII
Índice de diagramas	XVIII
Índice de gráficos	XIX
Índice de ecuaciones.....	XIX
Resumen.....	XX
Summary.....	XXI
presentación.....	XXII
CAPÍTULO 1	1
SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN	1
1.1. TIPOS DE SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN	1
1.1.1. Sistemas de riego estacionarios.....	1
1.1.1.1. Fijos.....	1
1.1.1.2. Semifijos.....	2
1.1.1.3. Móviles	2
1.1.2. Sistemas de desplazamiento continuo	3
1.1.2.1. Pivotantes.....	3
1.1.2.2. Laterales de avance frontal	3
1.1.2.3. Cañones enrolladores	4
1.2. CRITERIOS A CONSIDERAR EN LA INSTALACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN	4
1.2.1. Consideraciones agronómicas	4
1.2.1.1. El suelo	4

1.2.1.1.1.	Composición del suelo.....	5
1.2.1.1.2.	Tipos de suelos.....	5
1.2.1.2.	Cultivo de mora	7
1.2.1.2.1.	Morfología de la mora.....	7
1.2.1.2.2.	Variedades en el ecuador	8
1.2.1.3.	Necesidades de agua en los cultivos	9
1.2.1.3.1.	Evapotranspiración (Et)	9
1.2.1.3.2.	Coeficiente de cultivo (Kc).....	10
1.2.1.3.3.	Eficiencia de riego	10
1.2.1.3.4.	Requerimiento de agua de los cultivos	10
1.2.2.	Consideraciones hidráulicas.....	10
1.3.	COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN	11
1.3.1.	Fuente de abastecimiento del agua de riego.....	11
1.3.2.	Desarenador.....	11
1.3.3.	Equipo de bombeo	12
1.3.4.	Filtros hidráulicos.....	12
1.3.4.1.	Tamices o coladeras	13
1.3.4.2.	Filtros	13
1.3.5.	Electroválvulas	13
1.3.6.	Tubería	14
1.3.6.1.	Tuberías rígidas	14
1.3.6.2.	Tuberías flexibles	14
1.3.7.	Aspersores	15
1.3.7.1.	Partes de un aspersor	15
1.3.7.1.1.	Base	15
1.3.7.1.2.	Cuerpo central	16
1.3.7.1.3.	Martillo	16
1.3.7.2.	Clasificación de los aspersores	16
1.3.7.2.1.	Según los mecanismos de giro	16
1.3.7.2.2.	Según el área mojada.....	17
1.3.7.2.3.	Según la presión de trabajo	17
1.3.8.	Dispositivos electrónicos programables	18
1.3.8.1.	Plc	18

1.3.8.1.1.	Funciones básicas del PLC	19
1.3.8.1.2.	Tipos de PLC	19
1.3.8.2.	Relé lógico programable (PLR)	20
1.3.8.3.	Microcontroladores	20
1.3.8.3.1.	Tipos de microcontroladores.....	21
1.4.	VENTAJAS E INCONVENIENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN.....	22
1.4.1.	Ventajas del sistema	22
1.4.2.	Inconvenientes del sistema	23
CAPÍTULO 2		24
DISEÑO Y PARÁMETROS DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN		24
2.1.	CONSIDERACIONES GENERALES DEL SISTEMA DE RIEGO.....	24
2.1.1.	Localización geográfica	24
2.1.2.	Recursos disponibles	25
2.1.3.	Selección de la alternativa de riego.....	26
2.1.4.	Parámetros de riego	27
2.1.4.1.	Evapotranspiración del cultivo (ETc)	27
2.1.4.1.1.	Evapotranspiración de referencia (ETo)	28
2.1.4.1.2.	Determinación del factor de cultivo Kc.....	30
2.1.4.1.3.	Cálculo de la evapotranspiración de cultivo ETc mensual.....	31
2.1.4.2.	Requerimiento de agua del cultivo (Req)	31
2.1.4.2.1.	Precipitación efectiva pe.....	32
2.1.4.2.2.	Cálculo del requerimiento de agua del cultivo (Req)	32
2.1.4.3.	Intervalos de riego.....	33
2.1.4.4.	Tiempos de riego.....	34
2.1.4.5.	Selección de aspersores	34
2.1.4.5.1.	Características requeridas para el aspersor	35
2.1.5.	Dimensionamiento del tanque reservorio	36
2.1.6.	Dimensionamiento del desarenador	39
2.2.	DISEÑO DE LA RED DE TUBERÍAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DE RIEGO. 41	
2.2.1.	Tipo de tubería del sistema	42
2.2.2.	Cálculos de diámetros y pérdidas en la tubería de conducción.....	42
2.2.2.1.	Diámetro de tubería principal	42

2.2.2.2.	Pérdidas en la tubería principal	45
2.2.2.2.1.	Pérdidas primarias	45
2.2.2.2.2.	Pérdidas secundarias	51
2.2.2.3.	Tubería secundaria	52
2.2.2.3.1.	Cálculo de caudales en las tuberías secundarias	52
2.2.2.3.2.	Diámetros de las tuberías secundarias	55
2.2.2.3.3.	Pérdidas en las tuberías secundarias	56
2.2.3.	Espesor de tuberías	59
2.2.3.1.	Espesor de la tubería principal	60
2.2.3.2.	Espesor de la tubería secundaria	60
2.3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO	61
2.3.1.	Selección de la bomba	61
2.3.1.1.	Potencia de la bomba	62
2.4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN A BAJA PRESIÓN	64
2.5.	DISEÑO DEL CONTROL DE NIVEL DEL AGUA DE RIEGO	66
2.5.1.	Selección del sensor de nivel a utilizar	66
2.5.2.	Sensores de nivel tipo switches flotadores	67
2.5.3.	Descripción del control de nivel	68
2.6.	SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PROGRAMABLE.	70
2.6.1.	Funciones del relé lógico programable en el sistema de riego	71
2.6.1.1.	Sistema de control lazo abierto	71
CAPÍTULO 3		73
DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA		73
3.1.	DIAGRAMA GENERAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	73
3.2.	DIAGRAMAS DE MANDO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	74
3.2.1.	Subproceso de maniobra del sistema	74
3.3.	PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PROGRAMABLE	76
3.3.1.	Descripción de logo! Soft comfort	77
3.3.2.	Parámetros del programa para el control del sistema	79
3.4.	TABLERO DE CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN	82
3.4.1.	Componentes del tablero de control	83
3.4.1.1.	Elementos de protección	83

3.4.1.2.	Elementos de control.....	85
3.4.1.3.	Elementos de accionamiento y visualización	86
3.4.1.4.	Elementos de conexión	87
3.4.1.5.	Elementos adicionales del tablero de control	88
3.5.	INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN.....	89
3.5.1.	Construcción de obra civil	90
3.5.2.	Instalación de componentes hidráulicos	90
3.5.2.1.	Pasos de instalación de componentes hidráulicos	91
3.5.3.	Instalación del sistema de control.....	95
3.5.3.1.	Instalación del circuito de potencia.....	95
3.5.3.2.	Instalación del circuito de control	97
3.5.3.2.1.	Instalación de componentes LOGO!.....	98
3.5.3.2.2.	Instalación de los sensores de nivel	99
3.5.3.2.3.	Instalación de relés de interface	100
3.5.3.2.4.	Instalación de fuente logo! Y transformador	100
CAPÍTULO 4		101
PRUEBAS Y AJUSTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN		101
4.1.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	101
4.1.1.	Presión en la bomba.....	101
4.1.2.	Presión en los aspersores	102
4.1.3.	Volumen de aspersión en tiempos establecidos	104
4.1.4.	Corriente nominal de funcionamiento	104
4.1.5.	Pruebas de los parámetros de control.....	106
4.1.5.1.	Señales de los sensores de nivel	106
4.1.5.2.	Señales de los botones de mando	106
4.2.	AJUSTES DEL SISTEMA	108
4.2.1.	Ajustes en la instalación hidráulica.....	108
4.2.2.	Ajustes en la instalación eléctrica y control	109
CAPÍTULO 5		110
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN		110
5.1.	COSTOS DIRECTOS	110
5.2.	COSTOS INDIRECTOS	113

5.3.	COSTO TOTAL	114
5.4.	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO	114
5.4.1.	Costos de producción con riego por surcos	115
5.4.2.	Costo de producción con el sistema de riego por aspersión	116
5.4.3.	Tiempo de recuperación de la inversión	118
5.4.4.	Razón beneficio - costo	119
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
	Conclusiones.....	121
	Recomendaciones.....	122
	BIBLIOGRAFÍA	123
	ANEXOS	127
	Anexo 1 Manual de usuario y mantenimiento del sistema	128
	Anexo 2 Elementos principales utilizados en obra civil	137
	Anexo 3 Elementos principales de la instalación hidráulica	141
	Anexo 4 Elementos principales de la instalación eléctrica y control.....	147
	Anexo 5 Reporte de análisis del suelo del cultivo de mora	163
	Anexo 6 Reporte de análisis del agua de riego	165
	Anexo 7 Anuarios metereológicos de los años 2008, 2009, 2010 de la estación Otavalo del INAMHI.....	167
	Anexo 8 Planos del proyecto.....	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de aspersión fijo	2
Figura 2: Estructura básica de un sistema de riego semifijo con mangueras	2
Figura 3: Sistema móvil de riego por aspersión (sección toma de agua)	3
Figura 4: Riego por cañón enrollador	4
Figura 5: Diferentes clases texturales del suelo	6
Figura 6: Balance del agua en la zona radicular de la planta	10
Figura 7: Efectos de presión y caudal a lo largo de una tubería.....	11
Figura 8: Aspiración e impulsión realizada por una bomba hidráulica.....	12
Figura 9: Tubería de polietileno para uso agrícola	14
Figura 10: Aspersor rotatorio 5022 RM 1/2”	15
Figura 11: Vista aérea de la ubicación del proyecto	24
Figura 12: Características del terreno	25
Figura 13: Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o), y bajo condiciones estándar (ET _c).....	28
Figura 14: Curva de K _c de la mora.....	31
Figura 15: Marco de riego rectangular.....	35
Figura 16: Distribución de aspersores	35
Figura 17: Representación del tanque reservorio.....	37
Figura 18: Dimensiones del tanque reservorio	38
Figura 19: Esquematación de la sedimentación ideal.....	39
Figura 20: Dimensiones del desarenador	41
Figura 21: Abaco de Moody.....	49
Figura 22: Tipos de conexión de tuberías en paralelo.....	52
Figura 23: Esquematación equivalente de la tubería secundaria.....	55
Figura 24: Representación esquemática de la altura manométrica del sistema..	61
Figura 25: Curvas características de bombas TEMCO serie PK.....	63
Figura 26: Implantación del sistema de riego por aspersión	65
Figura 27: Switchs de nivel tipo flotadores	67
Figura 28: Ventana de LOGO! Soft programación KOP	78
Figura 29: Ventana de LOGO! Soft programación FUP	78
Figura 30: Fase de encendido del sistema.....	79

Figura 31: Condiciones para el error de tiempo asignado	79
Figura 32: Condiciones para ejecución de riegos	80
Figura 33: Breaker de interrupción de mando y su simbología normalizada	83
Figura 34: Contactor con su simbología normalizada	84
Figura 35: Relé térmico con su simbología normalizada	85
Figura 36: Estructura de LOGO! 12/24RC y módulo digital DM8 12/24R	86
Figura 37: Diferentes tipos de pulsadores	87
Figura 38: Luces utilizadas en tableros de control.....	87
Figura 39: Borneras de conexión.....	88
Figura 40: Tipos de terminales utilizados	88
Figura 41: Transformador de 24 Vac.....	89
Figura 42: Relés de interface de 8 pines	89
Figura 43: Ubicación de los componentes de obra civil.....	90
Figura 44: Instalación de la electrobomba	91
Figura 45: Tubería de succión de la electrobomba.....	91
Figura 46: Cabezal de bombeo y sus accesorios	92
Figura 47: Instalación de tubería principal y sus accesorios.....	92
Figura 48: Instalación de electroválvulas para las ramas secundarias	93
Figura 49: Instalación de accesorios para tubería secundaria.....	93
Figura 50: Formas de instalar aspersores WOBBLER	94
Figura 51: Aspersor instalado con estaca de madera	94
Figura 52: Forma de instalar el relé térmico Moeller ZB12.....	96
Figura 53: Instalación del circuito de potencia.....	97
Figura 54: Instalación del circuito de control.....	97
Figura 55: Pasos para instalar componentes LOGO!	98
Figura 56: Conexión de entradas en LOGO!	99
Figura 57: Conexión de salidas en LOGO!	99
Figura 58: Instalación de sensores de nivel.....	99
Figura 59: Conexión de relés RELECO C12-A21	100
Figura 60: Presiones de trabajo del sistema.....	102
Figura 61: Presiones en los aspersores	103
Figura 62: Visualización de las entradas de los sensores	106
Figura 63: Visualización de parámetros de control.....	107

Figura 64: Verificación de estabilidad de la tubería de succión	108
Figura 65: Aspersores en funcionamiento	108
Figura 66: Relé térmico regulado a la corriente nominal de la bomba.....	109
Figura 67: Temporizador de apagado automático	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de suelos según su textura	5
Tabla 2: Selección de la alternativa de riego	26
Tabla 3: Cálculo de ETo para todos los meses mediante el CROPWAT	29
Tabla 4: Datos del cultivo de mora.....	30
Tabla 5: Tabla de precipitación efectiva.....	32
Tabla 6: Intervalos de riego.....	33
Tabla 7: Tiempos de riego	34
Tabla 8: Datos técnicos del aspersor “X CEL WOBBLER”	36
Tabla 9: Velocidades normales de distintos fluidos	43
Tabla 10: Características de tuberías comerciales de PVC.....	44
Tabla 11: Velocidades de la tubería principal según diámetros comerciales	44
Tabla 12: Propiedades del agua en función de la temperatura.....	48
Tabla 13: Rugosidad de tuberías comerciales	50
Tabla 14: Accesorios en la tubería principal	51
Tabla 15: Caudales de la tubería secundaria por el método de Hardy Cross	54
Tabla 16: Velocidades en la tubería secundaria según diámetros comerciales..	55
Tabla 17: Coeficientes usuales de Hazen-Williams	57
Tabla 18: Accesorios en la tubería secundaria	59
Tabla 19: Generalidades de las bombas TEMCO serie PK	63
Tabla 20 : Análisis de tuberías.....	64
Tabla 21: Caudales requeridos	64
Tabla 22: Presiones requeridas	64
Tabla 23: Selección del tipo de sensor a utilizar	66
Tabla 24: Alturas con respecto al volumen requerido para riegos	68
Tabla 25: Selección del dispositivo electrónico programable.....	70
Tabla 26: Selección del relé lógico programable	76

Tabla 27: Variantes de LOGO! SIEMENS.....	77
Tabla 28: Descripción de entradas y salidas del programa de control.....	81
Tabla 29: Tensiones utilizadas en el tablero de control	95
Tabla 30: Pruebas de volúmenes de aspersión	104
Tabla 31: Consumo de energía eléctrica por evento de riego	105
Tabla 32: Costos de materiales de obra civil	110
Tabla 33: Costos de materiales de instalación hidráulica	111
Tabla 34: Costos de materiales de instalaciones eléctricas y control	112
Tabla 35: Costos de mano de obra.....	113
Tabla 36: Costos de materiales varios.....	113
Tabla 37: Costos indirectos de instalación del sistema.....	113
Tabla 38: Costo directo total	114
Tabla 39: Costo total del proyecto	114
Tabla 40: Costos de producción con riego por surcos.....	115
Tabla 41: Utilidades mensuales con riego por surcos.....	116
Tabla 42: Costos de producción con riego por aspersión	116
Tabla 43: Utilidades mensuales con riego por aspersión.....	118
Tabla 44: Ganancia neta.....	118
Tabla 45: Periodo de recuperación en base a la ganancia neta	119
Tabla 46: Periodo de recuperación en base al ingreso adicional.....	119

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Proceso de un sistema automático con PLC	19
Diagrama 2: Sistema basado en un microcontrolador.....	21
Diagrama 3: Formas de encontrar el coeficiente de fricción f.....	46
Diagrama 4: Instrumentación del sistema de riego por aspersión	69
Diagrama 5: Diagrama de control lazo abierto del sistema	72
Diagrama 6: Diagrama de flujo de operación general del sistema	73
Diagrama 7: Diagrama de mando de encendido del sistema	74
Diagrama 8: Diagrama de maniobra de ejecución de riegos	75
Diagrama 9: Conexión del circuito de potencia	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados del cálculo de ETo mensual.....	30
Gráfico 2: Producción de mora con riego por surcos en la ubicación del proyecto año 2013	115
Gráfico 3: Producción de mora en la ubicación del proyecto con riego por aspersión año 2014.....	117

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de la evapotranspiración del cultivo.....	27
Ecuación 2: Ecuación de la FAO Penman-Monteith	28
Ecuación 3: Requerimiento de agua del cultivo	31
Ecuación 4: Volumen del cubo.....	37
Ecuación 5: Área total de un cubo	37
Ecuación 6: Formula básica del caudal.....	39
Ecuación 7: Formula básica de la velocidad	40
Ecuación 8: Perdidas primarias (Darcy - Weisbach)	45
Ecuación 9: Cálculo del número de Reynolds.....	46
Ecuación 10: Función de la rugosidad relativa.....	47
Ecuación 11: Ecuación de Blasius	50
Ecuación 12: Ecuación fundamental de pérdidas secundarias	51
Ecuación 13: Ecuación para la corrección del caudal	53
Ecuación 14: Ecuación de Hazen – Williams	53
Ecuación 15: Pérdidas primarias en base a la ecuación de Hazen- Williams	56
Ecuación 16: Cálculo del espesor de la tubería	59
Ecuación 17: Potencia de la bomba en HP	62
Ecuación 18: Potencia eléctrica	104
Ecuación 19: Energía eléctrica.....	105

SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL CULTIVO ARTESANAL DE MORA

Autor: Diego Guamán

Director: Ing. Héctor Silva

RESUMEN

El trabajo que se detalla a continuación, tiene la finalidad de ofrecer un método de fácil aplicación y mayor eficiencia en las labores de riego que tienen los agricultores artesanales de mora. Este proyecto promueve el adecuado manejo del agua, mediante un sistema de riego por aspersión tecnificado, para mejorar la producción y generar mayores ingresos económicos en los propietarios de este tipo de cultivos.

Este trabajo consta del diseño y la implementación de un sistema de riego por aspersión que permite proporcionar una adecuada lámina de agua para mantener las etapas de producción de un cultivo de mora. El sistema trabaja mediante la integración de elementos hidráulicos, eléctricos y de control que facilitan la irrigación en las plantas.

La etapa hidráulica es la encargada de transportar el agua desde el tanque reservorio hacia los aspersores cuenta con: elementos de bombeo, tubería principal y tuberías secundarias que trabajan de acuerdo a las presiones de diseño. La etapa eléctrica y de control, ofrece al sistema la verificación de la cantidad de agua que se dispone para admitir la activación de los tiempos de riego que requiera el usuario. Para el manejo de los tiempos se cuenta con sensores de nivel instalados en el tanque los cuales envían una señal que es receptada por la unidad de control.

Como parte final se realiza el análisis de los costos de implementación, en base al método de riego tradicional por surcos y para el sistema tecnificado ya instalado; se realiza principalmente para conocer las ventajas económicas que se pueden generar instalando este tipo de sistema de riego.

SPRINKLING IRRIGATION SYSTEM FOR CROP BLACKBERRY CRAFT

Author: Diego Guamán

Director: Ing. Héctor Silva

SUMMARY

The work that is detailed below is intended to provide facilities for application and greater efficiency in irrigation work with craft farmers the blackberry. This project promotes the proper management of irrigation water, through an irrigation technological sprinkling system, to improve production and generate more income economic for the owners of these crops.

This work involves the design and implementations of a sprinkling irrigation system that allow provide one adequate water sheet to maintaining the production stage of a blackberry crop. The system operates through the integration of hydraulic, electrical and control elements that make easy the irrigation in the plants

The hydraulic stage is responsible for transporting water from the reservoir tank toward the sprinklers has with: pumping elements, main and secondary pipes that should work according to the design pressures. The electrical stage and control offer to the system to know the amount of water available for allow activation of the irrigation times that required by the user. For activation of these times it has which sensors of level installed in the tank these send a signal that is receipted by the control unit.

As final part accomplishes the analysis of the costs of implementation based on the traditional method of furrow irrigation and based on the installed system, is accomplishes to know the economic benefits that can be generated by installing this type of irrigation system.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo está estructurado por cinco capítulos, conclusiones, recomendaciones y anexos. A continuación se describen brevemente las diferentes estructuras que forman parte de este trabajo.

Capítulo 1: Se describe los diferentes tipos de sistemas de riego por aspersión que se utilizan en el sector agrícola. También se detalla los fundamentos teóricos de los elementos necesarios para la instalación del sistema y se recopila las ventajas e inconvenientes que con lleva instalar el método de riego por aspersión.

Capítulo 2: Se calcula los parámetros de riego que necesita el cultivo de mora, se dimensiona el tanque reservorio y desarenador, además se diseña la red de tuberías, el sistema de bombeo, el control de nivel de agua y se selecciona el dispositivo programable.

Capítulo 3: Se describe la forma de operación del sistema, se indican los dispositivos que integran el tablero de control y se detalla la implementación de la obra civil del proyecto, la instalación hidráulica y la instalación del sistema de control.

Capítulo 4: Se realiza una descripción de las pruebas y ajustes ejecutados después de la implementación de todo el sistema de riego por aspersión.

Capítulo 5: En este último capítulo se realiza el estudio del costo de implementación del proyecto; se detallan los costos totales invertidos en el sistema y se realiza el análisis del costo beneficio del proyecto.

Conclusiones y recomendaciones: Se describe las conclusiones y recomendaciones del resultado final del proyecto.

Anexos: Muestran las características de los elementos utilizados en obra civil, instalación hidráulica, instalación eléctrica y control, además se indican los planos de instalación de las diferentes partes que tiene el sistema.

CAPÍTULO 1

SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN

1.1. TIPOS DE SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN

En términos generales, un sistema de riego por aspersión es una forma de riego que aparenta la lluvia natural. Para esto, el agua es llevada por una red de tuberías según las presiones que requiera el sistema; a estas tuberías se conectan los aspersores encargados de esparcir el agua de riego en toda el área cultivada.

Considerando la estructura de instalación de los sistemas de riego por aspersión, se clasifican como: estacionarios y de desplazamiento continuo.

1.1.1. SISTEMAS DE RIEGO ESTACIONARIOS

Estos sistemas son aquellos que permanecen inmóviles durante el periodo de riego. Dentro de estos se puede identificar principalmente los sistemas fijos, semifijos y móviles.

1.1.1.1. Fijos

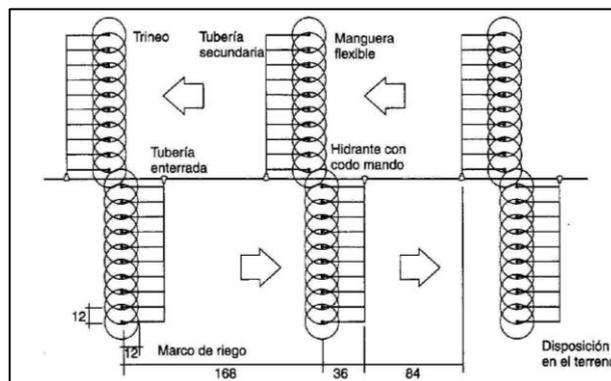
Estos sistemas se caracterizan por tener todo el equipo de instalación distribuidos totalmente en el área de riego y permanecer inmóviles. Pueden ser permanentes, si las redes de distribución están enterradas y todo el equipo está en el área de riego en todo momento. También, pueden ser transportables o amovibles si alguna parte puede desmontarse y retirarse cuando acaba el periodo de riego (Tarjuelo, 2005)

Figura 1: Sistema de aspersión fijo

Fuente: <http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario>

1.1.1.2. Semifijos

Estos sistemas se caracterizan por tener la estación de bombeo y las tuberías principales fijas, generalmente estas tuberías van enterradas y los ramales de riego son las partes móviles. Estos ramales pueden tener directamente acoplados los aspersores; aunque también suelen tener conectadas mangueras que desplazan los aspersores (trineos) a distancias determinadas para los puntos de riego (Tarjuelo, 2005).

Figura 2: Estructura básica de un sistema de riego semifijo con mangueras

Fuente: Tarjuelo, 2005

1.1.1.3. Móviles

Sus redes de distribuciones principales, secundarias e incluso terciarias, si las tuviera, se pueden desplazar de un lugar a otro.

Dependiendo de la instalación y de las características del terreno también puede ser móvil el equipo de bombeo, para esto, es necesario trabajar con maquinaria de transporte que tenga incorporado sistemas de bombeo.

Figura 3: Sistema móvil de riego por aspersión (Sección toma de agua)



Fuente:<http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario>

1.1.2. SISTEMAS DE DESPLAZAMIENTO CONTINUO¹

Son aquellos que se encuentran en movimiento durante el periodo de riego. Dentro de este se puede identificar principalmente los sistemas pivotantes, laterales de avance frontal y cañones enrolladores.

1.1.2.1. Pivotantes

Este sistema consta de elementos de riego autopropulsados, tiene un ala que describe un círculo, y se encuentra en un extremo fijo de un eje central. El extremo fijo se llama torre de captación de agua y sobre el ala se encuentran los aspersores que distribuyen el agua.

1.1.2.2. Laterales de avance frontal

Este sistema se basa en el funcionamiento del método pivotante, la diferencia es que en lugar de describir un círculo, se desplaza frontalmente. El extremo de captación de agua es autopropulsado y provoca el avance del ala de riego; aunque esto requiere que la toma sea móvil.

¹ Aplicación: Curso de Riego por aspersión (FERAGUA). Tipos de riego por aspersión. España.

1.1.2.3. Cañones enrolladores

Este sistema consta de un cañón o aspersor de grandes dimensiones, se encuentra situado sobre un carro o patín que se desplaza arrastrado por la manguera que suministra agua al cañón y a la vez se va enrollando a un tambor rotacional accionado por la misma presión del agua.

Figura 4: Riego por cañón enrollador



Fuente: <http://www.etceter.com/c-agricultura/p-tipos-de-riego-en-la-agricultura/>

1.2. CRITERIOS A CONSIDERAR EN LA INSTALACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

Los criterios de diseño agronómico e hidráulico que se manejan en la instalación de un sistema de riego por aspersión, son de gran importancia, ya que estos permiten una apropiada implementación y un buen funcionamiento del mismo.

1.2.1. CONSIDERACIONES AGRONÓMICAS

El diseño agronómico tiene como objeto desarrollar un sistema de riego capaz de suministrar la cantidad adecuada de agua para el cultivo, para ello se toma principalmente en cuenta: el tipo de suelo, cultivo, área de plantación, clima y las necesidades de agua de la planta.

1.2.1.1. El suelo

Según la física de los suelos: es un medio poroso formado por fases y sistemas (sólidos, líquidos y gaseosos) que integran un solo conjunto heterogéneo con

propiedades medibles (Núñez, 2000). De forma general el suelo es la capa superior de la tierra donde se desarrollan las raíces de las plantas y tiene un gran depósito de agua y alimentos que son necesarios para crecer y producir cultivos (PRONATTA, 2002).

1.2.1.1.1. Composición del suelo²

- Materia mineral; formada por componentes inorgánicos del suelo (arenas, piedras, arcillas, limos, gravas, etc.).
- Materia orgánica; son residuos de origen biológico predominante.
- Aire.
- Agua.

De forma porcentual el suelo se encuentra dividido de la siguiente forma: materia mineral 45%, materia orgánica 5%, aire y agua 50%.

1.2.1.1.2. Tipos de suelos

Generalmente los suelos se separan en tres clases de texturas de acuerdo al tamaño de partículas que lo conforman: las más pequeñas se llaman arcillas, los intermedios limos y las más grandes se llaman arenas (Universidad de la República, 2004).

Tabla 1: Clasificación de suelos según su textura

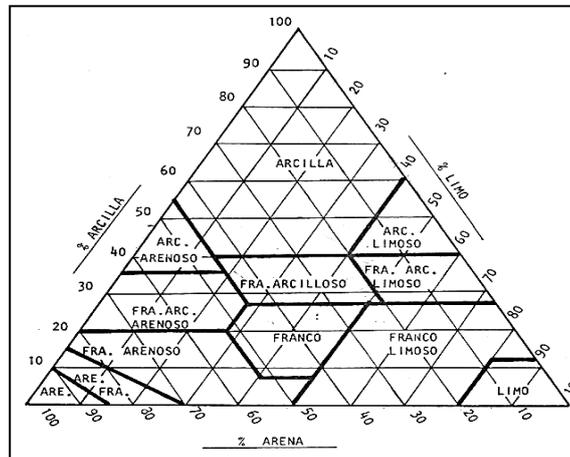
Textura	Diámetro en milímetros
Arena muy gruesa	De 2.0 a 1.0 mm
Arena gruesa	De 1.0 a 0.5 mm
Arena media	De 0.5 a 0.25 mm
Arena fina	De 0.25 a 0.1 mm
Arena muy fina	De 0.1 a 0.05 mm
Limo	De 0.05 a 0.002 mm
Arcilla	Menor de 0.002 mm

Fuente: Jorge Núñez (2000, pág. 17)

² Jorge Núñez Solís (2000): Fundamentos de edafología. Costa Rica.

Dentro de esta clasificación de suelos se puede encontrar otra división según la combinación de las texturas principales.

Figura 5: Diferentes clases texturales del suelo



Fuente: <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/lectura>

- **Suelo arenoso**

Formado por más del 50% de arenas, de apariencia granosa y áspera, no encharcan, son fáciles de cultivar, pero carecen de alimentos para las plantas (PRONATTA, 2002).

- **Suelo arcilloso**

Formado por más del 40% de arcilla, con partículas no visibles, encharcan gran cantidad de agua y poseen gran cantidad de alimentos para las plantas (PRONATTA, 2002).

- **Suelo limoso**

Formado por más del 45% de limo, de apariencia grasosa y superficie brillante (PRONATTA, 2002).

- **Suelo franco**

Poseen en su estructura más o menos cantidades iguales de arenas, limos y arcillas, tienen buena infiltración y aireación (Universidad de la República, 2004).

- **Suelo franco arenoso**

De textura medianamente gruesa, con un alto porcentaje de arena y suficiente limo y arcilla; tiene una excesiva infiltración y excelente aireación (Núñez, 2000).

- **Suelo franco arcilloso**

Tiene textura fina y usualmente se rompe en terrones que son duros cuando están secos, su infiltración y su capacidad de humedad es regular (Núñez, 2000).

- **Suelo arenoso-arcilloso**

Son suelos de textura fina con consistencia adhesiva, tienen deficiente infiltración y regular capacidad de retención de humedad (Núñez, 2000).

1.2.1.2. Cultivo de mora

La mora (*Rubus glaucus*) se produce en la zona Interandina del Ecuador en altitudes entre 2400 a 3100 m.s.n.m. con temperaturas que varían entre 12 y 18 °C, principalmente en las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Carchi. Se cultivan en terrenos francos arenosos y negros que tengan un pH 5.5 a 7. Las principales variedades que existen en el Ecuador son: Mora de castilla, roja, negra, silvestre y la variedad brazos. La cosecha se realiza de 9 a 11 semanas después de la floración, tiene un ciclo de producción de 2 a 3 meses y cosechas cada 8 días durante el año. Dependiendo de las condiciones medioambientales, el cultivo necesita una lámina de 3 mm de agua por día (INIAP-UTA, 2007).

1.2.1.2.1. Morfología de la mora

Es una planta arbustiva semierecta, de vegetación perenne y tallos rastreros o semi erguidos que pueden llegar a crecer hasta los 3 metros (INIAP-UTA, 2007).

- **Raíces**

Formada por una raíz principal y raíces secundarias que se distribuyen en los primeros 30 centímetros de profundidad, según del tipo de suelo. Se propagan

horizontal y longitudinal entre 0.5 y 1.2 metros. Son las encargadas de sostener la planta y producir brotes para su propagación (Franco & Giraldo, 1999).

- **Tallos**

Está formado por un tallo primario del que se desprenden tallos secundarios y terciarios. Se caracterizan por ser espinosos y de longitud variable entre 3 y 4 metros, con diámetros comprendidos de 1 a 2 centímetros (INIAP-UTA, 2007).

- **Hojas**

Son hojas alternas elípticas, puntiagudas de bordes dentados, de largo pecíolo y con una cara inferior más clara que la interior (Casaca, 2005).

- **Flores**

Son blancas, se disponen en racimos en las puntas de las ramas, pequeñas de 6 a 11 milímetros de ancho, de corto pedúnculo, cáliz de cinco partes, corola de cinco segmentos lobulados y estambres desiguales (Casaca, 2005).

- **Fruto**

Es una baya globosa, formada por drupas que van de un color rojo a púrpura o de rojo a oscuro y en su interior tienen diminutas semillas. Los frutos maduros pueden ser tamaño pequeño, mediano y grande, su producción es continua sobre todo en épocas lluviosas (Franco & Giraldo, 1999).

1.2.1.2.2. Variedades en el Ecuador

- **Rubus Glaucus Benth (Mora de Castilla)**

Esta variedad se cultiva en las regiones templadas y en menor cantidad en regiones frías del Ecuador, tiene gran aceptación para el consumo debido que es más duradera que otras variedades (EL COMERCIO, 2011).

- **Rubus Lanciniatus (Variedad brazos)**

Originaria de Texas, adaptada a nuestro país y apta para la exportación debido a su rusticidad y alta productividad durante un largo periodo (INIAP-UTA, 2007).

Esta variedad se caracteriza por su fruto grande y de tonalidad oscura similar al negro. Es una especie consistente, sin embargo tiene la dificultad de no adaptarse a todos los climas (EL COMERCIO, 2011).

- **Rubus Floribundus HBK (Mora Criolla)**

Criolla o silvestre, crece en las estribaciones de las cordilleras, se propaga de forma natural y no necesita cuidados (INIAP-UTA, 2007).

- **Rubus Gigantus (Mora gato)**

Semejante a la cabeza de un gato, de tamaño pequeño y de coloración morada. Esta variedad no es muy cultivada en el Ecuador debido a que no soporta las heladas y fríos (EL COMERCIO, 2011).

1.2.1.3. Necesidades de agua en los cultivos

Según Palomino (2007) existen dos formas de calcular las necesidades de agua de un cultivo: la primera forma se basa en la experimentación, se realiza mediante lisímetros gravimétricos y la segunda se realiza de una manera más práctica en la que se evalúa la evapotranspiración de los cultivos: se fundamenta principalmente en el clima, el tipo de cultivo y la clase de textura del suelo.

1.2.1.3.1. Evapotranspiración (Et)

Se puede decir que la evapotranspiración es la cantidad de agua que la planta absorbe del suelo a través de sus raíces, pasa por las hojas y se disipa en la atmósfera (transpiración), más el agua que se evapora directamente del suelo. La unidad de medida se indica en milímetros (mm) por unidad de tiempo, representa la cantidad de agua perdida en un área cultivada y expresa la altura de agua perdida por el cultivo.

En términos generales se puede decir que la evapotranspiración es la suma de la transpiración de la planta y el agua que se evapora directamente del suelo. (Palomino, 2007).

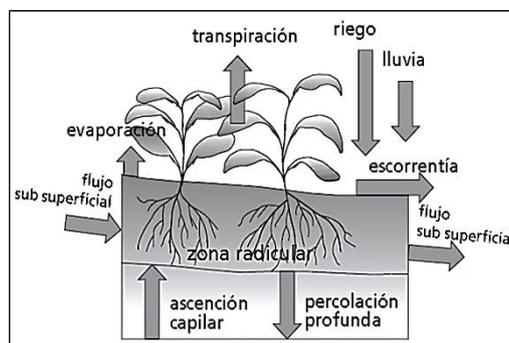
1.2.1.3.2. *Coefficiente de cultivo (Kc)*

Es un valor adimensional que expresa los cambios en la vegetación y el grado de cobertura que tienen en el suelo. Este coeficiente varía según: el tipo de cultivo, características climáticas, propiedades del terreno y fases de desarrollo de las plantas (FAO, 2006).

1.2.1.3.3. *Eficiencia de riego*

La eficiencia en el riego depende del sistema empleado, esto se debe a que no toda el agua utilizada se almacena en la zona radicular de la planta, parte de esta, se pierde por evaporación, escorrentía y percolación profunda.

Figura 6: Balance del agua en la zona radicular de la planta



Fuente: Publicaciones de la FAO-56, 2006

1.2.1.3.4. *Requerimiento de agua de los cultivos*

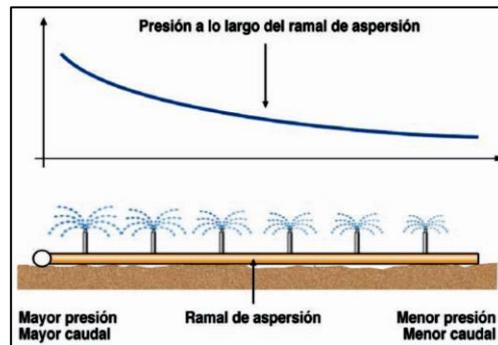
El requerimiento de agua, consiste en la lámina adicional que se debe aplicar a los cultivos para suplir sus necesidades hídricas, determina la altura en milímetros de agua necesaria para la planta.

1.2.2. CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS

El diseño hidráulico determina las características de todos los elementos necesarios en la instalación del sistema de riego, estos componentes tienen por

objeto dotar al cultivo de suficiente agua en todas las etapas de desarrollo de las plantas. En los sistemas de riego por aspersión, el diseño hidráulico, también debe dotar de agua de riego en forma de lluvia suficiente y uniforme en toda la superficie del cultivo.

Figura 7: Efectos de presión y caudal a lo largo de una tubería



Fuente: Manual de Riego para Agricultores, Modulo 3: Riego por Aspersión, 2010.

1.3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Un factor principal en el correcto funcionamiento de un sistema de riego por aspersión son sus componentes, estos deben trabajar de una forma adecuada para lograr una mayor eficiencia al momento de aplicar el riego. La mayoría de estos elementos, constan en la parte hidráulica del sistema.

1.3.1. FUENTE DE ABASTECIMIENTO DEL AGUA DE RIEGO

Es la parte que suministra el agua para el sistema, pueden ser estanques, canales de riego, ríos o cualquier otra forma que garantice dotar un volumen necesario para regar un área determinada de cultivo.

1.3.2. DESARENADOR

Es el primer componente para la captación de agua, está destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en los canales de riego y ríos. La remoción se realiza mediante un proceso de depósito y asentamiento por gravedad de las partículas suspendidas en el agua; este proceso es conocido comúnmente como sedimentación.

1.3.3. EQUIPO DE BOMBEO

Es la fuente de energía hidráulica que suministra el suficiente caudal a una adecuada presión para el correcto funcionamiento de los aspersores. Está formado por el motor y la bomba; el motor puede ser de combustión interna o eléctrica y las bombas suelen ser del tipo turbomáquinas hidráulicas.

Las turbomáquinas son bombas rotodinámicas, poseen elementos mecánicos en rotación que transmiten su energía mecánica al agua en la fase de aspiración y la impulsa a la salida, dotándola de una mayor velocidad.

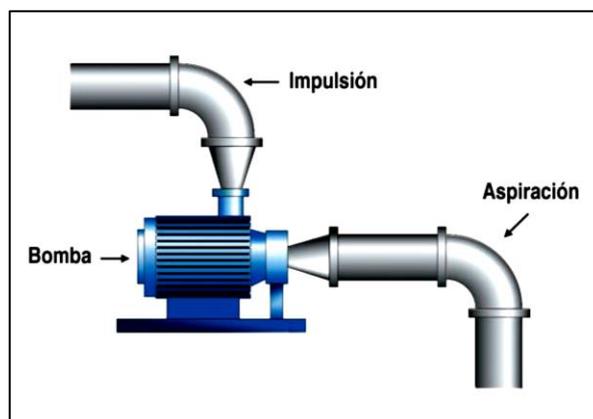
- **Fase de aspiración**

El agua es conducida por la tubería de aspiración, desde el nivel del reservorio hasta el eje de la bomba.

- **Fase de impulsión**

El agua es conducida por la tubería de impulsión desde la bomba hasta su destino final. La bomba debe ser capaz de entregar caudales requeridos y presiones adecuadas para el buen funcionamiento del sistema.

Figura 8: Aspiración e impulsión realizada por una bomba hidráulica



Fuente: Manual de Riego para Agricultores, Modulo 3; Riego por Aspersión, 2010.

1.3.4. FILTROS HIDRÁULICOS

El propósito de la filtración de un fluido, es la de entregar al sistema un fluido libre de impurezas que puedan deteriorar los elementos de la etapa de bombeo,

además evitan obstrucciones en los accesorios de una instalación hidráulica. El filtrado debe prolongar la vida útil de todos los componentes del sistema.

Los elementos de filtrado hidráulico pueden ser divididos en tamices o coladeras y en filtros.

1.3.4.1. Tamices o coladeras

Son dispositivos que quitan grandes partículas de materia extraña del fluido, suelen ser mallas metálicas ubicadas en la parte de succión de la bomba. Debido a que se encuentran en el reservorio son propensas a no tener un adecuado mantenimiento, esto genera una acumulación de grandes cantidades de material extraño, esta acumulación puede producir cavitación en la bomba reduciendo su vida útil.

1.3.4.2. Filtros

Son dispositivos que remueven partículas extrañas más pequeñas que se encuentran en un fluido. Los filtros pueden ser instalados en el reservorio o en cualquier otra parte del sistema; son ubicados donde sean requeridos por el diseñador.

Los filtros pueden ser de flujo total o parcial: los de flujo total son aquellos donde todo el fluido que entra al sistema pasa a través de ellos, mientras que en los de flujo parcial solo pasa a través de estos una cierta cantidad del total del fluido que entra al sistema.

1.3.5. ELECTROVÁLVULAS

Las electroválvulas, son dispositivos diseñados para abrir y cerrar el flujo de un fluido en conductos cerrados que generalmente son tuberías. Estos dispositivos son activados o desactivados mediante una señal eléctrica que puede ser enviada desde un programador en sistemas de riego tecnificados.

Las electroválvulas tienen un dispositivo electromagnético que acciona el mecanismo que produce la señal hidráulica para cerrarla. Estos dispositivos son

necesarios cuando se automatiza el riego. También pueden ser normalmente abiertas o cerradas; pero cuando están accionadas consumen energía.

1.3.6. TUBERÍA

En forma general la tubería es cualquier cuerpo hueco capaz de conducir por sus paredes cualquier fluido.

En los sistemas de riego por aspersión, las tuberías son los componentes que llevan el agua desde la salida de la bomba hasta los aspersores que están distribuidos en el terreno a regar.

Existen diversos tipos de tuberías pero de forma general se puede dividir en rígidas y flexibles.

1.3.6.1. Tuberías rígidas

Este tipo de tuberías suelen ser ideales para la conducción de fluidos en las instalaciones fijas. Pueden ser utilizadas en forma industrial porque conducen líquidos o gases a temperaturas y presiones considerablemente elevadas.

1.3.6.2. Tuberías flexibles

La tubería flexible suele utilizarse sobre todo en el sector agrícola, en sistemas de riego móviles, esto permite llegar a mayores áreas utilizando un menor peso para su transportación, tienen gran flexibilidad y resistencia a las cargas. Dentro de este tipo de tuberías las más conocidas son las de polietileno.

Figura 9: Tubería de polietileno para uso agrícola



Fuente: <http://sitio.plastigama.com/producto/agricola/item>

1.3.7. ASPERSORES

Según Palomino (2007); los aspersores son aquellos dispositivos encargados de la distribución del agua de riego de una forma continua, con un alto grado de uniformidad y una pulverización adecuada en el chorro.

Los aspersores están provistos de una o más boquillas por donde sale el agua a presión, estas se encuentran sobre un cuerpo central, mientras que el movimiento giratorio es provocado por la presión de salida del agua. Al salir, el agua se dispersa en forma de lluvia mojando una superficie circular total o en espacios angulares; dependiendo del tipo seleccionado. El alcance depende del caudal, de la presión del agua y del tipo de aspersor que se utilice.

Para superficies pequeñas es muy común la utilización de aspersores con cabezas giratorias o fijas y rociadores con boquillas.

1.3.7.1. Partes de un aspersor

Los aspersores están compuestos de tres partes principales que son: base, cuerpo central y martillo (Palomino, 2007).

Figura 10: Aspersor rotatorio 5022 RM 1/2"



Fuente: <http://sitio.plastigama.com/producto/agricola/item/riego-por-aspersion.html>

1.3.7.1.1. Base

Admite la conexión del tubo elevador para la entrada de agua y permite el movimiento libre de todos los componentes del aspersor (Palomino, 2007).

1.3.7.1.2. *Cuerpo central*

Tiene un eje para el acople con el martillo y sus principales funciones es la de permitir la salida del agua y amortiguar el golpe de martillo (Palomino, 2007).

1.3.7.1.3. *Martillo*

Es el elemento que provoca el movimiento del aspersor y distribuye el agua a grandes o pequeñas distancias de la ubicación (Palomino, 2007).

1.3.7.2. **Clasificación de los aspersores**

Pueden clasificarse de distintas formas; pero se basan principalmente en las características y aspectos específicos de cada uno de ellos. La siguiente clasificación se fundamenta en las características esenciales de los aspersores.

1.3.7.2.1. *Según los mecanismos de giro*³

- **Aspersores de impacto**

Son aspersores que provocan su giro mediante el impulso del chorro de agua sobre un brazo oscilante, cuentan con un muelle recuperador para regresar a su posición inicial. Son considerados aspersores de giro lento: estos tienen una velocidad de giro relativamente pequeña.

- **Aspersores rotativos**

Estos poseen en su estructura una o varias boquillas que se encuentran orientadas de forma en que la reacción al cambio de dirección del movimiento del agua, produzca la rotación del aspersor. Este tipo de aspersores no son utilizados para extensiones grandes de agricultura.

- **Aspersores de turbinas**

Son de giro continuo, aprovechan el paso del agua a presión por unos engranajes que se encuentran unidos al cuerpo del aspersor. Para su correcto

³ Manual de Riego para Agricultores (2010), Modulo 3: Riego por Aspersión. España.

funcionamiento necesitan trabajar con presiones altas, esto hace que los aspersores sean de gran tamaño; suelen usarse sobre todo en jardinería.

1.3.7.2.2. *Según el área mojada*⁴

- **Aspersores sectoriales**

Son aspersores que tienen el giro limitado, solo a un sector angular, no realizan el giro completo y son utilizados en sectores laterales y esquineros.

- **Aspersores circulares**

Son aspersores que distribuyen el agua mojando una superficie totalmente circular, su ubicación se encuentra dentro del área a regar.

1.3.7.2.3. *Según la presión de trabajo*

- **De alta presión (mayores 4kg/cm² ó 400KPa)**

Son de gran tamaño, comúnmente llamados cañones, trabajan con presiones superiores a 4 kg/cm². Este tipo de aspersores pueden entregar caudales de hasta 200m³/hora y consiguen un alcance entre 25 y 70 metros (Tarjuelo, 2005).

- **De media presión (entre 2 y 4 kg/cm² ó 200 y 400KPa)**

Son aspersores que trabajan con presiones comprendidas entre 2 y 4 kg/cm², cuentan con una o dos boquillas con diámetros de 4 y 7 milímetros, llegan a suministrar caudales entre 1000 y 6000 litros/hora y su alcance está dentro de los 12 a 24 metros (Tarjuelo, 2005).

- **De baja presión (menores 2 kg/cm² ó 200KPa)**

Son aquellos que trabajan a presiones inferiores a los 2 kg/cm², suelen ser aspersores de impacto con una sola boquilla de diámetro inferior a los 4 milímetros, ofrecen caudales inferiores a los 1000 litros/hora y su alcance puede llegar hasta los 12 metros (Tarjuelo, 2005).

⁴ Manual de Riego para Agricultores (2010), Modulo 3: Riego por Aspersión. España.

Este tipo de aspersores se utiliza principalmente para la jardinería y riego de plantas frutales que necesitan un ángulo bajo de salida de agua.

1.3.8. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PROGRAMABLES

Son dispositivos que en su estructura tienen un conjunto de circuitos integrados que contienen un número determinado de elementos lógicos programables. Dentro de estos dispositivos electrónicos, es posible guardar programas que facilitan controlar variables físicas que intervienen en un sistema.

En los sistemas de riego por aspersión tecnificados se utilizan dispositivos electrónicos programables, estos controlan el funcionamiento de todo el sistema de acuerdo a los parámetros ingresados en el programa.

En la memoria de estos dispositivos se guarda información que permite controlar tiempos de riego, horas de encendido o apagado y otras funciones que se puede integrar al programa de acuerdo a las necesidades del cultivo.

El controlador para un sistema de riego tecnificado puede ser cualquier dispositivo electrónico programable que se ajuste a los requerimientos de diseño, entre los más utilizados están los PLC'S, relés programables y microcontroladores.

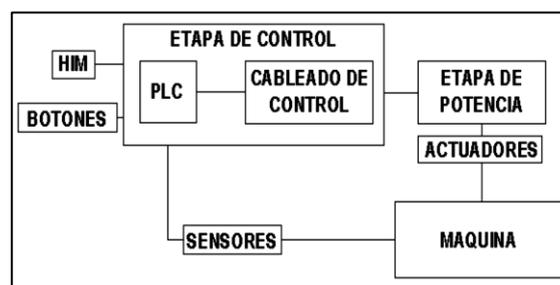
1.3.8.1. PLC

Por sus siglas en ingles significa Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable), es un autómata programable similar a una computadora; pero con múltiples entradas y salidas, diseñado para trabajar en ambientes industriales. En la industria son utilizados para el control de procesos secuenciales de una forma automática en tiempos reales, su funcionamiento se basa en la programación de instrucciones lógicas como: funciones serie, paralelo, contaje, cálculos, comparaciones, temporizaciones y de pendiente del tipo de PLC llega a realizar funciones mucho más complejas.

1.3.8.1.1. Funciones básicas del PLC⁵

- Detección: Lectura de las señales (análogas o digitales) emitidas por los sensores inductivos o capacitivos.
- Mando: Elaborar y enviar acciones al sistema mediante los actuadores (motores, electroválvulas, luces, etc.) y preactuadores.
- Interfaz hombre maquina (HMI): Su función es de interactuar con los operarios, obedeciendo sus mandos e informando del estado del proceso.
- Programación: Instrucciones lógicas guardadas en el autómata. La programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata en función del área que está controlando.
- Redes de comunicación: Establece la comunicación con otras partes del sistema en control, permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real.

Diagrama 1: Proceso de un sistema automático con PLC



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/150296005/curso-PLC-TOSHIBA>

1.3.8.1.2. Tipos de PLC

- **PLC compacto**

Son Autómatas compuestos por su fuente de alimentación, CPU, entradas y salidas digitales en un solo bloque (MECATRONICA TIP, 2009).

- **PLC semimodulares**

Son autómatas de estructura Americana, la CPU, fuente de alimentación y la memoria de programa se encuentran en un solo bloque, las entradas y salidas se integran mediante módulos analógicos y digitales según sean necesarios.

⁵ Disponible en: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/> : Cursos en Internet, Autómatas Programables

- **PLC modulares**

Son autómatas de estructura Europea, cada función es independiente, la CPU, fuente de alimentación, entradas - salidas digitales y analógicas son módulos que se arman de acuerdo a las necesidades de trabajo, por su estructura este tipo de PLC'S son más flexibles que los compactos y semimodulares.

1.3.8.2. Relé lógico programable (PLR)

Los PLR'S son dispositivos de gama baja, similares a los PLC'S, son más pequeños y se utilizan en la pequeña y mediana industria, pueden controlar pocas entradas y salidas de un proceso. A diferencia de los PLC'S que son modulares y pueden ampliarse en gran medida para el manejo de señales, los PLR'S solo pueden ampliarse en un número bajo de entradas y salidas para el manejo de señales; son dispositivos que poseen los elementos básicos para la automatización de pequeños y medianos procesos. En su estructura interna tiene: relés internos, biestables, temporizadores, contadores, comparadores, etc.

Las principales características de los PLR'S son: cuentan con una pequeña pantalla LCD para visualizar el estado de las entradas y salidas cuando están en ejecución y para ver la lógica de programación guardada en la memoria, por lo general el lenguaje de programación se realiza en diagramas de contactos o bloques de función, también suelen tener en algunos casos una botonera que se utiliza para editar la lógica de programación directamente en el PLR sin necesidad de una PC. Para la conexión con una PC cuentan con un puerto RS-232 o RS-485, estos puertos se utilizan para grabar los programas editados en una PC a la memoria del PLR, además se fabrican según normas estandarizados de anclaje a rieles DIN.

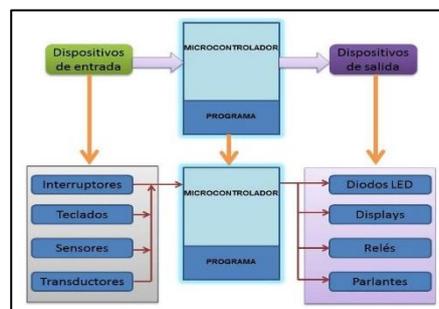
1.3.8.3. Microcontroladores

Es un circuito integrado, que en su interior tiene toda la arquitectura de un computador: CPU, (Unidad Central de Proceso) memorias RAM, EEPROM, y circuitos de entrada y salida. No necesita elementos adicionales especializados para su aplicación, porque todos los circuitos necesarios se encuentran

integrados en el mismo chip. Para su funcionamiento necesita ser programado y conectado los dispositivos de entrada y salida que se vayan a controlar.

El microcontrolador es un pequeño controlador de otros circuitos o dispositivos eléctricos, mecánicos, o de cualquier otro tipo. Para que realice alguna tarea de control debe ser programado, puede realizar desde un simple encendido de un LED hasta un sofisticado control de un robot. Es un dispositivo de lógica programada capaz de realizar funciones lógicas como: compuertas AND, OR, NOT, NAND, conversores A/D, D/A, temporizadores, decodificadores, etc., reemplaza a la lógica cableada que implica la utilización de varios componentes electrónicos en un circuito (Reyes, 2008).

Diagrama 2: Sistema basado en un microcontrolador



Fuente: Microcontroladores CEKIT, Tomo 1: 2002

1.3.8.3.1. Tipos de microcontroladores

Se pueden dividir primeramente en las principales familias de microcontroladores que se encuentran en el mercado, entre las más difundidas son: Motorola, Microchip, Intel, Philips, National y Atmel (CEKIT S.A., 2001, pág. 40). Dentro de este grupo principal la mejor manera de clasificarlos es según la gama de funciones que tiene cada uno de ellos, para esto se basa en los microcontroladores PIC de Microchip.

- **Gama baja**

Son microcontroladores con recursos muy limitados y vienen en dispositivos de 4, 8 y 16 bits. Los PIC de esta gama tienen 33 instrucciones de 12 bits, no tienen interrupciones y están disponibles en chips de 14, 18, 20 y 28 pines. Se

utilizan principalmente en aplicaciones que requieran baterías, pues estos trabajan con voltajes muy pequeños inferiores a 2.0 voltios (Collaguazo, 2007).

- **Gama media**

Es una gama variada y completa, ofrece un amplio rango de opciones y está formado por dispositivos de 16 y 32 bits. Los PIC de esta gama vienen en encapsulados de 18 a 68 pines, además tienen un set de 35 instrucciones de 14 bits y un convertidor análogo/digital de 12 bits (Collaguazo, 2007).

- **Gama superior**

Está formado por dispositivos de 32, 64 y 128 bits. Los microcontroladores PIC de esta gama utilizan tecnología CMOS, cuentan con un set de 77 instrucciones y múltiples interrupciones internas y externas (Collaguazo, 2007).

1.4. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

1.4.1. VENTAJAS DEL SISTEMA⁶

Las ventajas se fundamentan principalmente en dos aspectos: uno, el control del riego sólo está limitado a las condiciones climáticas (pérdidas por evapotranspiración o arrastre y efecto del viento) y dos, la uniformidad de aplicación del agua es independiente de las características topológicas del suelo.

- Se consigue regar terrenos ondulados o con demasiada pendiente sin necesidad de una nivelación. Además se reduce el costo de mano de obra que se necesita para la aplicación del riego.
- Se aprovecha más la superficie de cultivo porque no se destina parte del suelo a canales y acequias; el agua se conduce por tuberías.
- Es una forma de riego que se adapta muy bien a las primeras fases de desarrollo de los cultivos, donde son necesarios riegos ligeros pero

⁶ Manual de Riego para Agricultores (2010), Modulo 3: Riego por Aspersión. España. Pág. 20, 21

frecuentes. Además se puede utilizar para proteger al cultivo contra heladas y temperaturas excesivas que reducen la producción.

- Es un método eficaz para realizar un lavado de sales que se encuentren en la parte superficial del suelo.
- Posibilita la aplicación de fertilizantes solubles en el agua como insecticidas y fungicidas.
- Se elimina el riesgo de erosión en el suelo ya que se consigue una alta uniformidad en la aplicación, también se evita la pérdida de agua por percolación profunda.

1.4.2. INCONVENIENTES DEL SISTEMA⁷

El riego por aspersión es un sistema que tiene gran número de ventajas, pero, cabe señalar que también se tiene algunos inconvenientes principalmente en la parte económica. A continuación se enunciarán los principales problemas de este sistema.

- El primer inconveniente que se genera es el alto valor económico en instalaciones iniciales, dependiendo del tipo de riego por aspersión que se instale también se dan altos costos en el mantenimiento.
- Las limitaciones para aplicar este tipo de riego se da cuando se produce fuertes vientos que distorsionan la dispersión del agua; generando una mala uniformidad en la irrigación.
- Como el agua llega al cultivo en forma de lluvia, puede tener efectos negativos sobre las hojas, flores y frutos, ya que al humedecerse la parte aérea de las plantas aumenta el riesgo de desarrollo de enfermedades.
- El agua debe ser limpia y sin grandes cantidades de sales, porque algunas plantas pueden sufrir quemaduras en las hojas. Dependiendo de la sensibilidad del cultivo, al evaporarse el agua, las sales pueden quedar concentradas en exceso sobre las hojas de las plantas.

⁷ Manual de Riego para Agricultores (2010), Modulo 3: Riego por Aspersión. España. Pág. 21

CAPÍTULO 2

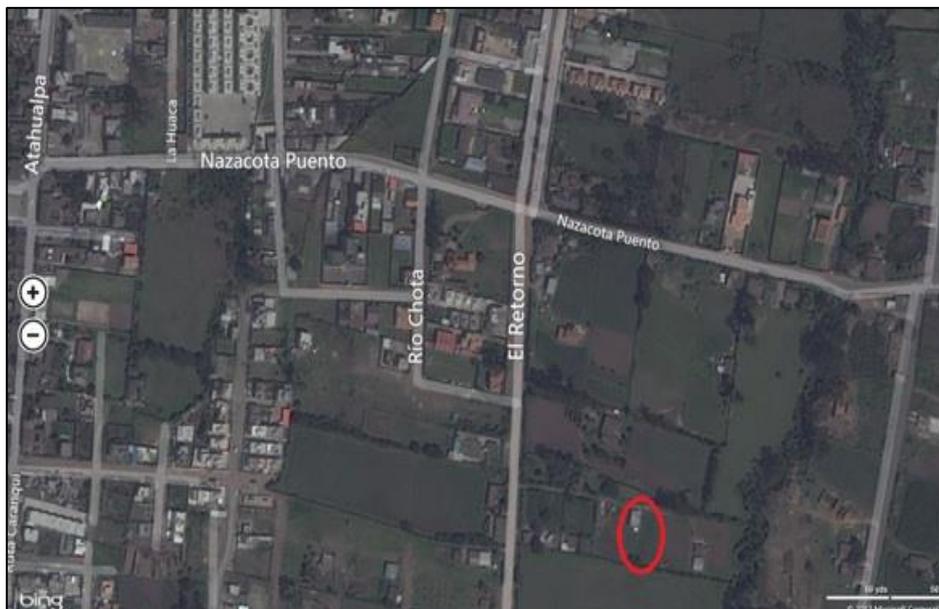
DISEÑO Y PARÁMETROS DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

2.1. CONSIDERACIONES GENERALES DEL SISTEMA DE RIEGO

2.1.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto se encuentra ubicado en el barrio San Diego, Parroquia Caranqui, del Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura. Ibarra es la capital de la provincia de Imbabura; se encuentra entre las coordenadas $00^{\circ} 20' 00''$ y $78^{\circ} 06' 00''$, ubicada a 2.228 metros s.n.m con una temperatura media de 15.90°C ⁸. En el Anexo 8 se muestra la ubicación y la topografía del terreno.

Figura 11: Vista aérea de la ubicación del proyecto



Fuente: Windows 8, Aplicación mapas ©2013 Microsoft Corporation

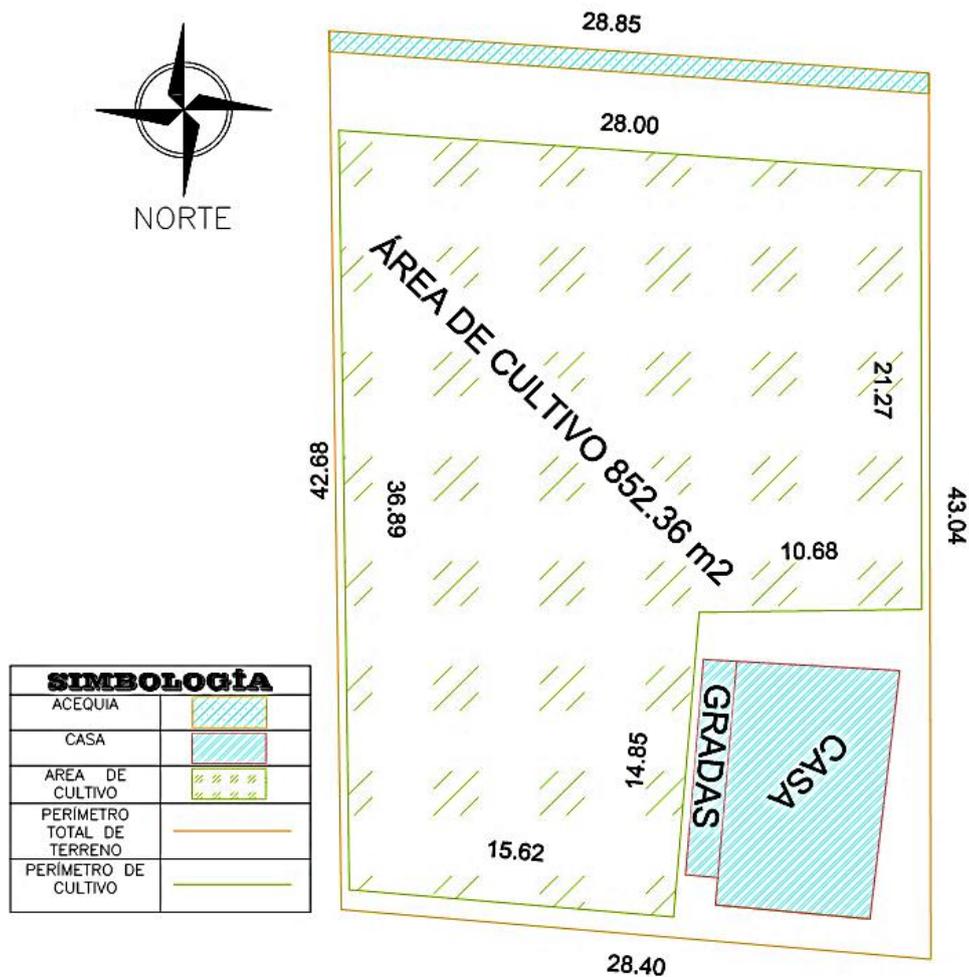
⁸ Disponible en: <http://www.ibarra.gob.ec/web/index.php/ibarra/localizacion-geografica> (2013)

2.1.2. RECURSOS DISPONIBLES

Para el presente proyecto se dispone de un potencial hídrico de la acequia “CARIYACU” OVALO LA ESPERANZA, con una disposición de una hora de agua de riego por semana que se alterna en horarios y días; una semana se tiene el horario diurno y la siguiente semana el horario nocturno. Los caudales que presenta esta acequia son muy variantes, pero, el caudal útil mínimo para el riego esta alrededor de 1.67 lt/s.

El área total del terreno es de 1222.34m² y el área de cultivo de mora (*variedad brazos*) es de 852.36m² aproximadamente con una textura de suelo arenoso-arcilloso. El siguiente gráfico muestra el área total del terreno y sus sectores.

Figura 12: Características del terreno



Fuente: Autor

2.1.3. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE RIEGO

Para la selección del tipo de riego más adecuado se basa en la evaluación de las ventajas y desventajas de las tres principales alternativas. Cada alternativa tiene una valoración que va, de 1 hasta 10 puntos, con equivalencia de baja y alta consideración, respectivamente, la eficiencia se presenta en rangos de 1% al 100%. La tabla 2 muestra la cuantificación de las alternativas de regadío en relación a las características del riego por aspersión (Fernández R. , 2010) .

Tabla 2: Selección de la alternativa de riego

ALTERNATIVA CRITERIOS	Por Surcos		Por aspersión		Por Goteo	
	Eficiencia máxima	70%	7	85%	8.5	95%
Adaptación topográfica	5		9		9	
Escorrentía	4		8		10	
Lavado de la planta	1		9		1	
Fumigación	1		8		1	
Control térmico del cultivo	5		8		5	
Facilidad de operaciones agrícolas	10		7		6	
Control de enfermedades a la planta	8		6		9	
Posibilidad de automatización	1		10		10	
Control de dosificación de agua	5		7		9	
TOTAL	47		80.5		69.5	

Fuente: Autor

Según los resultados de la tabla 2; la alternativa de riego con mayor puntuación es la del sistema por aspersión. De acuerdo a este resultado, se diseña el sistema de riego por aspersión para implementarlo en un cultivo artesanal de mora, se accionará de forma manual, permitirá seleccionar la zona del cultivo y el tiempo de riego. El sistema puede accionarse independientemente del grado de humedad que tenga el terreno; solo depende del usuario para su funcionamiento.

El sistema tendrá sensores de nivel en el tanque de almacenamiento de agua. Las señales de estos sensores permitirán que los componentes de bombeo se pongan en marcha o no, además dependiendo de la cantidad de agua se podrá seleccionar los tiempos que requiera el operador.

2.1.4. PARÁMETROS DE RIEGO

Primeramente se calcula la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc) según la fórmula propuesta por el estudio de la FAO-56, 2006.

2.1.4.1. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Ecuación 1: Cálculo de la evapotranspiración del cultivo

$$ETc = ET_o * Kc$$

Fuente: FAO-56, 2006

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

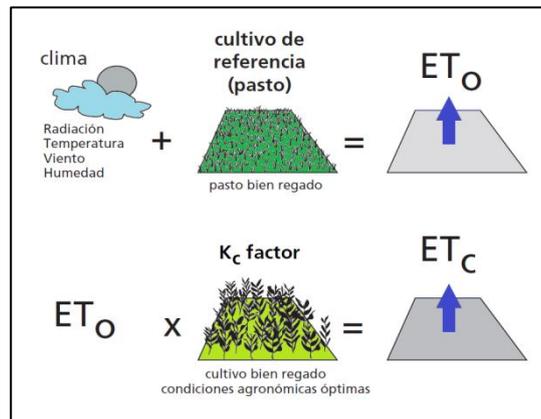
ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kc = Coeficiente de cultivo (adimensional)

La evapotranspiración de referencia es un parámetro relacionado con el clima y expresa el poder evaporante de la atmósfera⁹. En la figura 13 se muestra las partes de ETc y ETo.

⁹ Publicaciones de la FAO-56, 2006

Figura 13: Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), y bajo condiciones estándar (ET_c)



Fuente: FAO-56, 2006

2.1.4.1.1. Evapotranspiración de referencia (ET_o)

Para el cálculo de la ET_o se realiza mediante el software CROPTWAT de la FAO y el promedio de los anuarios meteorológicos del periodo 2008 - 2010 de la estación Otavalo del INAMHI. Se trabaja con estos datos por ser la estación más cercana a la ciudad de Ibarra con los anuarios meteorológicos disponibles. El Anexo 7 muestra los datos climatológicos utilizados.

Para el cálculo, el CROPTWAT se basa en la ecuación de la FAO Penman-Monteith. Esta ecuación es considerada como el método estándar del cálculo de la ET_o.

Ecuación 2: Ecuación de la FAO Penman-Monteith

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)}$$

Fuente: FAO-56, 2006

Donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

R_n = Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/ m² día)

R_a = Radiación extraterrestre (mm/día)

G = Flujo del calor del suelo ($\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ día}$)

T = Temperatura media del aire a 2m de altura ($^{\circ}\text{C}$)

U_2 = Velocidad del viento a 2m de altura (m/s)

e_s = Presión de vapor de saturación (KPa)

e_a = Presión real del vapor (KPa)

$e_s - e_a$ = Déficit de presión ($\text{KPa}/^{\circ}\text{C}$)

Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{KPa}/^{\circ}\text{C}$)

γ = Constante psicométrica ($\text{KPa}/^{\circ}\text{C}$)

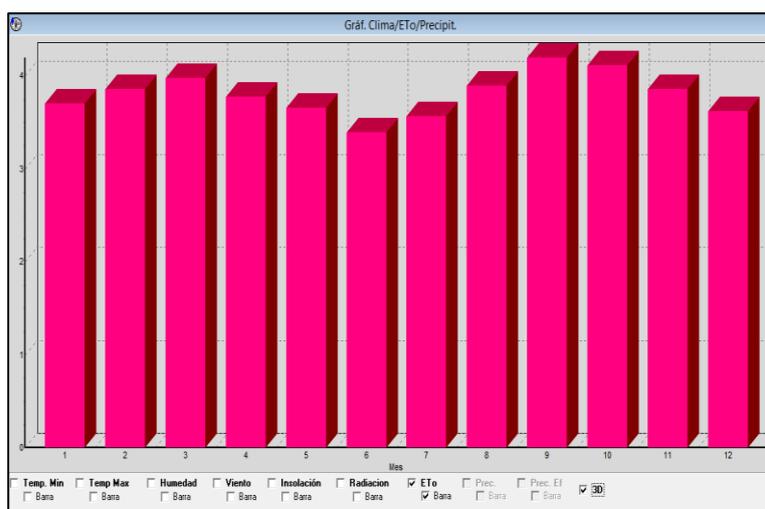
Tabla 3: Cálculo de ETo para todos los meses mediante el CROPWAT

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Users\Diego Guaman\Desktop\param...							
País		Ecuador		Estación			
Altitud		2550 m.		Latitud		0.24 °N	
				Longitud		78.25 °W	
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	%	m/s	horas	$\text{MJ}/\text{m}^2/\text{día}$	$\text{mm}/\text{día}$
Enero	8.8	21.5	82	0.3	8.5	21.8	3.70
Febrero	8.9	21.6	81	0.4	8.5	22.6	3.86
Marzo	8.9	21.9	81	0.3	8.7	23.2	3.97
Abril	9.6	21.8	83	0.3	8.3	21.9	3.77
Mayo	8.7	22.1	81	0.3	8.9	21.6	3.65
Junio	8.2	21.1	80	0.4	8.7	20.6	3.39
Julio	7.4	21.6	77	0.5	9.4	21.8	3.57
Agosto	7.4	22.1	74	0.5	9.7	23.4	3.89
Septiembre	7.0	22.6	73	0.6	10.1	24.9	4.19
Octubre	8.4	22.8	78	0.5	9.5	24.1	4.11
Noviembre	8.7	22.3	81	0.3	9.0	22.7	3.86
Diciembre	9.4	21.7	84	0.3	8.3	21.2	3.62
Promedio	8.4	21.9	80	0.4	9.0	22.5	3.80

Fuente: Autor

En la tabla 3, la temperatura mínima, máxima, humedad y viento son valores ingresados del promedio de los datos de los anuarios meteorológicos del periodo 2008-2010, mientras que la insolación es estimada por el CROPWAT; esta estimación se basa en la ubicación de la estación meteorológica, que en este caso es la estación Otavalo del INAMHI.

Como se observa en la tabla 3 la evapotranspiración de referencia mínima se encuentra en el mes de Junio con 3.39 mm/día y la máxima en el mes de Septiembre con 4.19 mm/día.

Gráfico 1: Resultados del cálculo de ETo mensual

Fuente: Autor

2.1.4.1.2. Determinación del factor de cultivo K_c

Para determinar el valor del K_c , se toma los datos del estudio de la FAO-56 para la mora y el módulo de cultivo del CROPWAT. El coeficiente K_c es un factor determinado experimentalmente por la FAO en distintos lugares del mundo y sus valores dependen de las fases de desarrollo de las plantas.

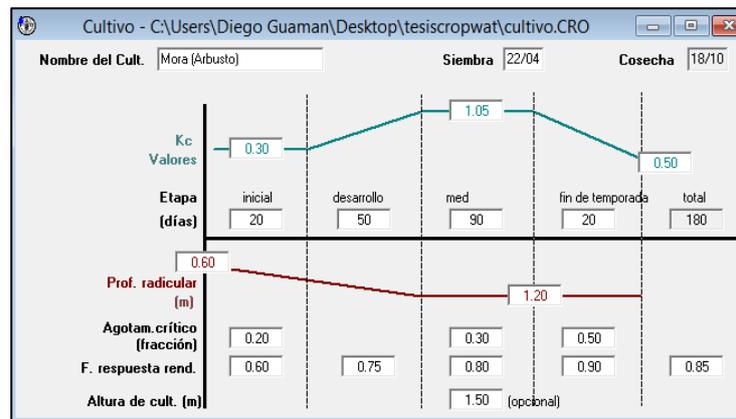
Tabla 4: Datos del cultivo de mora

Etapas	Inicial	Desarrollo	Medio	Final
Valores de K_c para mora (arbusto)	0.30	----	1.05	0.50
Etapas de crecimiento(días)	20	50	90	20
Profundidad radicular máxima (0.6 - 1.2) metros				
Altura máxima del cultivo 1.5 metros				
Fracción de agotamiento de la humedad en el suelo 0.50				
Conductividad eléctrica de umbral debido a la salinidad en la zona radicular: 1.5 deciSiemens por metro (dS/m) a 25°C.				
Reducción porcentual de la productividad del cultivo: 22% (dS/m)				
Coeficiente estacional de respuesta de la productividad (basado en la uva): 0.85				

Fuente: Publicaciones de la FAO-56, 2006

En la siguiente figura se muestra la curva de K_c con los datos de la tabla 4 y asumiendo que la siembra se realizó en el mes de Abril.

Figura 14: Curva de Kc de la mora



Fuente: Autor

2.1.4.1.3. Cálculo de la evapotranspiración de cultivo ET_c mensual

Como la planta de mora (variedad brazos) es perenne y tiene raíces ramificadas en profundidades entre 40 a 50 cm se toma el valor de K_c igual a 0.5 y la evapotranspiración de Septiembre con 4.19mm/día que es el mes más crítico para el cultivo.

$$ET_c = ET_o * K_c$$

$$ET_c = 4.19 \text{ mm/día} * 0.5$$

$$ET_c = 2.1 \text{ mm/día}$$

El valor de la ET_c indica que el cultivo de mora requiere una lámina de 2.1 mm de agua por día repartida uniformemente en el área cultivada. Esta lámina debe ser proporcionada a través de la lluvia natural o del riego.

2.1.4.2. Requerimiento de agua del cultivo (Req)

Es la lámina de agua adicional por día que necesita el cultivo, para el cálculo se basa en el tipo de riego empleado; en este caso es el riego por aspersión.

Ecuación 3: Requerimiento de agua del cultivo

$$Req = \frac{ET_c - PE}{Eficiencia}$$

Fuente: Palomino, 2007

Donde:

Req = Requerimiento de agua del cultivo

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

PE = Precipitación efectiva (mm/día)

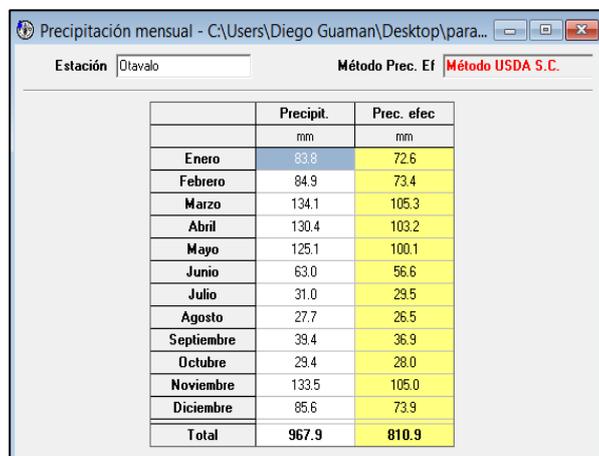
Eficiencia = Eficiencia de aplicación de los tipos de riego

2.1.4.2.1. Precipitación efectiva PE.

Se refiere a la fracción de volumen hídrico aprovechado por la planta del total de las lluvias: esto se debe a que gran parte de la lluvia se pierde por escorrentía, percolación profunda o evaporación (Palomino, 2007).

Para el cálculo de la precipitación efectiva también se utiliza el software CROPWAT y los datos de precipitación de los anuarios meteorológicos. Estos valores sirven para la planificación del riego.

Tabla 5: Tabla de precipitación efectiva



The screenshot shows the CROPWAT software interface. At the top, it displays 'Precipitación mensual - C:\Users\Diego Guaman\Desktop\para...' and 'Estación Olavalo'. Below this, there is a table with two columns: 'Precipit.' and 'Prec. efec'. The table lists monthly data from January to December, along with a total row. The values for precipitation range from 27.7 mm in August to 134.1 mm in March. The effective precipitation values range from 26.5 mm in August to 105.3 mm in March. The total precipitation is 967.9 mm and the total effective precipitation is 810.9 mm.

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	83.8	72.6
Febrero	84.9	73.4
Marzo	134.1	105.3
Abril	130.4	103.2
Mayo	125.1	100.1
Junio	63.0	56.6
Julio	31.0	29.5
Agosto	27.7	26.5
Septiembre	39.4	36.9
Octubre	29.4	28.0
Noviembre	133.5	105.0
Diciembre	85.6	73.9
Total	967.9	810.9

Fuente: Autor

2.1.4.2.2. Cálculo del requerimiento de agua del cultivo (Req)

Como la mayor evapotranspiración se encuentra en Septiembre, el valor de la precipitación efectiva para este mes es de 36.9 mm por mes (1.23 mm/día).

Puesto que se aplicará un sistema de riego aspersion, se utiliza la eficiencia mínima que tiene este tipo de riego que es el 70%.

$$Req = \frac{2.1 \text{ mm/día} - 1.23 \text{ mm/día}}{0.70}$$

$$Req = 1.24 \text{ mm/día}$$

$$Req = 1.24 \text{ litros/m}^2/\text{día}$$

Como el área de riego es de 850m² aproximadamente, se necesita un total de 1.054 m³/día para suplir las necesidades hídricas del cultivo.

2.1.4.3. Intervalos de riego

Puesto que el control de riego es manual, se tendrá tres intervalos de riego disponibles de operación por semana. A continuación se muestra la tabla de intervalos de riego y el volumen de agua requerido.

Tabla 6: Intervalos de riego

Intervalo en días	Volumen por intervalo	Volumen por semana	Riegos por semana
7	7.378 m ³	7.378 m ³	1
3	3.162 m ³	6.324 m ³	2
2	2.108 m ³	6.324 m ³	3

Fuente: Autor

Estos intervalos se basan en un evento de riego cada semana (7 días) o dos riegos con intervalos de dos días, más un riego de tres días que sumarían un riego semanal.

Como el tiempo de disposición de agua es de una hora y el caudal mínimo que se puede tener es de 1.67 lt/seg por semana, el volumen mínimo que se tiene es:

$$1.67 \text{ litros/segundos} = 6012 \text{ litros/hora}$$

$$\text{Volumen} = 6.012 \text{ m}^3$$

De este dato se observa que el volumen mínimo que se tiene es menor que el requerido para el riego semanal, pero, por cuestiones de dimensionamiento del

tanque reservorio y del desarenador se toma un valor de caudal adecuado para compensar el volumen requerido para un riego semanal. Cabe señalar que el caudal es muy variable y puede satisfacer el volumen de agua que se requiere.

$$\text{Volumen semanal} = 7.378 \text{ m}^3 \text{ aproximando por cuestiones de diseño } 8 \text{ m}^3$$

$$\text{Caudal requerido de la toma de agua (Q)} = 8 \text{ m}^3/\text{hora} \text{ (2.22 lt/seg)}$$

2.1.4.4. Tiempos de riego

Según palomino (2007), en un sistema de riego por aspersión programado es necesario establecer por lo menos tres tiempos diferentes de operación. Los tiempos dependen de los tipos de aspersores, tipo de planta y del tipo de suelo.

Tomando en cuenta la planta de mora en la etapa de floración la cual es la más sensible al riego ya que puede provocar daño a la flor, además la etapa de transición después de la cosecha que es la menos sensible: se opta por aplicar un tiempo máximo de 192 minutos para el intervalo de siete días, mientras que los tiempos restantes se rigen al caudal que se maneja en este intervalo.

Tabla 7: Tiempos de riego

Intervalo en días	Volumen por intervalo	Caudal (m³/hora)	Tiempo (minutos)
7	7.378 m ³	2.3	192
3	3.162 m ³	2.3	82
2	2.108 m ³	2.3	55

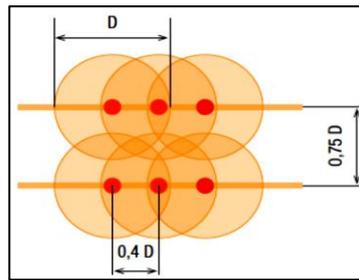
Fuente: Autor

2.1.4.5. Selección de aspersores

Para seleccionar el tipo de aspersor correcto, primeramente se determina el número de aspersores con los que trabajara el sistema.

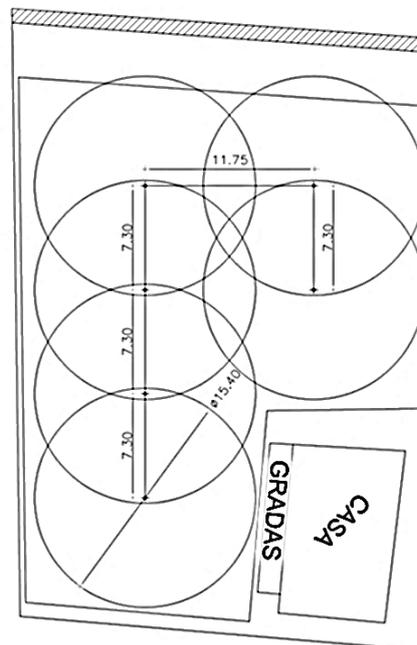
La distribución de los aspersores en el campo se realiza de acuerdo a un marco de aspersión que tiende a una forma rectangular, pero teniendo en cuenta una máxima cobertura del terreno ya que tiene una forma irregular.

Figura 15: Marco de riego rectangular



Fuente: assets.wwf.es/downloads/curso_de_riego_definitivo.pdf

Figura 16: Distribución de aspersores



Fuente: Autor

Como se muestra en la figura 16, el sistema necesita 6 aspersores los cuales deben tener un rango de cobertura de 15.4 metros de diámetro aproximadamente.

2.1.4.5.1. Características requeridas para el aspersor

- Cobertura 15.4 metros de diámetro aproximadamente
- Angulo de aspersión de 360°
- Presiones bajas de trabajo (menor a 30psi)
- Caudal de aspersión de $2,3 \text{ m}^3/\text{hora}$
- Manejo de varios caudales

Considerando estas características se opta por trabajar con el aspersor “X CEL WOBBLER”. A continuación se muestra las características más importantes de este aspersor.

Tabla 8: Datos técnicos del aspersor “X CEL WOBBLER”

X cel WOBBLER	PRESIONES DE TRABAJO (PSI)			
	10	15	20	25
Boquilla 6 (Gold) R/M 1/2"				
Caudal (GPM)	0.78	0.95	1.10	1.23
Diámetro a 0.50 m	11.13	12.50	13.72	14.02
Boquilla 7 (Lima) R/M 1/2"				
Caudal (GPM)	1.06	1.3	1.5	1.68
Diámetro a 0.50 m	12.19	14.17	14.32	15.40
Boquilla 10 (Turquesa) R/M 1/2" y 3/4"				
Caudal (GPM)	2.22	2.72	3.14	3.51
Diámetro a 0.50 m	13.56	14.94	15.40	16.30

Fuente: <http://sitio.plastigama.com/producto/agricola/item/riego-por-aspersion.html>

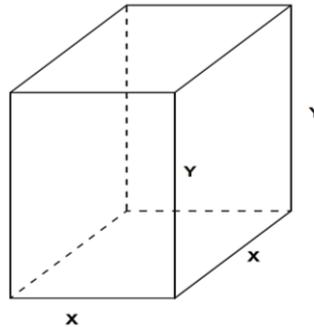
El aspersor X CEL WOBBLER maximiza el área de cobertura y proporciona una gran uniformidad de aspersion, ofrece un mayor diámetro de alcance en presiones bajas evitando así la pérdida por evaporación, disponibles en conexión rosca hembra de 1/2" y 3/4" (PLASTIGAMA, 2008).

2.1.5. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE RESERVORIO

Para el dimensionamiento se toma en cuenta el caudal requerido para llenar un tanque reservorio de 8m³. Como se tiene una hora de agua cada semana se debe trabajar con un caudal de 8m³ / hora

$$\text{Caudal requerido (Q)}=2.22 \text{ litros/segundo}$$

Se dimensiona el tanque reservorio tomando en cuenta que debe ser de base cuadrada sin tapa y se desprecia el espesor del material de construcción. Para determinar estas dimensiones se fundamenta en los criterios de optimización de material; esto implica en minimizar o maximizar el valor de una variable. En la figura 17 se representan las variables que tiene el tanque y que deben ser determinadas.

Figura 17: Representación del tanque reservorio

Fuente: Autor

Ecuación 4: Volumen del cubo

$$v = x^2 * y = 8m^3$$

Despejando (y) de la ecuación del volumen:

$$Y = \frac{8}{x^2}$$

Ecuación 5: Área total de un cubo

$$At = x^2 + 4xy$$

Área total del cubo= área de la base (x^2) + áreas laterales ($4xy$)

Representación del área total del tanque en función de una sola variable:

$$A(x) = x^2 + 4x \left(\frac{8}{x^2} \right) = x^2 + 32x^{-1}$$

Determinación del valor crítico:

$$\frac{dA}{dx} = 2x - 32x^{-2}$$

$$2x - 32x^{-2} = 0$$

$$\frac{2x^3 + 32}{x^2} = 0$$

$$x = \sqrt[3]{16} = 2.52$$

Comprobación de $x = \sqrt[3]{8}$ como valor mínimo absoluto:

$$\frac{d^2A}{dx} = 2 + 64x^{-3}$$

Reemplazando el valor de (x):

$$\frac{d^2A}{dx} = 2 + \frac{64}{(\sqrt[3]{16})^3} = 6 > 0$$

$$\frac{d^2A}{dx} = 6 > 0$$

Entonces el valor de $x = \sqrt[3]{16}$ es el mínimo absoluto pues, $\frac{d^2A}{dx} > 0$ para todo valor de $X > 0$.

Cálculo de la segunda variable:

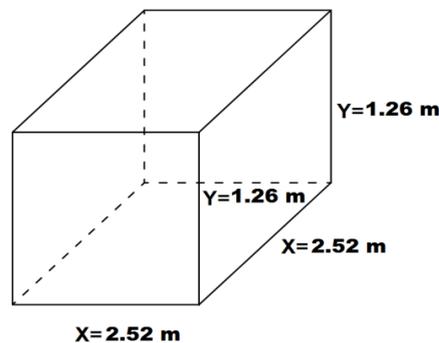
$$Y = \frac{8}{x^2}$$

$$Y = \frac{8}{(2.52)^2} = 1.26$$

$$Y = 1.26$$

La siguiente figura muestra las dimensiones internas que debe tener el tanque reservorio para un volumen de 8m^3 .

Figura 18: Dimensiones del tanque reservorio

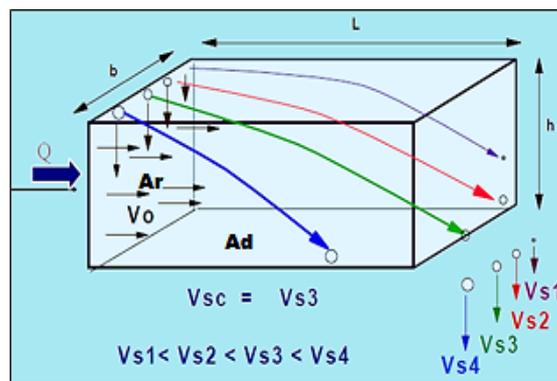


Fuente: Autor

2.1.6. DIMENSIONAMIENTO DEL DESARENADOR

“Un desarenador se fundamenta en el principio que dice: un sólido más pesado que el agua tiende a precipitarse al fondo del recipiente que lo contiene, si se reduce suficientemente la velocidad horizontal del líquido” (Universidad del Valle, 2008). De acuerdo a esta definición se dimensiona un desarenador de sedimentación ideal de flujo horizontal.

Figura 19: Esquematación de la sedimentación ideal



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/82377253/desarenador-2008>

Al igual que el tanque reservorio, el desarenador se dimensiona de acuerdo al caudal requerido de $8\text{m}^3/\text{hora}$, además se toma en cuenta el canal de entrada de agua de 0.3 y 0.2 metros de base y altura, respectivamente, la base (b) del desarenador será de 0.5 metros.

Ecuación 6: Formula básica del caudal

$$Q = V * A$$

Donde:

Q = Caudal que circula por una sección (volumen/tiempo)

V = Velocidad media del agua (m/s)

A = Área por la cual circula un caudal (m^2)

Despejando V se obtiene la velocidad inicial con la que entra el agua al desarenador. Para este cálculo se toma en cuenta el área del canal de entrada.

$$V_0 = \frac{Q}{A_c}$$

$$V_0 = \frac{0.0022 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.06 \text{ m}^2} = 0.036 \text{ m}/\text{seg}$$

Asumiendo que las partículas a sedimentarse tienen movimiento rectilíneo.

Ecuación 7: Formula básica de la velocidad

$$V_0 = \frac{L}{t}$$

Donde:

V_0 = Velocidad inicial (m/seg)

L = Longitud que recorre la partícula (m)

t = Tiempo que tarda en recorrer la partícula una dicha longitud (seg)

Despejando L y considerando 60 segundos como el tiempo en que las partículas atraviesan el desarenador; se hallará la longitud L.

$$L = V_0 * t$$

$$l = 0.037 \text{ m}/\text{seg} * 60 \text{ seg} = 2.20\text{m}$$

Ahora despejando t para encontrar la altura h.

Área de referencia (A_r):

$$A_r = b * h$$

Área del desarenador (A_d):

$$A_d = b * L$$

Velocidad crítica (V_{sc}) para que las partículas se sedimenten.

$$t = \frac{L}{V_0}$$

Por continuidad se tiene:

$$Q_{canal} = Q_{desarenador}$$

$$V_{sc} = \frac{Q}{A_d} = \frac{0.0022}{1.1} = 0.002 \text{ m/seg}$$

Tiempo en función de la altura del desarenador:

$$t = \frac{l}{V_0} * \frac{b * h}{b * h} = \frac{A_d * h}{V_0 * A_r} = \frac{A_d * h}{Q} = \frac{h}{Q/A_D}$$

$$t = \frac{h}{v_{sc}}$$

Ahora despejando la altura h:

$$h = V_{sc} * t$$

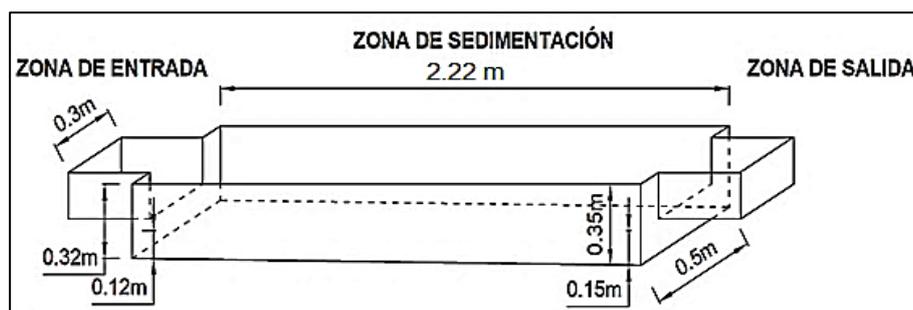
$$h = 0.002 * 60 = 0.12 \text{ m}$$

Para una mejor eficiencia de sedimentación del desarenador la altura (h) se incrementa en un 10% por metro de longitud.

$$h_{inicial} = 12 \text{ cm}$$

$$h_{final} = 15 \text{ cm}$$

Figura 20: Dimensiones del desarenador



Fuente: Autor

2.2. DISEÑO DE LA RED DE TUBERÍAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DE RIEGO

Para el diseño de la red de tuberías primeramente se tiene en cuenta que es un sistema de riego fijo, es decir que las tuberías principales, secundarias y aspersores deben estar fijos. De la tubería principal se derivaran dos ramas

secundarias para dividir las dos zonas del terreno, cada zona es controlada por una electroválvula que permite el paso o cierre del agua.

2.2.1. TIPO DE TUBERÍA DEL SISTEMA

En la instalación de sistemas de riego por aspersión fijos, se suele utilizar tubería metálica o PVC, mientras que para sistemas móviles se utiliza tubería flexible que puede ser de polietileno. Como el sistema es de tipo fijo se utiliza tubería de PVC: este material trabaja a grandes presiones y tiene períodos de vida útil prolongados, además su bajo coeficiente de fricción asegura una mayor conducción del fluido, cuenta con variedad de accesorios que pueden ser conectadas mediante sellado elastomérico o por cementado solvente (PLASTIGAMA, 2008).

2.2.2. CÁLCULOS DE DIÁMETROS Y PÉRDIDAS EN LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN

Como la velocidad es un factor crítico que debe ser controlado porque la fricción produce mayores pérdidas en las tuberías; 1.5 m/s es el valor ideal que deben tener los fluidos para no generar flujos perjudiciales (Sánchez, 2009).

La tabla 9, muestra las velocidades habituales que se utilizan en diferentes fluidos a distintas condiciones de trabajo.

2.2.2.1. Diámetro de tubería principal

De la tabla 7 se tiene que el caudal de diseño es de 2.3 m³/h (0.000639 m³/seg).

$$Q = V * A$$

Donde:

Q = Caudal en la tubería principal (m³/seg)

V = Velocidad media (m/seg)

A = Área de la tubería principal (m)

Reemplazando y despejando la velocidad V:

$$0.000639 \text{ m}^3/\text{seg} = V * \frac{\pi D^2}{4}$$

$$V = \frac{0.000813}{D^2}$$

Tabla 9: Velocidades normales de distintos fluidos

FLUIDO	MÁQUINA	CONDUCTO	VELOCIDAD (m/s)	NOTAS
AGUA	Bombas volum. de émbolos	Succión	0.5 a 1.0	
		Expulsión	1.0 a 2.0	
	Bombas rotodinámicas	Succión	0.5 a 2.5	
		Expulsión	1.5 a 3.0	Baja presión
		Expulsión	3.0 a 4.5	Alta presión
	Turbinas Hidráulicas	Succión y expulsión	2.5 a 3.5	Tuberta larga
Succión y expulsión		4.0 a 6.0	Tuberta corta	
AIRE	Compresor de émbolos	Succión	16.0 a 20.0	
		Expulsión	25.0 a 30.0	
	Turbocompresor	Succión y expulsión	20.0 a 25.0	
	Mots. pequeños Comb. Interna	Cond. de alimentación	10.0 a 15.0	Conducto largo
		Cond. de alimentación	15.0 a 20.0	Conducto largo
	Mots. grandes Comb. Int.	Cond. de alimentación	20.0	Conducto corto
		Motores de combustión	Conductos otros	15.0 a 20.0
VAPOR DE AGUA	Máquinas de émbolo	Cond. de alimentación	25.0 a 30.0	Vapor saturado
		Cond. de alimentación	40.0 a 55.0	Vapor recalentado
	Turbinas de vapor	Cond. Alim. pequeño	30.0 a 50.0	Vapor recalentado
		Cond. Alim. grande	50.0 a 80.0	Vapor recalentado
	Máquinas de émbolo	Cond. de expulsión	25.0 a 30.0	Salida libre
		Cond. de expulsión	40.0 a 90.0	Al condensador
PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN	Motores grandes de baja velocidad		20.0 a 25.0	4 tiempos
	Motores grandes de baja velocidad		10.0 a 15.0	2 tiempos
	Motores grandes de alta velocidad		35.0 a 40.0	4 tiempos
	Motores grandes de alta velocidad		25.0 a 30.0	2 tiempos
GAS	Mots. comb.: conductos de alimentación		30.0 a 40.0	4 tiempos
	Mots. comb.: conductos de alimentación		29.0 a 32.0	2 tiempos
	Gasoductos de baja presión		7.0 a 10.0	
	Gasoductos de alta presión		12.0 a 8.0	
ACEITE	Tuberías de succión - sistemas de lubric.		0.5 a 1.2	

Fuente: Antoni Kuszczewski (2004, pág. 89)

Tabla 10: Características de tuberías comerciales de PVC

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior	Espesor Nominal	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C			mm	mm	MPa
	20	17.6	1.2	1.25	181	12.75
		17.4	1.3	1.60	232	16.32
		17.0	1.5	2.00	290	20.40
	25	22.6	1.2	1.00	145	10.20
		22.4	1.3	1.25	181	12.75
		22.0	1.5	1.60	232	16.32
	32	29.6	1.2	0.80	116	8.16
		29.4	1.3	1.00	145	10.20
		29.0	1.5	1.25	181	12.75

Fuente: <http://sitio.plastigama.com/producto/agricola/item/tuberias-y-accesorios-de-pvc>

Con los datos de las tuberías comerciales se obtiene los valores de las velocidades en la tabla 11. El diámetro interno se toma como la diferencia del diámetro exterior y el espesor de la tubería indicado en la tabla 10.

$$V1 = \frac{0.000813}{0.017^2} = 2.8 \text{ m/seg}$$

$$V2 = \frac{0.000813}{0.022^2} = 1.68 \text{ m/seg}$$

$$V3 = \frac{0.000813}{0.029^2} = 1 \text{ m/seg}$$

Tabla 11: Velocidades de la tubería principal según diámetros comerciales

Diámetro nominal(mm)	Espesor nominal(mm)	Diámetro interior(m)	Presión de trabajo (Mpa)	Velocidad (m/seg)
20	1.5	0.017	2	2.8
25	1.5	0.022	1.60	1.68
32	1.5	0.029	1.25	1

Fuente: Autor

De acuerdo a la tabla 9 se tiene velocidades entre 1.5 y 3 m/seg para presiones bajas, pero, por cuestiones de reducir pérdidas por fricción se trabaja con el diámetro nominal de 32 mm el cual tendrá un caudal de 2.3 m³/h (0.000639 m³/seg) a una velocidad de 1 m/seg.

2.2.2.2. Pérdidas en la tubería principal

Las pérdidas que se pueden generar en las tuberías son de dos clases: primarias y secundarias.

Las primarias son las pérdidas generadas por la viscosidad del fluido, son más conocidas como pérdidas de superficie, se producen porque el fluido sufre rozamientos con las paredes de la tubería. Las secundarias son pérdidas de forma, se producen por las transiciones en codos, válvulas, y toda clase de accesorios de una red de tuberías (Mataix, 1986).

2.2.2.2.1. Pérdidas primarias

En el cálculo de estas pérdidas se utiliza principalmente las longitudes, los diámetros ya determinados y el tipo de material con que están fabricadas las tuberías.

Para determinar estos valores, se realiza mediante la ecuación general de pérdidas primarias: indica los metros de columna de agua que se pierden por fricción (m.c.a).

Ecuación 8: Perdidas primarias (Darcy - Weisbach)

$$H_{rp} = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Fuente: Juan Saldarriaga (2007, pág. 46)

Donde:

H_{rp} = Pérdida de carga (m.c.a)

f = Coeficiente de pérdida de carga primaria (adimensional)

L = Longitud de la tubería (m)

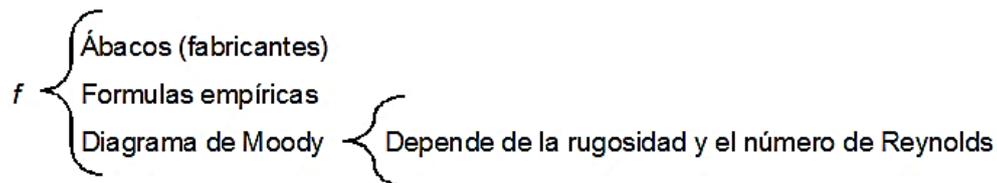
D = Diámetro de la tubería (m)

V = Velocidad media del fluido (m/seg)

- **Coefficiente de fricción de carga primaria f**

El coeficiente de fricción de Darcy para tuberías circulares, es un valor adimensional que se halla en función del número de Reynolds para un flujo laminar, mientras que para un flujo turbulento involucra el número de Reynolds y la rugosidad del material de la tubería (Rocha, 2007).

Diagrama 3: Formas de encontrar el coeficiente de fricción f



Fuente: Autor

- **Número de Reynolds**

El número de Reynolds es un número adimensional, viene dado por el cociente de las fuerzas de inercia y por las fuerzas debidas a la viscosidad (Giles, 1994). La ecuación 9 se utiliza para el cálculo del número de Reynolds en tuberías circulares que tengan un flujo de tubería llena.

Ecuación 9: Cálculo del número de Reynolds

$$Re = \frac{VDp}{n} = \frac{VD}{v}$$

Fuente: Robert Mott (2006, pág. 230)

Donde:

Re = Número de Reynolds

D = Diámetro interno (m)

V = Velocidad media (m/seg)

v = Viscosidad cinemática (m²/seg)

p = Densidad del fluido (kg/m³)

n = Viscosidad absoluta (Kg. Seg/m²)

El valor del número de Reynolds (Re) indica si el fluido se encuentra en flujo laminar o turbulento; según el valor de este número se tiene que: si $Re < 2000$, el flujo es laminar, si $Re > 4000$, el flujo es turbulento y si Re se encuentra entre 2000 y 4000, se dice que el flujo está en una región crítica. Se debe indicar que para los cálculos solo se involucran los rangos laminares y turbulentos (Mott, 2006).

– **Rugosidad relativa**

La rugosidad depende del material y del estado de conservación del mismo: de esta definición se dice que la rugosidad relativa es la relación entre la rugosidad absoluta y el diámetro interno de la tubería (Rocha, 2007).

Ecuación 10: Función de la rugosidad relativa

$$\text{Rugosidad relativa} = f\left(Re, \frac{K}{D}\right)$$

Fuente: Arturo Rocha (2007, pág. 94)

Donde:

K = Longitud que mide el grado de rugosidad

D = Diámetro de la tubería

Re = Número de Reynolds

• **Cálculo del coeficiente de Darcy (f)**

Datos:

V = 1 m/seg

D = 0.029 m (diámetro interno)

$\nu = 1.15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg}$ (Tabla 12, temperatura media del agua 15 °C).

K = 0.0003 mm (Tabla 13, Tubería PVC considerado como plástico)

$$Re = \frac{1 * 0.029}{1.15 * 10^{-6}} = 25217.4 = 2.52174 * 10^4$$

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{0.0003\text{mm}}{29\text{mm}} = 0.00001$$

Según el número de Reynolds calculado, es un flujo turbulento, además la tubería de PVC al ser un termoplástico es considerado prácticamente liso. Esta condición se nota en la figura 21 del diagrama de Moody en la que se relaciona el número de Reynolds y la rugosidad relativa.

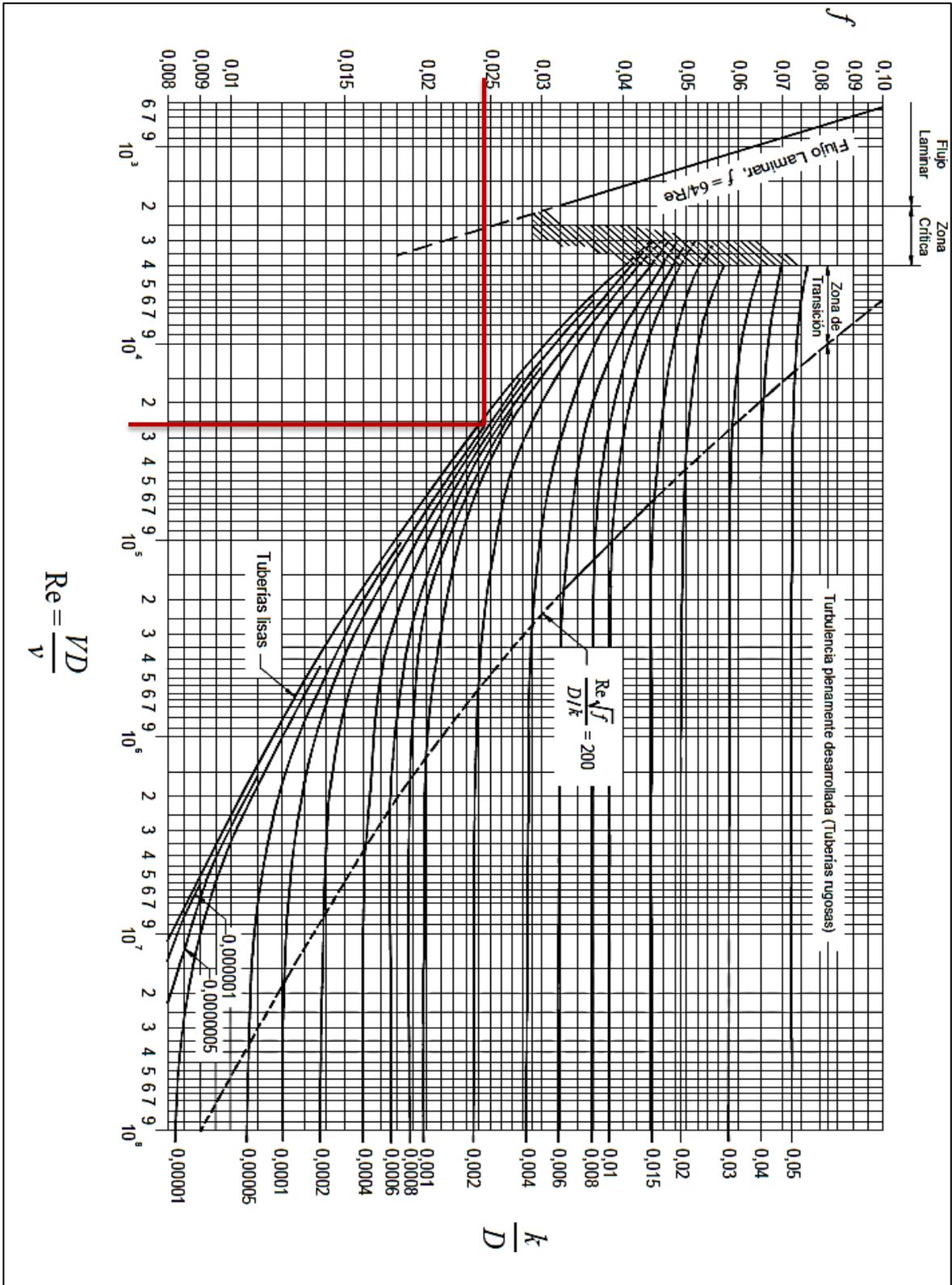
$$f = 0.0245 \text{ aproximadamente de acuerdo al abaco de Moody}$$

Tabla 12: Propiedades del agua en función de la temperatura

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Fuente: Robert Mott (2006, Tabla A.1)

Figura 21: Abaco de Moody



Fuente: Arturo Rocha (2003, pág. 140)

Tabla 13: Rugosidad de tuberías comerciales

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Fuente: Robert Mott (2006, pág. 235)

Para la justificación del resultado obtenido según el diagrama de Moody se puede aplicar la ecuación de Blasius. Esta ecuación se utiliza en tuberías consideradas lisas y con números de Reynolds entre 3000 y 100000 (Giles, 1994).

Ecuación 11: Ecuación de Blasius

$$f = 0.316 / Re^{0.25}$$

Fuente: Ranald V. Giles (1994, pág. 165).

Reemplazando el resultado del número de Reynolds:

$$f = 0.316 / 25217.4^{0.25}$$

$$f = 0.025 \text{ real}$$

- **Cálculo de pérdidas primarias en la tubería principal**

Datos:

$L = 31\text{m}$ (referido desde la parte de impulsión de la bomba)

$D = 0.029\text{m}$ (diámetro interno)

$V = 1 \text{ m/seg}$

$f = 0.025$

$$H_{rp} = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

$$H_{rp} = 0.025 * \frac{31}{0.029} * \frac{1}{2 * 9.81}$$

$$H_{rp} = 1.36 \text{ m.c.a}$$

2.2.2.2.2. Pérdidas secundarias

Como ya se mencionó antes, estas pérdidas se deben a los accesorios que tienen las tuberías para producir cambios de sección y de dirección; para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación.

Ecuación 12: Ecuación fundamental de pérdidas secundarias

$$H_{rs} = Z \frac{V^2}{2g}$$

Fuente: Claudio Mataix (1986, pág. 237)

Donde:

Hrs = Pérdida de carga secundaria

Z = Coeficiente adimensional de carga secundaria

V = Velocidad media de la tubería

Tabla 14: Accesorios en la tubería principal

Accesorio	Cantidad	Coeficiente Z	Factor de fricción (f)
Válvula de pie (tipo bisagra)	1	75f	0.025
Electroválvula tipo globo	2	340f	0.025
Codo de 90°	5	30f	0.025
Tés (derivación a ramal)	2	60f	0.025
Unión	5	0.08	-
Filtro de discos 1"	1	0.60 psi = 0.42 m.c.a (Anexo 3)	

Fuente: Robert Mott (2006, pág. 297), Cengel & Cimbala (2006, pág. 351)

- **Cálculo de pérdidas secundarias totales de la tubería principal**

$$H_{rs} = (Z_1 + Z_2 + Z_3 \dots \dots Z_n) \frac{V^2}{2g}$$

Reemplazando los valores según la tabla 14:

$$Hrs = [75(0.025) + 680(0.025) + 150(0.025) + 120(0.025) + 0.4] \frac{1^2}{2 * 9.81} + 0.42$$

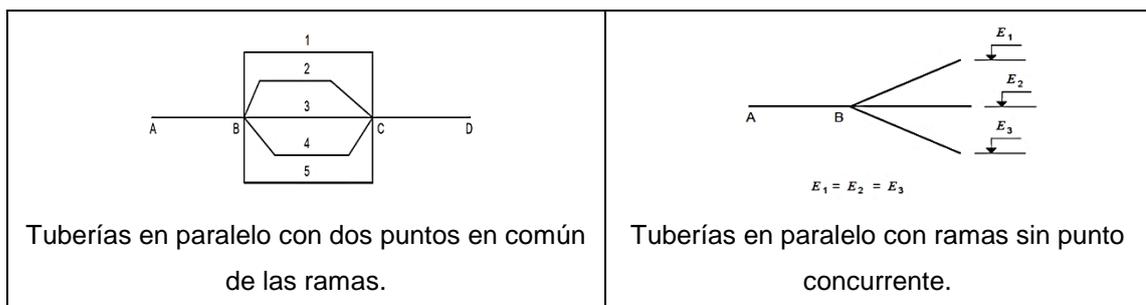
$$Hrs = (1.87 + 17 + 3.75 + 3 + 0.4) * 0.051 + 0.42 = 1.74 \text{ m. c. a.}$$

2.2.2.3. Tubería secundaria

La tubería secundaria está formada por dos ramas que se encuentran conectadas en paralelo. A continuación se detalla las principales características de las tuberías en paralelo¹⁰:

- Son sistemas ramificados donde el fluido tiene varias trayectorias por donde puede fluir.
- El fluido tiende a seguir la trayectoria con menor resistencia, es decir, el mayor flujo tiene la rama con menor resistencia.
- El flujo volumétrico que ingresa al sistema ramificado es igual a la suma de los flujos volumétricos de cada una de las ramas ($Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$).
- La pérdida de carga (primaria) entre dos puntos de una rama es la misma en cada una de las demás ramas ($H_{rp} = H_1 = H_2 = H_3 + \dots + H_n$).

Figura 22: Tipos de conexión de tuberías en paralelo



Fuente: Arturo Rocha (2007)

2.2.2.3.1. Cálculo de caudales en las tuberías secundarias

Para el cálculo del caudal de las ramas se basa en el método de Hardy Cross para redes de tuberías en paralelo: se realiza de esta forma ya que la diferencia de cotas entre las ramas es cero. Según Randal Giles (1994), este método

¹⁰ Robert Mott (2006): Mecánica de Fluidos, sexta edición. México, Pág. 358

consiste en asignar un caudal a cada una de las ramas de la red, teniendo en cuenta satisfacer el principio del caudal, con estos caudales se calculan las pérdidas primarias de cada rama; generalmente por la fórmula de Hazen-Williams. Después se realiza la suma algebraica de las pérdidas primarias, considerando satisfacer el principio de tuberías en paralelo: las sumas deben dar cero, si los caudales iniciales son los correctos, pero, la probabilidad de que los caudales supuestos en la primera aproximación sean los correctos es nula, es por eso que debe realizarse la corrección de caudales en todas las ramas.

Ecuación 13: Ecuación para la corrección del caudal

$$\Delta = -\frac{\sum(LH)}{n\sum(LH/Q_0)}$$

Fuente: Ranald Giles (1994, pág. 196)

Donde:

Δ = Corrección de caudal de una rama

$\sum LH$ = Suma algebraica de las pérdidas primarias

n = Valor de un coeficiente, ($n = 1,85$ para la fórmula de Hazen-Williams)

$\sum(LH/Q_0)$ = Suma de las pérdidas de carga dividida por el caudal supuesto

Ecuación 14: Ecuación de Hazen – Williams

$$V = 0.85 * C * R^{0.63} * S^{0.54}$$

Fuente: Losada Villasante (2009, pág. 148)

Donde:

C = Coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams

R = Radio hidráulico

S = Pérdida primaria por unidad de longitud (H_{rp}/L)

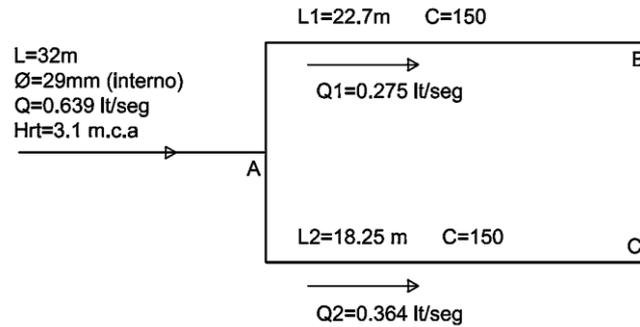
Tabla 15: Caudales de la tubería secundaria por el método de Hardy Cross

PRIMERA ITERACIÓN						
L(m)	Q ₀ (lt/seg)	S _{supuesto}	LH(H _{rp})m	LH/Q ₀	Δ(lt/seg)	Q _i (lt/seg)
22.70	0.303	0.12	2.724	8.99	-0.0259	0.2771
18.25	-0.336	0.11	-2.0075	5.97	-0.0259	-0.3619
	Σ=0.639		Σ=0.7165	Σ=14.96		Σ=0.639
$\Delta = -\frac{0.7165}{(1.85)(14.96)} = -0.0259$ $Q_{i1} = 0.303 - 0.0259 = 0.2771$ $Q_{i2} = -0.336 - 0.0259 = -0.3619$						
SEGUNDA ITERACIÓN						
L(m)	Q ₀ (lt/seg)	S _{supuesto}	LH(H _{rp})m	LH/Q ₀	Δ(lt/seg)	Q _i (lt/seg)
22.70	0.2771	0.14	3.178	11.469	-0.00204	0.27506
18.25	-0.3619	0.17	-3.1025	8.573	-0.00204	-0.36394
	Σ=0.639		Σ=0.0755	Σ=20.042		Σ=0.639
$\Delta = -\frac{0.0755}{(1.85)(20.042)} = -0.00204$ $Q_{i1} = 0.2771 - 0.00204 = 0.27506$ $Q_{i2} = -0.3619 - 0.00204 = -0.36394$						
TERCERA ITERACIÓN						
L(m)	Q ₀ (lt/seg)	S _{supuesto}	LH(H _{rp})m	LH/Q ₀	Δ(lt/seg)	Q _i (lt/seg)
22.70	0.27506	0.14	3.178	11.554	-0.00204	0.2750334
18.25	-0.36394	0.1741	-3.177	8.729	-0.00204	-0.363966
	Σ=0.639		Σ=0.001	Σ=20.283		Σ=0.639
$\Delta = -\frac{0.001}{(1.85)(20.283)} = -0.0000266$ $Q_{i1} = 0.27506 - 0.0000266 = 0.2750334$ $Q_{i2} = -0.36394 - 0.0000266 = -0.363966$						

Fuente: Autor

Como la suma algebraica de las pérdidas ($H_{rp1} - H_{rp2} = 0$) tiende a cero, se toma los valores del caudal y pérdidas de la tercera iteración.

Figura 23: Esquematización equivalente de la tubería secundaria



Fuente: Autor

2.2.2.3.2. Diámetros de las tuberías secundarias

Estos se calculan a partir de los caudales encontrados en la tercera iteración de la tabla 15: $Q_1=0.275$ lt/seg ($0.000275\text{m}^3/\text{seg}$), $Q_2=0.364$ lt/seg ($0.000364\text{m}^3/\text{seg}$).

Tabla 16: Velocidades en la tubería secundaria según diámetros comerciales

Rama 1		Rama 2	
$0.000275 = V * \frac{\pi D^2}{4}$ $V = \frac{0.000350}{D^2}$ $V1 = \frac{0.000350}{0.017^2} = 1.21$ $V2 = \frac{0.000350}{0.022^2} = 0.72$ $V3 = \frac{0.000350}{0.029^2} = 0.42$		$0.000364 = V * \frac{\pi D^2}{4}$ $V = \frac{0.000463}{D^2}$ $V1 = \frac{0.000463}{0.017^2} = 1.6$ $V2 = \frac{0.000463}{0.022^2} = 1$ $V3 = \frac{0.000463}{0.029^2} = 0.55$	
Diámetro nominal (mm)	Espesor (mm)	Diámetro interior(mm)	Velocidades (m/seg)
20	1.5	0.017	1.21 - 1.60
25	1.5	0.022	0.72 - 1.00
32	1.5	0.029	0.42 - 0.50

Fuente: Autor

Al igual que en la tubería principal, se compara con los datos de la tabla 9 para seleccionar el diámetro, además teniendo en cuenta de conservar la velocidad de la tubería principal y considerando que las dos ramas deben ser de igual diámetro se trabaja con 25mm nominal.

2.2.2.3.3. Pérdidas en las tuberías secundarias

- **Pérdidas primarias reales**

Estas pérdidas se calculan cuando las ramas no tienen un punto concurrente entre ellas. Como los caudales se encontraron en base a la ecuación de Hazen–Williams, las pérdidas reales también se calculan en base a esta ecuación.

$$V = 0.85 * C * R^{0.63} * S^{0.54}$$

$$S = \frac{Hrp}{L}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

Despejando de la ecuación de Hazen–Williams las pérdidas primarias H_{rp} :

$$\frac{Q}{A} = 0.85 * C * R^{0.63} * \left(\frac{Hrp}{L}\right)^{0.54}$$

$$\left(\frac{Hrp}{L}\right)^{0.54} = \frac{Q}{0.85 * A * C * R^{0.63}}$$

$$\frac{Hrp}{L} = \left[\frac{Q}{0.85 * A * C * R^{0.63}}\right]^{1.852}$$

Ecuación 15: Pérdidas primarias en base a la ecuación de Hazen- Williams

$$Hrp = L \left[\frac{Q}{0.85 * A * C * R^{0.63}}\right]^{1.852}$$

Tabla 17: Coeficientes usuales de Hazen-Williams

NATURALEZA DE LAS PAREDES	C_H
Extremadamente lisas y rectas	140
Lisas	130
Madera lisa, cemento pulido	120
Acero ribeteado	110
Fierro fundido viejo	95
Fierro viejo en mal estado	60-80
Fuertemente corroído	40-50

Fuente: Arturo Rocha (2007, pág. 219)

– Rama 1

Datos:

$$Q = 0.275 \text{ lt/seg (0.000275m}^3\text{/seg)}$$

$$D = 0.022 \text{ m (Diámetro interno)}$$

$$V = 0.72 \text{ m/seg}$$

$$L = 22.70\text{m}$$

$$C = 150 \text{ (Para tuberías de PVC, polietileno}^{11}\text{)}$$

$$R = \frac{D}{4} = \frac{0.022}{4} = 0.0055$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi * 0.022^2}{4} = 0.00038$$

$$H_{rp} = 22.70 \left[\frac{0.000275}{0.85 * 0.00038 * 150 * 0.038} \right]^{1.852}$$

$$H_{rp} = 0.68 \text{ m. c. a}$$

¹¹ Luis Balairón (2008): Tuberías de Polietileno. Manual Técnico. AseTUB España, pág. 87

– Rama 2

Datos:

$$Q = 0.364 \text{ lt/seg (0.000364m}^3\text{/seg)}$$

$$D = 0.022 \text{ m (Diámetro interno)}$$

$$V = 1 \text{ m/seg}$$

$$L = 18.25\text{m}$$

$$C = 150$$

$$Hrp = 18.25 \left[\frac{0.000364}{0.85 * 0.00038 * 150 * 0.038} \right]^{1.852}$$

$$Hrp = 1 \text{ m. c. a.}$$

- **Pérdidas secundarias totales**

Primeramente se calcula el coeficiente de Darcy para las dos ramas

– Rama 1

$$Re = \frac{0.72 * 0.022}{1.15 * 10^{-6}} = 13774$$

$$f = 0.316 / (13774)^{0.25}$$

$$f = 0.0292$$

– Rama 2

$$Re = \frac{1 * 0.022}{1.15 * 10^{-6}} = 19130.43$$

$$f = 0.316 / (19130.43)^{0.25}$$

$$f = 0.0269$$

Tabla 18: Accesorios en la tubería secundaria

Rama 1			
Accesorio	Cantidad	Coefficiente Z	Factor de fricción (f)
Codo de 90°	5	30f	0.0292
Tés (derivación a ramal)	2	60f	0.0292
Unión roscada	3	0.08	
Unión reductora (d/D= 0.8)	1	0.10	
Rama 2			
Accesorio	Cantidad	Coefficiente Z	Factor de fricción (f)
Codo 90°	1	30f	0.0269
Tés (derivación a ramal)	2	60f	0.0269
Unión roscada	3	0.08	
Unión reductora (d/D=0.8)	1	0.10	

Fuente: Robert Mott (2006, pág. 297), Cengel & Cimbala (2006, pág. 351)

$$Hrs(rama 1) = (4.4 + 3.5 + 0.24 + 0.10) * \frac{0.72^2}{2 * 9.81} = 0.22 \text{ m. c. a}$$

$$Hrs(rama 2) = (0.81 + 3.23 + 0.24 + 0.10) * \frac{1^2}{2 * 9.81} = 0.22 \text{ m. c. a}$$

$$Hrs(total) = 0.44 \text{ m. c. a}$$

2.2.3. ESPESOR DE TUBERÍAS

Para calcular el espesor se utiliza la ecuación 16, esta trabaja con las presiones de trabajo de los aspersores (25 PSI) y las presiones generadas por las pérdidas.

Ecuación 16: Cálculo del espesor de la tubería

$$e \geq \frac{P * D}{230 * K * Z + P} + C$$

Fuente: Antoni Kuszczewski(2004, pág. 91)

Donde:

e = Espesor del tubo (mm)

P = Presión del fluido dentro de la tubería (Kg/cm²)

K = Esfuerzo de tensión admisible del material (Kg/cm^2)

C = Espesor suplementario ($c=1\text{mm}$)

Z = Coeficiente de debilitamiento por orificios ($z=1$ para tubos sin agujeros)

D = Diámetro exterior del tubo (mm)

2.2.3.1. Espesor de la tubería principal

Datos:

$P = 29.4 \text{ psi}$ ($2 \text{ Kg}/\text{cm}^2$)

$K = 28061 \text{ kg}/\text{cm}^2$ Según (Bonilla Vásconez & Hidrobo Nina, 2011)

$D = 32\text{mm}$

$$e \geq \frac{2 * 32}{230 * 28061 * 1 + 2} + 1$$

$$e \geq 1.00\text{mm}$$

Comparando el resultado con la tabla 10 de las tuberías comerciales se tiene que la tubería de 32mm de diámetro nominal tiene un espesor de 1.5mm y trabaja con presiones de 181 PSI. Según estos parámetros la tubería es adecuada para trabajar en las condiciones requeridas por el sistema.

2.2.3.2. Espesor de la tubería secundaria

Datos:

$P = 26.7 \text{ psi}$ ($1.82 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ rama 2 sometida a mayor presión)

$K = 28061 \text{ kg}/\text{cm}^2$

$D = 25 \text{ mm}$

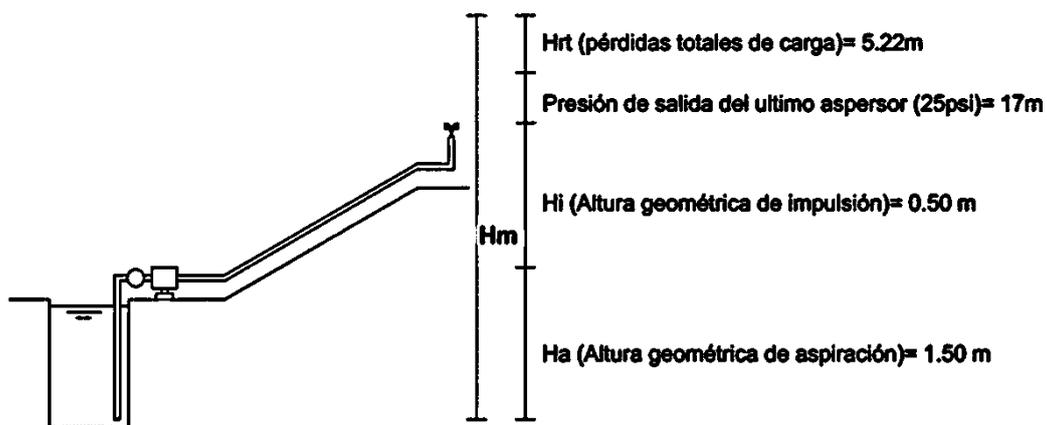
$$e \geq \frac{1.82 * 25}{230 * 28061 * 1 + 1.82} + 1$$

$$e \geq 1.00\text{mm}$$

Al igual que en la tubería principal, se observa los datos de la tabla 10 y se tiene que la tubería de 25mm de diámetro nominal tiene 1.5 mm de espesor, el cual es superior al espesor calculado, además trabaja con presiones de hasta 232 PSI.

2.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO

Figura 24: Representación esquemática de la altura manométrica del sistema



Fuente: Autor

Según la figura 24 se tiene que la altura manométrica total del sistema es de 24.22 m.c.a. y requiere un caudal de 2.3 m³/h.

2.3.1. SELECCIÓN DE LA BOMBA

Para la selección de la bomba se toma en cuenta la altura manométrica total, el caudal requerido por el sistema y el tiempo máximo de funcionamiento.

La bomba más adecuada para este sistema es la de tipo centrífuga horizontal; estas bombas son turbomáquinas que transfieren energía mediante la rotación de un rodete que impulsa el líquido a través de álabes, de modo que el líquido entra en dirección axial y sale en dirección radial. Según la (O.P.S, 2005), este tipo de bombas tienen el eje de transmisión de forma horizontal y pueden ser instaladas en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento; esto permite ubicarlas en lugares protegidos de la intemperie, por su fácil operación y bajo costo suelen ser ocupados en el sector rural.

Para el accionamiento de este tipo de bombas, se puede utilizar motores eléctricos o de combustión. En este caso se utiliza un motor eléctrico el cual viene incorporado en un solo conjunto llamado electrobomba.

2.3.1.1. Potencia de la bomba

La potencia de la bomba se calcula en función del caudal requerido y la altura manométrica total del sistema.

- Caudal requerido: Es el caudal que maneja la tubería principal, para este caso 2.3 m³/h o (0.000639 m³/seg).
- Altura manométrica (Hm): Es la presión expresada en metros de columna de agua (m.c.a) que debe proporcionar la bomba para superar alturas de aspiración, desniveles, pérdidas primarias, secundarias, y presiones requeridas por los aspersores (Revilla, 2006). La altura manométrica total para este sistema de riego es de 24.22 m.c.a.

Ecuación 17: Potencia de la bomba en HP

$$Pb = \frac{Qb * Hb}{76 * n}$$

Fuente: O.P.S (Lima, 2005)

Donde:

Pb = Potencia de la bomba y del motor (HP)

Qb = Caudal de bombeo (lt/seg)

Hb = Altura manométrica total (m)

n = Eficiencia de bombeo, $n = n_{\text{motor}} * n_{\text{bomba}}$ (70% Eficiencia mínima)

$$Pb = \frac{0.639 * 24.22}{76 * 0.70}$$

$$Pb = 0.3 \text{ HP}$$

- **Características de las bombas centrífugas (Periféricas) TEMCO¹²**

Estas bombas tienen un impulsor periférico con numerosas paletas radiales en el extremo que generan mayor presión. Son apropiadas para aguas limpias y químicamente no agresivas. Tienen un tamaño compacto y son muy económicas.

Figura 25: Curvas características de bombas TEMCO serie PK

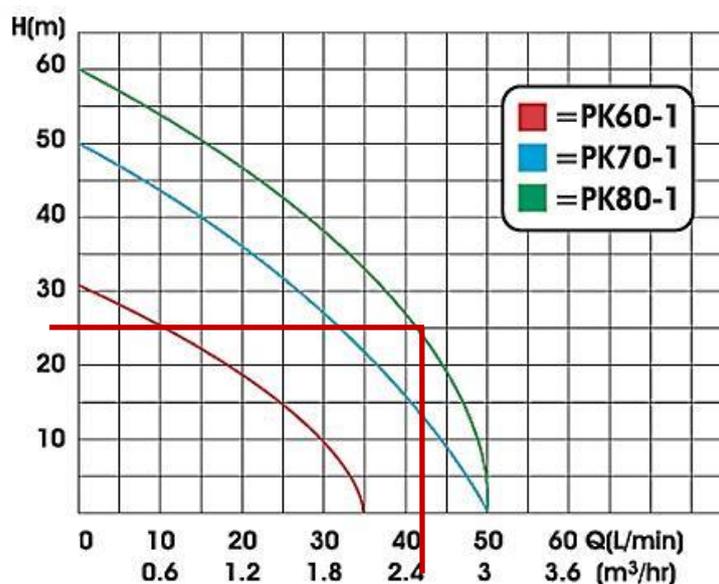


Tabla 19: Generalidades de las bombas TEMCO serie PK

Modelo	HP	KW	R.P.M.	Q (max)	H (max)	Succión	Diamet.	Pres. Max.
				(l/min)	(m)			Ent. - Sal.
PK60-1	0.5	0.37	3400	35	32	8	1" X 1"	45.4 / 3.1
PK70-1	0.75	0.55	3400	50	50	8	1" X 1"	71 / 4.9
PK80-1	1	0.75	3400	50	60	8	1" X 1"	85.2 / 5.8

* 110/220V - 60Hz.
* Los valores de presión son aproximados.

De acuerdo a la figura 25 se observa que la bomba adecuada para el sistema es la de modelo PK80-1; esta ofrece un caudal de 2.45m³/h a una altura manométrica de 25 m.c.a. aproximadamente.

¹² Disponible en: <http://www.southimport.com.ec/productos.html> (2013)

2.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN A BAJA PRESIÓN

Tabla 20 : Análisis de tuberías

Tubería	Longitud	Diámetro Nominal	Caudal (lt/seg)	Velocidad (m/seg)	Pérdidas Primarias	Pérdidas Secundarias	Pérdidas Totales
Principal	31m	32mm	0.639	1	1.36m	1.74m	3.1m
Secundaria Rama 1	22.70m	25mm	0.275	0.72	0.68m	0.22m	0.9m
Secundaria Rama 2	18.25m	25mm	0.364	1	1m	0.22m	1.22m

Fuente: Autor

Tabla 21: Caudales requeridos

Tubería	Número de aspersores	Caudal requerido (lt/seg)
Secundaria rama 1	3	0.317
Secundaria rama 2	3	0.317

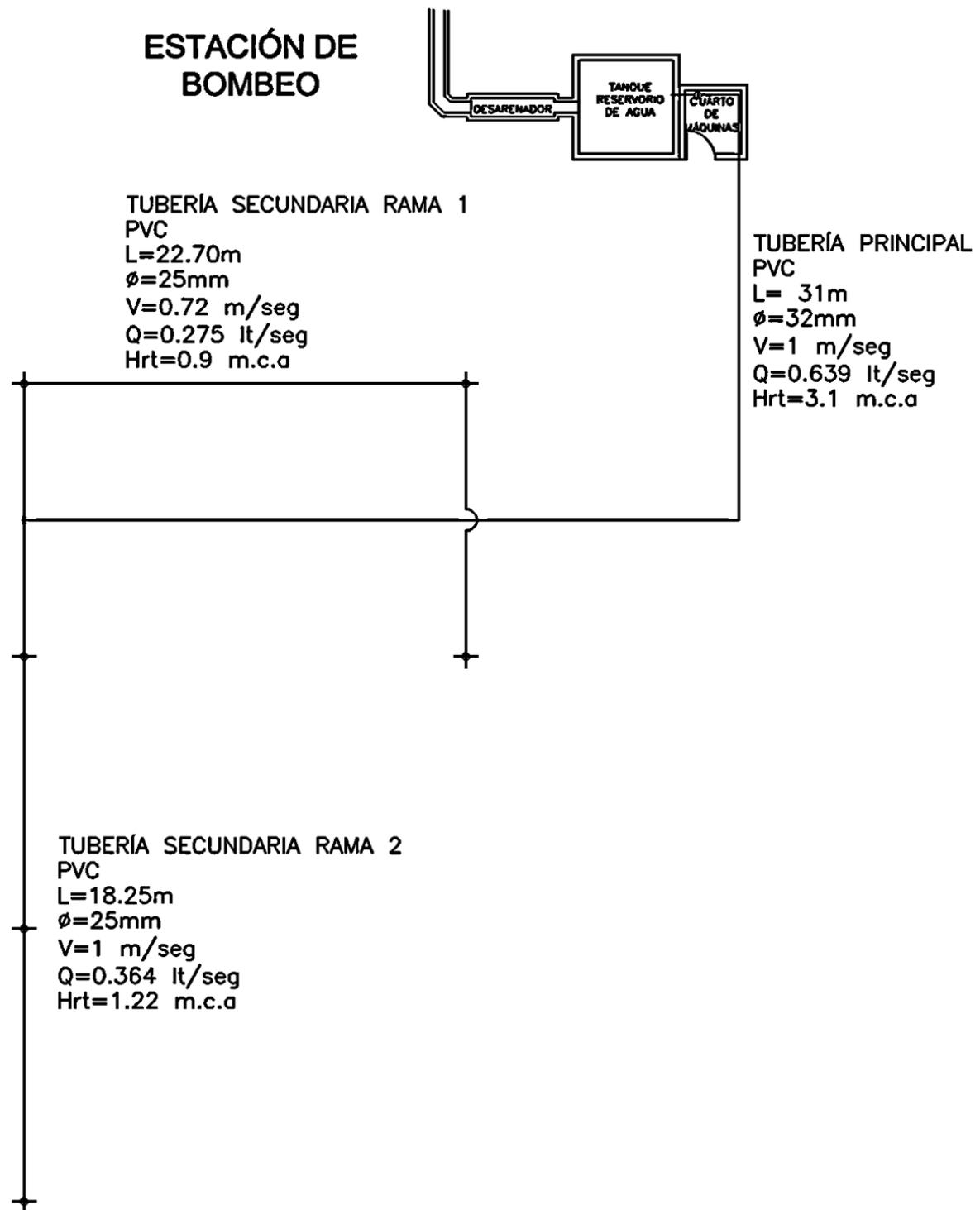
Fuente: Autor

Tabla 22: Presiones requeridas

Presiones requeridas	m.c.a.	Psi
Aspersor	17	25
Tubería principal	20.1	28.58
Secundaria rama 1	17.90	25.45
Secundaria rama2	18.22	25.90
Altura máxima de aspiración	1.5	2.13
Altura máxima impulsión	0.5	0.71
Bomba	24.22	34.44

Fuente: Autor

Figura 26: Implantación del sistema de riego por aspersión



Fuente: Autor

2.5. DISEÑO DEL CONTROL DE NIVEL DEL AGUA DE RIEGO

El control de nivel se realiza para conocer la cantidad de agua que tendrá el tanque reservorio y así poder seleccionar entre los tres tiempos propuestos.

Para conocer el nivel de agua, se utilizan sensores de nivel tipo switches flotadores; estos envían una señal digital a un dispositivo electrónico programable el cual se encarga de activar el tiempo seleccionado por el usuario.

2.5.1. SELECCIÓN DEL SENSOR DE NIVEL A UTILIZAR

Para la selección se basa en las características de los sensores que son más utilizados en el campo de control.

Tabla 23: Selección del tipo de sensor a utilizar

ALTERNATIVA CRITERIOS	Sensores Ultrasonido	Sensores capacitivos	Sensores de desplazamiento (Flotadores)
Medición	Continua	Continua	Continua, ON-OFF
Material que puede censar	Líquidos y solidos	Líquidos y solidos	Líquidos
Precisión	Afectada por el movimiento del material de censado	Depende de la constante dieléctrica del liquido	Depende de la viscosidad del material
Mantenimiento	No requiere mayor mantenimiento	Requiere calibración	Requiere de limpieza de basura acumulada

Fuente: Autor

Con los criterios de la tabla 23 se opta por trabajar con un sensor de desplazamiento vertical tipo flotador, se elige este dispositivo ya que el líquido a censar es agua de riego la cual tiene una baja viscosidad, además este dispositivo es adecuado porque solo se necesita trabajar con una señal digital para un controlador ON-OFF.

2.5.2. SENSORES DE NIVEL TIPO SWITCHS FLOTADORES¹³

Los switchs flotadores son sensores magnéticos utilizados para captar el nivel de líquidos dentro de tanques, envían una señal digital (1 o 0 lógico) que es recibida por un controlador para activar o desactivar distintos tipos de actuadores.

- **Características**

- Utilizados para agua, gas, diésel, aceite, alcohol y otros productos químicos líquidos.
- Estructura simple, larga vida y bajo costo, ampliamente utilizados en la ingeniería.
- Es un interruptor normalmente cerrado, se abre cuando el agua del tanque sobrepasa la altura de instalación del sensor.

Figura 27: Switchs de nivel tipo flotadores



Fuente: <http://nxtorm.es/analogicos/sa-p-niveles-para-NXT.html>

En la figura 27 se muestra el sensor que se utiliza para conocer el nivel de agua que tenga el tanque. Este sensor tipo flotador es de instalación vertical y se utiliza específicamente para censar niveles de agua.

¹³ Disponible en: <http://spanish.alibaba.com/product-gs-img/magnetic-float-level-switch-576734888.html>

- **Especificaciones**

- Material de construcción: polipropileno
- Carga máxima: 10 w
- Voltaje máximo de conmutación: 100 Vac/Vdc
- Voltaje máximo: 220 Vdc
- Máxima corriente de sensor: 0,5 A
- Máxima corriente de carga: 1 A
- Rango de temperatura: de -10 a 85 grados centígrados

2.5.3. DESCRIPCIÓN DEL CONTROL DE NIVEL

Se utilizan cuatro sensores; el primer sensor ubicado en la altura de nivel bajo del tanque sirve como nivel de referencia para saber que el tanque está con agua y proteger la etapa de bombeo del sistema cuando esté en funcionamiento. Los tres restantes instalados a diferentes alturas en el tanque representan el volumen que se debe aplicar en los tres intervalos de riego propuestos.

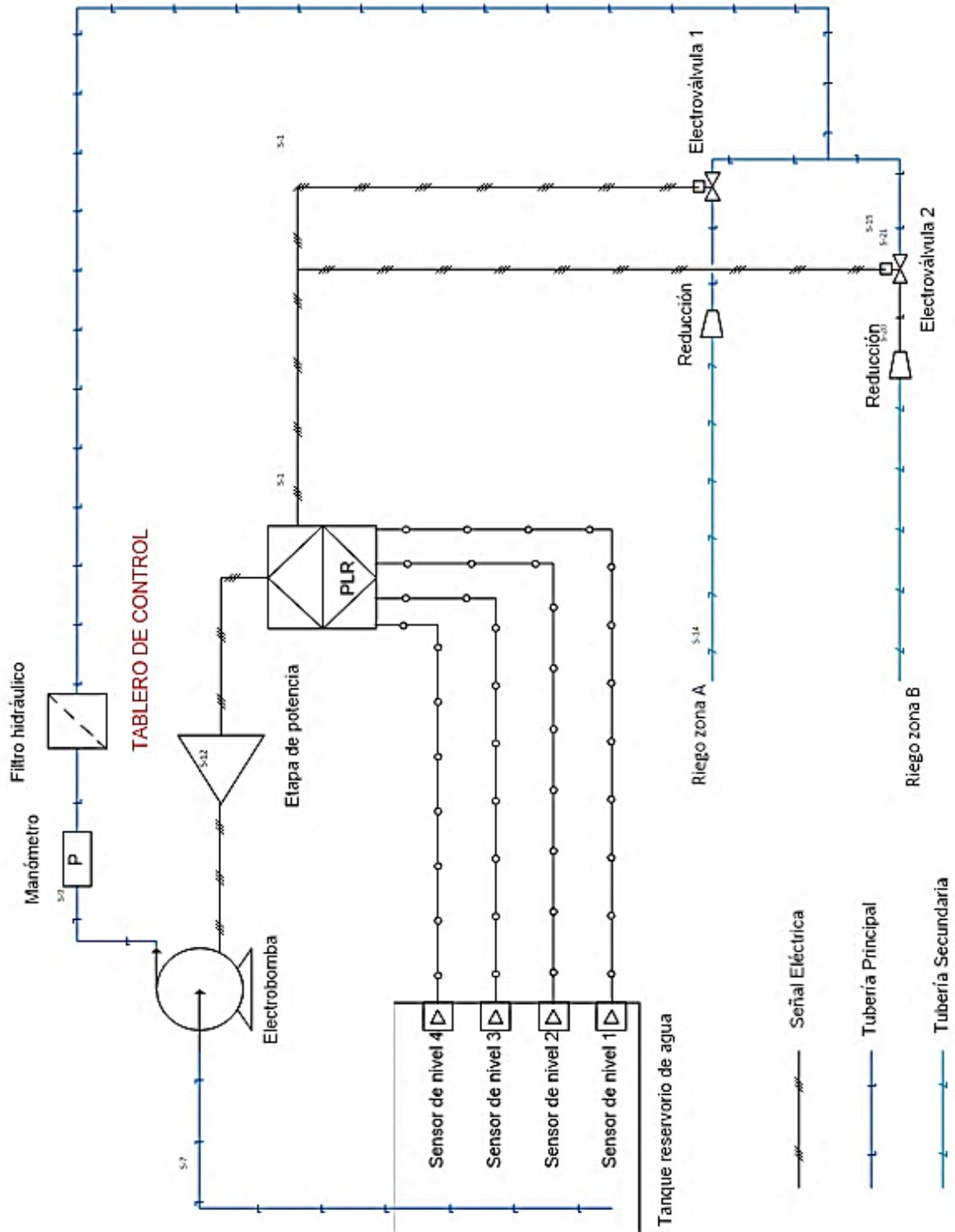
En la tabla 23 se indica la altura de instalación y las características que ofrecen los sensores.

Tabla 24: Alturas con respecto al volumen requerido para riegos

Descripción del sensor	Altura de instalación	Área del tanque	Volumen censado	Intervalo de riego
Sensor 4	1.25 m	6.3 m ²	7.87 m ³	7 días
Sensor 3	0.60 m	6.3 m ²	3.78 m ³	3 días
Sensor 2	0.40 m	6.3 m ²	2.53 m ³	2 días
Sensor 1	0.00 m	6.3 m ²	0 m ³	-

Fuente: Autor

Diagrama 4: Instrumentación del sistema de riego por aspersión



Fuente: Autor

2.6. SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PROGRAMABLE.

La selección del dispositivo para el control del proceso, se basa en la evaluación de las ventajas y desventajas de las tres principales alternativas. Cada alternativa tiene una valoración que va de 1 hasta 10 puntos dependiendo de la consideración más viable de cada uno de los criterios propuestos. La siguiente tabla muestra la cuantificación de las alternativas propuestas.

Tabla 25: Selección del dispositivo electrónico programable

ALTERNATIVA DESCRIPCIÓN	Microcontrolador		PLR		PLC (Modular)	
	Criterio	Pto.	Criterio	Pto.	Criterio	Pto.
Costo	Bajo	10	Medio	8	Alto	1
Campos de aplicación industrial	Pocos	3	Varios	7	Muchos	8
Lenguaje de programación	Complejo	4	Sencillo	10	Sencillo	10
Espacio que ocupa	Poco	10	Medio	8	Grande	4
Recursos especiales	Pocos	3	Varios	8	Muchos	10
Instalación	Compleja	5	Sencilla	8	Sencilla	8
Posibilidad de controlar procesos	Pocos	2	Varios	5	Muchos	7
Facilidad a modificaciones	Pocas	4	Varias	8	Varias	8
Fiabilidad en procesos	Poca	5	Media	7	Buena	8
TOTAL	Puntaje : 46		Puntaje: 69		Puntaje: 64	

Fuente: Autor

De acuerdo a los resultados de la tabla 24; el dispositivo programable apropiado es el relé lógico programable, se selecciona este ya que el sistema no necesita controlar varios procesos pero debe ofrecer gran fiabilidad y ofrecer modificaciones de control sin alterar la instalación. Por esta razón el control del sistema de riego por aspersión se realiza mediante un PLR. Este dispositivo es el encargado de activar o no el tiempo seleccionado por el usuario; esto depende del nivel de agua que se tenga en el tanque.

2.6.1. FUNCIONES DEL RELÉ LÓGICO PROGRAMABLE EN EL SISTEMA DE RIEGO

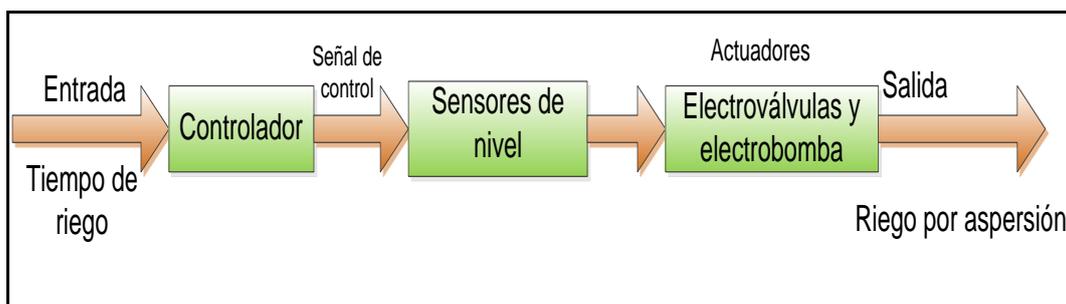
Las funciones PLR en el sistema de riego están basadas en un control de lazo abierto. Según (Ogata, 1998); cualquier sistema de control que trabaje en base a tiempos es considerado como un sistema de lazo abierto, por lo tanto, como el sistema de riego se fundamenta en tiempos se considera un sistema de control de lazo abierto.

2.6.1.1. Sistema de control lazo abierto

- **Características del sistema de control lazo abierto**
 - El sistema de riego funciona en base a los tres tiempos definidos.
 - La señal de salida del sistema no depende de la señal de entrada. Esta característica indica que la cantidad de agua que requiere la plantación no afecta los tiempos establecidos por el usuario.
 - Generalmente son sistemas manuales. El sistema es manual en la parte de encendido y de la selección de tiempos de riego, pero, tiene el apagado de todo el sistema de forma automática una vez terminado el evento de riego seleccionado.
 - La exactitud de la salida deseada depende de una adecuada manipulación de las señales implicadas. El sistema está restringido únicamente a los parámetros de riego ya establecidos que son: cantidad de agua que debe aplicarse y tiempo de ejecución para mantener las condiciones hídricas adecuadas del cultivo.

- Es un sistema controlado directamente por sensores y actuadores. De acuerdo a las señales de los sensores de nivel se puede establecer directamente los tiempos que se activa la electrobomba para que los aspersores realizan su trabajo.
- Las variables con que trabaja el sistema no son regulables. Los tiempos y la cantidad de agua son establecidos en los parámetros de riego que se guardan en el dispositivo de control, no se puede regular la cantidad de agua que se aplica en determinado tiempo.
- El sistema realiza solo operaciones determinadas en el programa guardado en el relé programable.

Diagrama 5: Diagrama de control lazo abierto del sistema



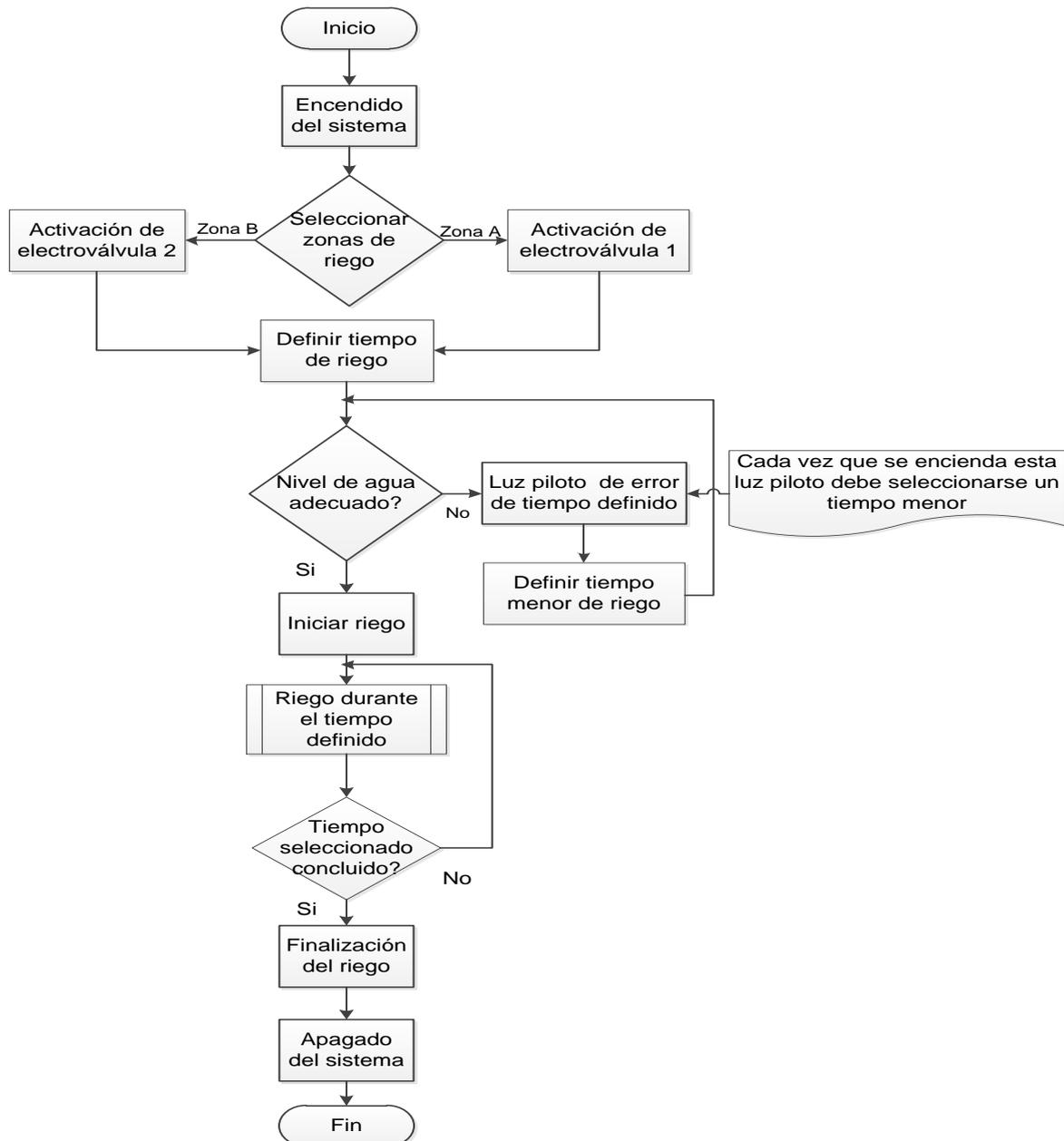
Fuente: Autor

CAPÍTULO 3

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1. DIAGRAMA GENERAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

Diagrama 6: Diagrama de flujo de operación general del sistema



Fuente: Autor

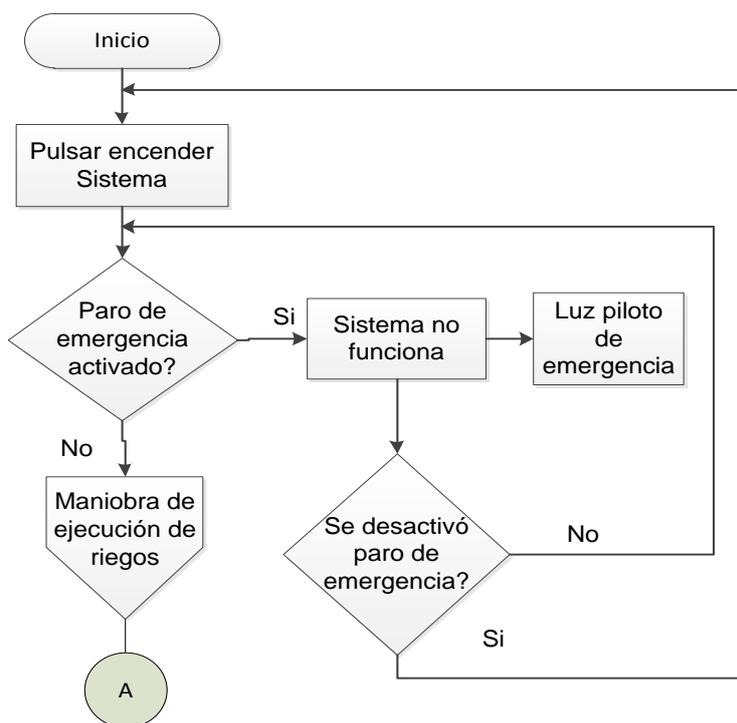
El diagrama 6 indica que el sistema trabaja mediante tiempos y zonas de riego definidos por el usuario. La selección de estas variables depende del nivel de agua que se tenga, para esto, los tres sensores de nivel ubicados en el tanque sirven para determinar los tiempos que se puede seleccionar.

Este sistema además tiene el sensor que activa una señal de nivel bajo de agua. Cuando se indique el nivel bajo, se desactiva el sistema para garantizar la seguridad de los componentes de la etapa de bombeo.

3.2. DIAGRAMAS DE MANDO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

El siguiente diagrama indica el mando principal de encendido del sistema.

Diagrama 7: Diagrama de mando de encendido del sistema

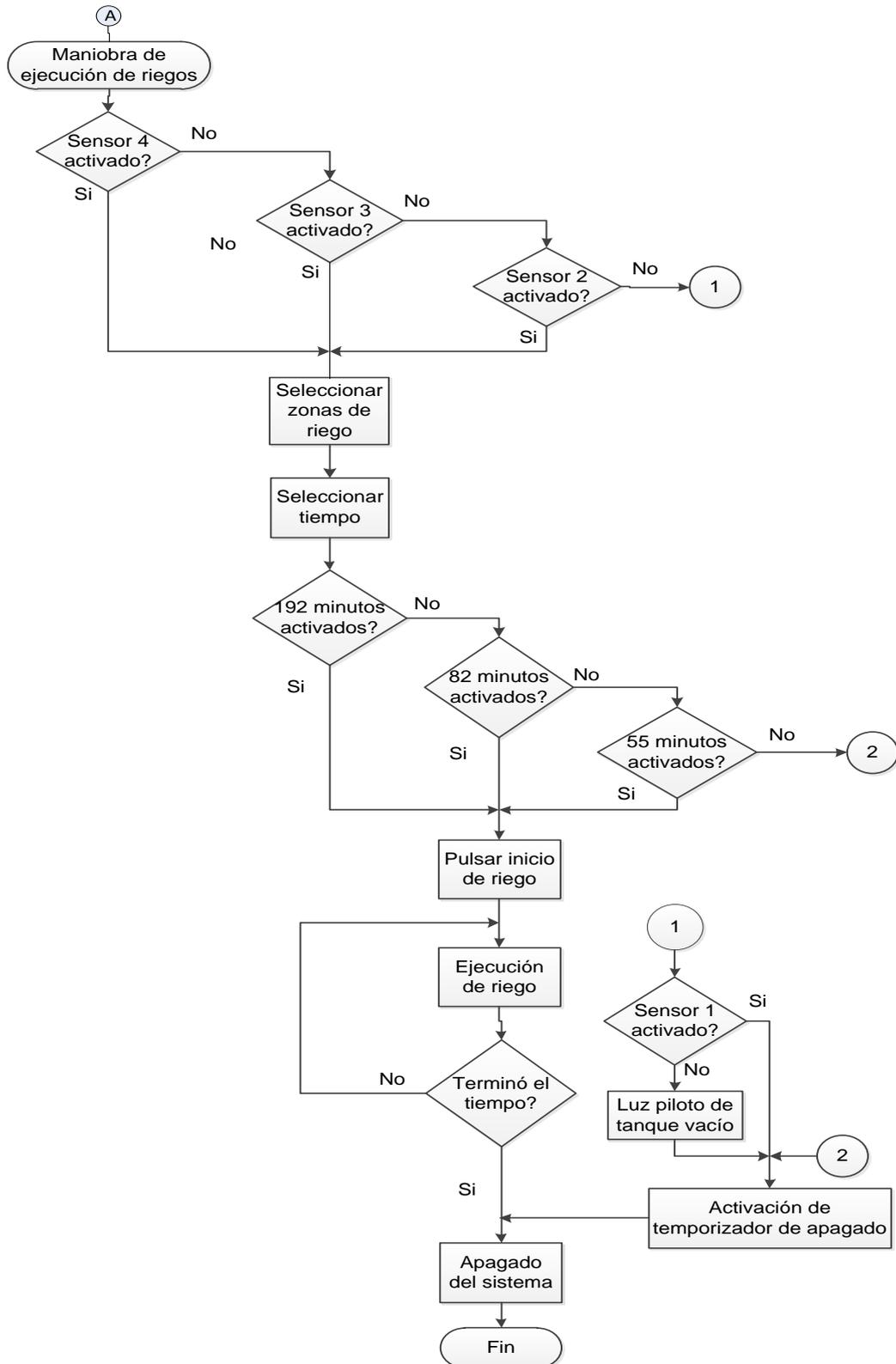


Fuente: Autor

3.2.1. SUBPROCESO DE MANIOBRA DEL SISTEMA

En el diagrama 8 se indica la forma de maniobra del sistema para ejecutar un riego en determinado tiempo.

Diagrama 8: Diagrama de maniobra de ejecución de riegos



Fuente: Autor

3.3. PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PROGRAMABLE

Tabla 26: Selección del relé lógico programable

ALTERNATIVA CRITERIOS	Easy de Moeller	Zelio de Telemecanique	LOGO! de Siemens
Información disponible	Poca	Poca	suficiente
Elementos para instalación	Módulos de ampliación Análogos y digitales	Módulos de ampliación Análogos y digitales	Fuente de alimentación LOGO! y módulos análogos y digitales
Programación	KOP - FUP	KOP - FUP	KOP - FUP
Voltaje de trabajo	100–240 VAC, 12 y 24 VDC.	100–240 VAC, 12 y 24 VDC	115–240 VAC, 12 y 24 VDC.
Características de las salidas	Relé o Transistor	Relé o Transistor	Relé o Transistor
Precio	Alto	Bajo	Bajo

Fuente: Autor

Según la tabla 26 la mayoría de relés programables tienen las mismas característica, pero basándose en la información de consulta que se tiene disponible y los elementos característicos para la instalación se opta por trabajar con un PLR LOGO! de SIEMENS. Este es un dispositivo que cuenta con distintos modelos según las necesidades que se requiera, además tiene módulos de ampliación para incrementar entradas y salidas tanto análogas como digitales. Además para la instalación de estos componentes se dispone de fuentes de alimentación de control primario para equipos LOGO!.

Tabla 27: Variantes de LOGO! SIEMENS

Símbolo	Designación	Salidas	Tipo
	LOGO! 12/24RC *	4 x 230 V; 10A	relé
	LOGO! 24 *	4 x 24 V; 0,3 A	transistor
	LOGO! 24RC (AC)	4 x 230 V; 10A	relé
	LOGO! 230RC	4 x 230 V; 10A	relé
	LOGO! 12/24RCo *	4 x 230 V; 10A	relé
	LOGO! 24RCo (AC)	4 x 230 V; 10A	relé
	LOGO! 230RCo	4 x 230 V; 10A	relé
	LOGO! 12RCL	8 x 230 V; 10A	relé
	LOGO! 24L	8 x 24 V; 0,3 A	transistor
	LOGO! 24RCL	8 x 230 V; 10A	relé
	LOGO! 230RCL	8 x 230 V; 10A	relé
	LOGO! 24RCLB11	8 x 230 V; 10A	relé
	LOGO! 230RCLB11	8 x 230 V; 10A	relé

*: adicionalmente con entradas analógicas

Fuente: http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/

De acuerdo a las características descritas anteriormente, el programa de control se guardara en la variante de LOGO! SIEMENS 12/24RC, este modelo cumple con las características requeridas por el sistema, además se utilizan dos módulos de entrada-salida digital para manejar todas los parámetros programados. Para el funcionamiento de estos componentes de control se utilizará una fuente de alimentación LOGO! de 24 voltios.

3.3.1. DESCRIPCIÓN DE LOGO! SOFT COMFORT

LOGO! Soft comfort V 7.0 es un programa de PC donde es posible simular programas que son ejecutados por LOGO! de siemens: permite crear, modificar, archivar e imprimir programas antes de ser transferidos a la memoria del relé programable¹⁴.

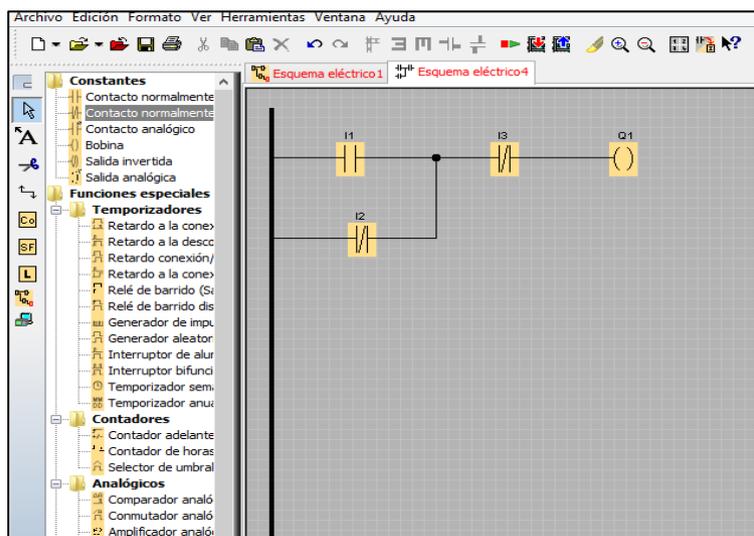
LOGO! Soft ofrece la simulación de los parámetros programados para el relé programable en una computadora. Una vez simulado puede ser trasferido el programa de la PC a LOGO! mediante un cable serial conectados entre sí.

¹⁴Disponible:http://nclem.net/gradrgi/Logo/Logiciel/LogoSC/V1.0/Tools/LOGOSoft%20Comfort/prog/bin/LogoComfort_ES.pdf

LOGO! Soft comfort V 7.0 ofrece la posibilidad de manejar dos métodos de programación que son:

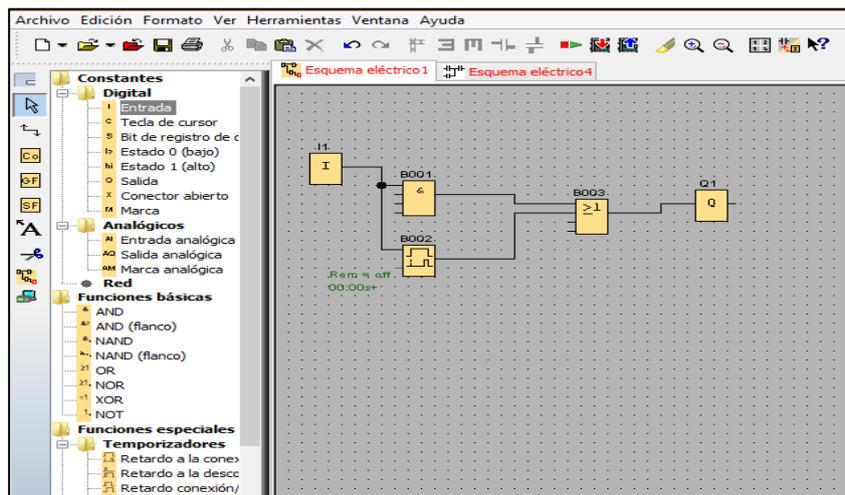
- Esquema de contactos (KOP); ofrece contactos para la creación de funciones (ocupa menor memoria que el diagrama de funciones FUP).
- Diagrama de funciones (FUP); ofrece bloques de funciones compactas

Figura 28: Ventana de LOGO! Soft programación KOP



Fuente: Autor

Figura 29: Ventana de LOGO! Soft programación FUP

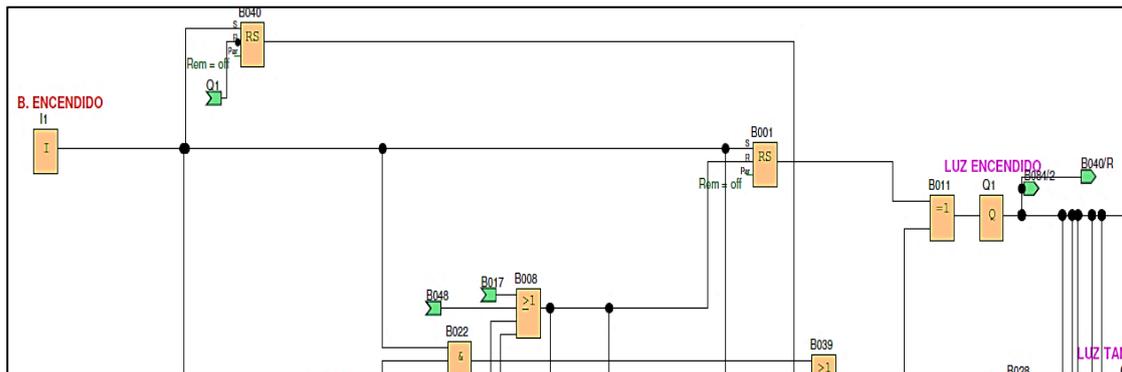


Fuente: Autor

El método de programación que se utiliza para este sistema, es el diagrama de funciones FUP. Esta forma de programación es la más conveniente para encontrar la lógica booleana que necesita el sistema de control.

3.3.2. PARÁMETROS DEL PROGRAMA PARA EL CONTROL DEL SISTEMA

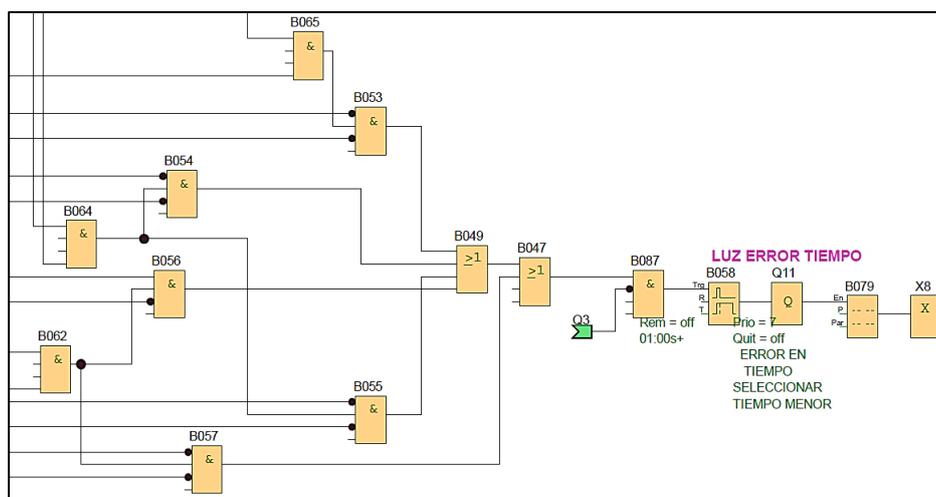
Figura 30: Fase de encendido del sistema



Fuente: Autor

La etapa de encendido tiene diferentes condiciones para seguir a la fase de mando de tiempos de riego. Las principales condiciones son: considerar el estado del sensor situado en el nivel cero del tanque y conocer si el paro de emergencia se encuentra activado. Si el sensor no envía ninguna señal o el paro de emergencia está activado, el sistema no se enciende.

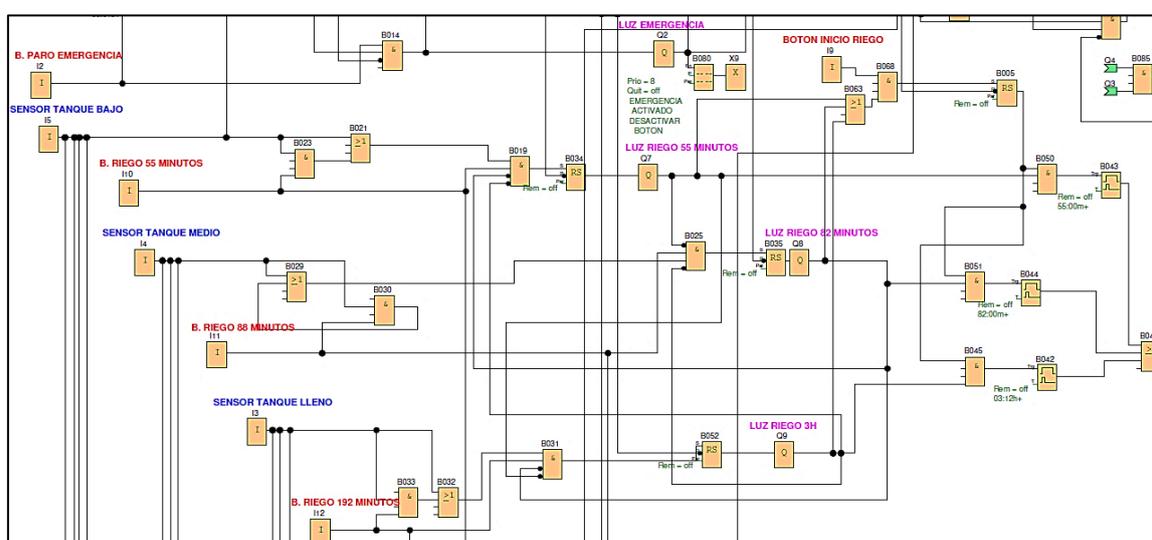
Figura 31: Condiciones para el error de tiempo asignado



Fuente: Autor

Otro parámetro de relevancia es la señal que se tenga de los sensores de nivel de agua, según estas, se puede fijar el tiempo de riego, caso contrario se activa una salida de error. Además de las condiciones de los sensores, también se considera el estado del botón de paro de emergencia; si está activado se suspenden todas las funciones del sistema. Para fijar otra condición, se debe desactivar el paro de emergencia y el sistema debe encenderse nuevamente para ejecutar otro tiempo de riego.

Figura 32: Condiciones para ejecución de riegos



Fuente: Autor

En la tabla 26 se describen todas las entradas y salidas necesarias para el diseño del programa de control. Además se describe el tipo de señal de trabajo y la ubicación de los parámetros en los diferentes módulos de LOGO!

Tabla 28: Descripción de entradas y salidas del programa de control

Descripción	Tipo	Ubicación	Designación
Encendido	Entrada digital	LOGO! 12/24 RC	I1
Paro de emergencia	Entrada digital	LOGO! 12/24 RC	I2
Sensor de tanque lleno	Entrada digital	LOGO! 12/24 RC	I3
Sensor de tanque medio	Entrada digital	LOGO! 12/24 RC	I4
Sensor de tanque bajo	Entrada digital	LOGO! 12/24 RC	I5
Sensor de tanque vacío	Entrada digital	LOGO! 12/24 RC	I6
Pulsador de zona A	Entrada digital	LOGO! 12/24 RC	I7
Pulsador de zona B	Entrada digital	LOGO! 12/24 RC	I8
Pulsador de inicio de riego	Entrada digital	Módulo 1 DM8	I1
Pulsador de 55 minutos	Entrada digital	Módulo 1 DM8	I2
Pulsador de 82 minutos	Entrada digital	Módulo 1 DM8	I3
Pulsador de 192 minutos	Entrada digital	Módulo 1 DM8	I4
Señal de relé térmico	Entrada digital	Módulo 2 DM8	I1
Luz piloto de encendido	Salida digital	LOGO! 12/24 RC	Q1
Luz piloto de emergencia	Salida digital	LOGO! 12/24 RC	Q2
Encendido de la bomba	Salida digital	LOGO! 12/24 RC	Q3
Electroválvula de zona A	Salida digital	LOGO! 12/24 RC	Q4
Electroválvula de zona B	Salida digital	Módulo 1 DM8	Q1
Luz piloto de tanque vacío	Salida digital	Módulo 1 DM8	Q2
Luz piloto de 55 minutos	Salida digital	Módulo 1 DM8	Q3
Luz piloto de 82 minutos	Salida digital	Módulo 1 DM8	Q4
Luz piloto de 192 minutos	Salida digital	Módulo 2 DM8	Q1
Luz piloto de falla térmica	Salida digital	Módulo 2 DM8	Q2
Luz piloto error de tiempo	Salida digital	Módulo 2 DM8	Q3

Fuente: Autor

3.4. TABLERO DE CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

El tablero de control, es la parte de interfaz entre el sistema de riego y el usuario, permite la activación o finalización del riego e indica los parámetros que se están ejecutando mediante indicadores visuales.

Asimismo el tablero de control es la caja donde se alojan los dispositivos de conexión, control (PLR en este caso), maniobra y protección. Estos dispositivos se encargan del control del circuito de potencia del sistema y permiten un correcto funcionamiento de toda la parte eléctrica.

- **Aplicaciones de los tableros eléctricos según el uso de la energía eléctrica¹⁵**

Pueden tener uso industrial, doméstico, y también pueden ser utilizados en grandes cantidades para alumbrado público, entre otros.

Los tableros eléctricos según el uso de la energía eléctrica tienen las siguientes aplicaciones:

- Centro de Control de Motores
- Subestaciones
- Alumbrado
- Centros de carga o de uso residencial
- Tableros de distribución
- Celdas de seccionamiento
- Centro de distribución de potencia
- Centro de fuerza

¹⁵Disponible:<http://www.quiminet.com/articulos/los-tableros-electricos-sus-tipos-y-aplicaciones-segun-el-uso-de-la-energia-electrica-2586331.htm>

3.4.1. COMPONENTES DEL TABLERO DE CONTROL

3.4.1.1. Elementos de protección

- **Relevador magnetotérmico o circuit breaker**

Es el dispositivo principal de encendido del sistema, utilizado para protección de corriente excesiva del motor o de un cortocircuito, reacciona al flujo de corriente que pasa a través de una bobina conectada en serie con el motor. En el interior consta de una bobina con un núcleo de hierro, el cual se mueve libremente de arriba y hacia abajo dependiendo de la fuerza magnética que genera la corriente que circula, cuando alcanza la corriente crítica, el núcleo salta abriendo el circuito. Para restablecer el circuito se debe activar el breaker manualmente (René, 2010).

Figura 33: Breaker de interrupción de mando y su simbología normalizada



Fuente: <http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/>

- **Contactador**

Es el dispositivo que separa la parte de control de la parte de potencia y sirve para el encendido de la electrobomba. La característica principal del contactador del sistema es que para su activación solo necesita un voltaje de 24 Vdc que se obtiene directamente de la salida del PLR. Este tipo de dispositivos tiene la capacidad de soportar grandes cargas en sus contactos principales, aunque la tensión de alimentación en la bobina del electroimán sea pequeña¹⁶. A continuación se presenta las partes principales de un contactador.

¹⁶ Disponible en: <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>

- Contactos de potencia

Son los encargados de manejar la alimentación de los elementos de potencia o actuadores, pueden estar configurados normalmente abiertos (permiten el paso de corriente cuando se acciona el electroimán) o normalmente cerrados (corta el paso de corriente cuando el electroimán se acciona) (Fernández & Fernández, 2003).

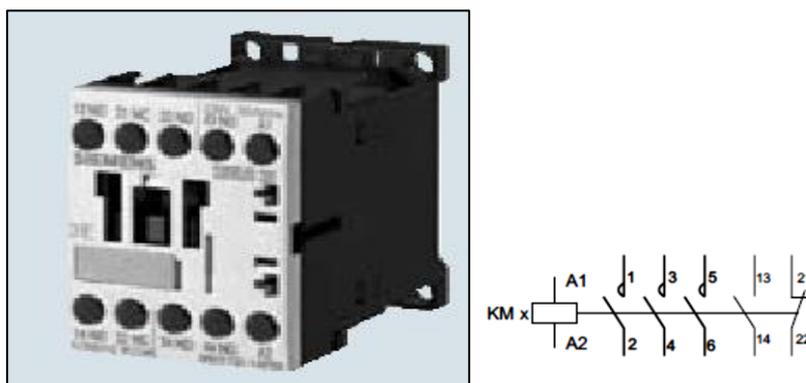
- Contactos auxiliares para el mando del electroimán

Son los encargados de realizar la activación del electroimán, reciben una señal eléctrica de un elemento de control a un valor determinado según el tipo de contactor. Cuando la señal eléctrica fluye se acciona el contactor y cuando la señal deja de fluir el contactor regresa a su estado inicial (Fernández & Fernández, 2003).

- Electroimán

Se pone en función mediante la excitación provocada por la corriente entrante en los contactos auxiliares. Al estar en funcionamiento el electroimán consigue desplazar un conjunto de contactos eléctricos asociados para realizar la conexión o desconexión del contactor (Fernández & Fernández, 2003).

Figura 34: Contactor con su simbología normalizada



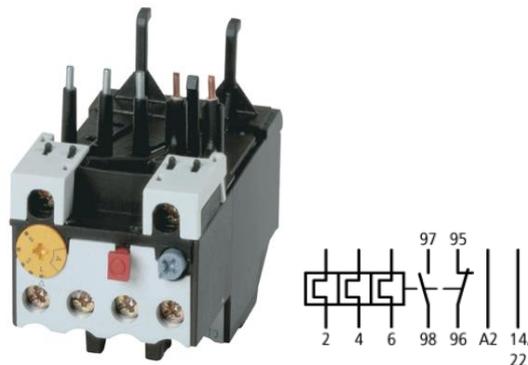
Fuente: <http://industria.siemens.com.mx/Control%20y%20Distribuci%C3%B3n/Docs/>

- **Relé térmico**

Es el dispositivo dedicado a la protección de la electrobomba, se instala directamente en los contactos de salida del contactor, ofrece protecciones contra sobrecargas, falla de alguna fase y diferencias de carga entre fases. Además dependiendo del tipo de relé térmico algunos incorporan: contactos auxiliares; para el circuito de mando, un botón regulador-selector de intensidad de protección y dos botones de prueba, uno de paro y otro para reset.

El relé térmico se acciona cuando el motor sufre una avería y se produce una sobre intensidad. Para la activación consta de tres láminas bimetálicas con diferente coeficiente de dilatación, cada lámina tiene una bobina calefactora, cuando por ellas fluye una corriente eléctrica determinada provoca la dilatación del bimetal el cual produce el cambio o conmutación de los contactos¹⁷.

Figura 35: Relé térmico con su simbología normalizada



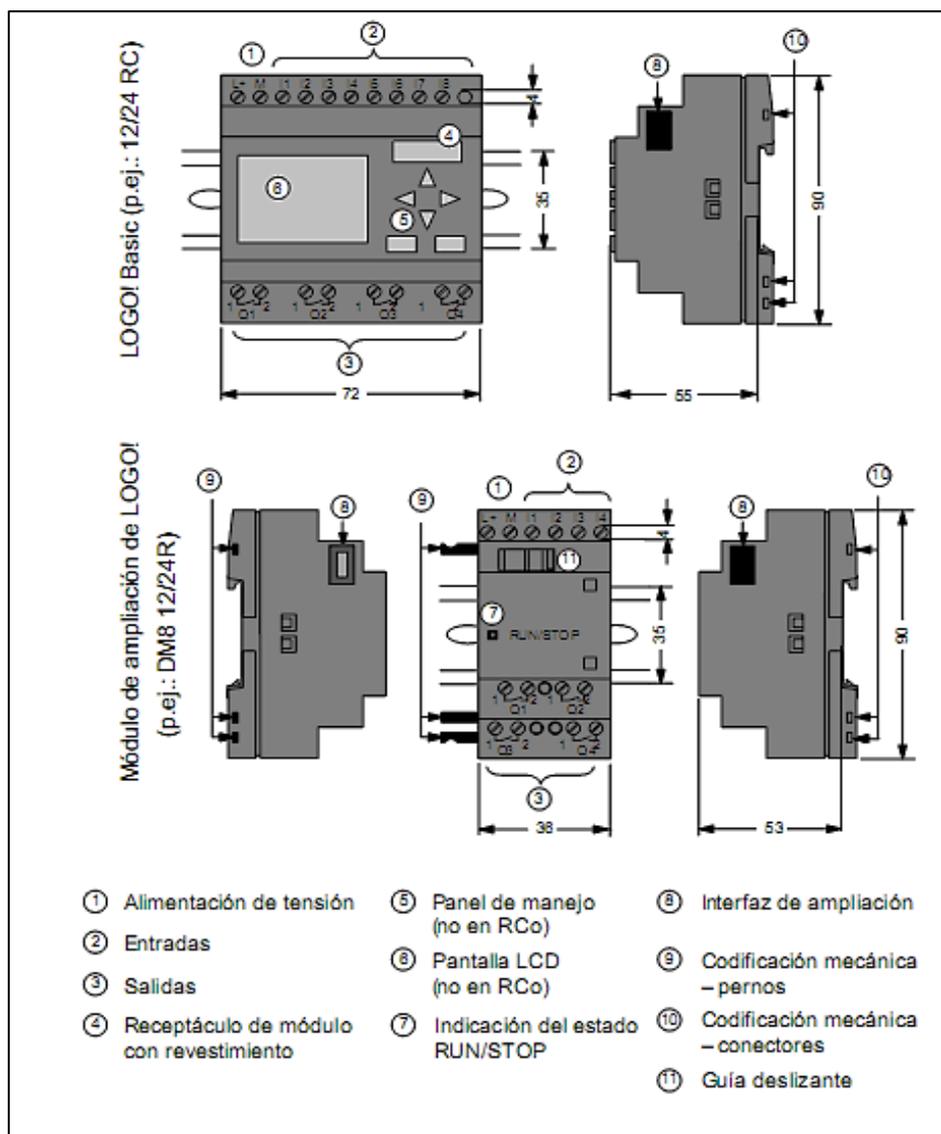
Fuente: <http://www.farnell.com/datasheets/94759.pdf>

3.4.1.2. Elementos de control

La parte de control del sistema se encarga del procesamiento de las señales de los sensores y los parámetros que ingrese el usuario. Para el manejo de todas las señales se instala el modulo lógico principal LOGO! 12/24RC, más dos módulos digitales de entrada salida DM8 12/24R.

¹⁷ Disponible en: <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.rele.termico.pdf>

Figura 36: Estructura de LOGO! 12/24RC y módulo digital DM8 12/24R



Fuente: http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/

3.4.1.3. Elementos de accionamiento y visualización

- **Pulsadores**

Son los elementos eléctricos de interfaz con el usuario y son los encargados del accionamiento del sistema. Estos elementos permiten el paso de corriente durante el tiempo de pulsación y regresan a su estado inicial después de dejar el estado de pulsar: pueden ser de contactos normalmente abiertos o de contactos normalmente cerrados.

Figura 37: Diferentes tipos de pulsadores



Fuente: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/boton-pulsador-61122.html>

- **Luces piloto**

Son los indicadores visuales que se activan según las condiciones propuestas por el usuario. Permiten visualizar las condiciones de operación normal o fallas que se pueden dar en el sistema.

Figura 38: Luces utilizadas en tableros de control



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/rafi/luces-senalizacion-sobre-maquinas-5441-191633.html>

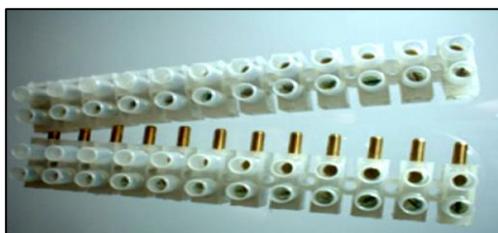
3.4.1.4. Elementos de conexión

- **Borneras y regletas**

Son los elementos de conexión eléctrica que facilitan la distribución de energía en el tablero de control, además permiten el ordenamiento del cableado para los elementos de mando y control. Tienen un cuerpo aislante alargado que incluye un gran número de orificios para el acceso de los conductores; estos orificios tienen sus correspondientes tornillos de fijación. Dentro del cuerpo aislante se

extiende una barra conductora, en la cual se alojan los conductores que son ajustados con las roscas de los tornillos de ajuste.

Figura 39: Borneras de conexión



Fuente: <http://rocase13.blogspot.com/>

- **Terminales**

Son elementos eléctricos, usados para introducir los conductores en las borneras o conectar a otros elementos eléctricos o electrónicos. El modo de utilizarlos es conectando los terminales a las puntas de los conductores que se requieren conectar.

Figura 40: Tipos de terminales utilizados



Fuente: <http://rocase13.blogspot.com/>

3.4.1.5. Elementos adicionales del tablero de control

- **Transformador de 24 Vac**

Este dispositivo se instala para activar las electroválvulas ya que trabajan a 24Vac, este voltaje se maneja mediante los relés de interface los cuales vienen conectados directamente a las salidas del relé programable que trabaja a 24Vdc.

Figura 41: Transformador de 24 Vac



Fuente: Autor

- **Relés de interface**

Estos relés se utilizan para separar la parte de control de la parte de potencia del sistema, sirven para proteger las salidas del relé programable.

Figura 42: Relés de interface de 8 pines



Fuente: <http://pdf.datasheetarchive.com/indexerfiles/Datasheets-UD8/DSARS0029703>

- **Fuente de alimentación de 24 Vdc**

Esta fuente se instala para manejar la alimentación de los elementos de control y de los dispositivos que trabajen a este voltaje. La fuente es una LOGO! power de red monofásica, trabaja con voltajes de entrada entre 100 y 240 Vac y a las salidas ofrece un voltaje nominal de 24Vdc.

3.5. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

La instalación del sistema de riego por aspersión se realiza de acuerdo a la siguiente descripción.

- **Construcción de obra civil**
- **Instalación de componentes hidráulicos**
- **Instalación del sistema de control**

3.5.1. CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL

La obra civil se realiza con personal competente en el área y de acuerdo a las especificaciones detalladas en el plano de obra civil. El Anexo 8 (Plano de obra civil) consta de la acequia de entrada, desarenador, tanque reservorio y cuarto de máquinas.

Figura 43: Ubicación de los componentes de obra civil



Fuente: Autor

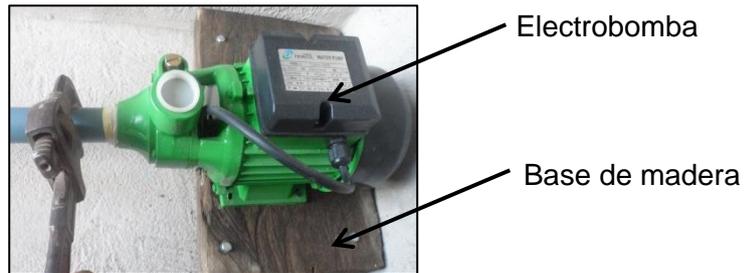
3.5.2. INSTALACIÓN DE COMPONENTES HIDRÁULICOS

La instalación de los componentes hidráulicos se realiza una vez terminada la construcción de la obra civil que necesita el sistema.

3.5.2.1. Pasos de instalación de componentes hidráulicos

- Primeramente se fija la electrobomba a una base de madera, esta es atornillada al piso del cuarto de máquinas para evitar vibraciones mientras se encuentra en funcionamiento.

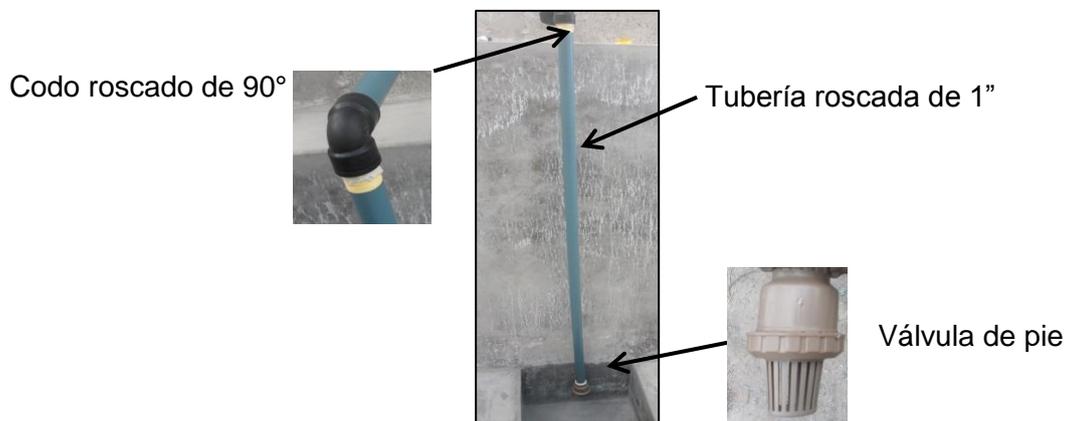
Figura 44: Instalación de la electrobomba



Fuente: Autor

- Como segundo paso se instala la tubería de succión de la bomba con su respectiva válvula de pie y accesorios de conexión. Toda esta tubería y accesorios son de conexión roscada.

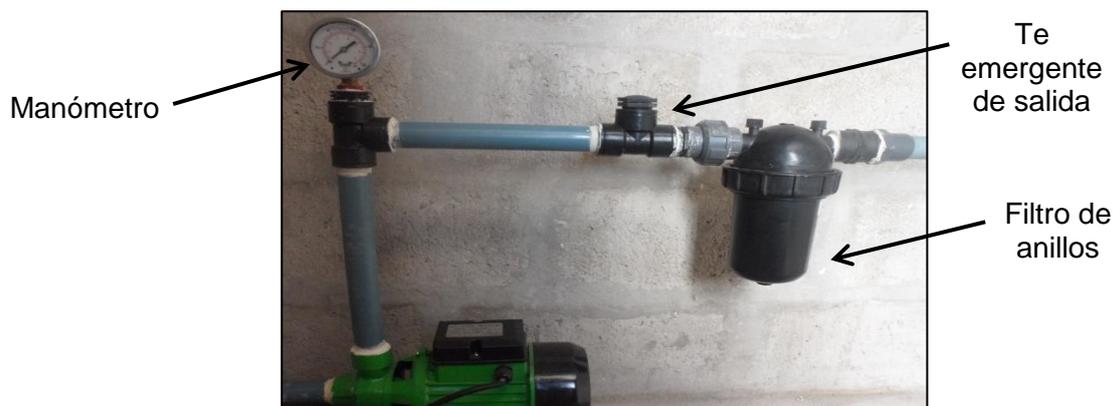
Figura 45: Tubería de succión de la electrobomba



Fuente: Autor

- Una vez instalada la tubería de succión se realiza la instalación de la tubería de salida. Esta tubería se divide en dos partes: la primera es el cabezal de bombeo en la cual se instala el manómetro para verificación de presiones y el filtro de anillos para quitar impurezas del agua; toda esta parte se realiza con tubería roscada, la segunda es la tubería principal del sistema de riego, que luego pasa a dividirse en tuberías secundarias.

Figura 46: Cabezal de bombeo y sus accesorios



Fuente: Autor

- Después del cabezal de bombeo se instala la tubería principal del sistema de acuerdo a la isometría de instalación del Anexo 8 (Plano de isometría hidráulica). Toda esta tubería es de PVC y se instala de forma pegable.

Figura 47: Instalación de tubería principal y sus accesorios



Fuente: Autor

- Luego de la tubería principal se instalan las electroválvulas para cada rama secundaria, estas electroválvulas parten de una te roscada y se utilizan accesorios roscados para facilitar la instalación.

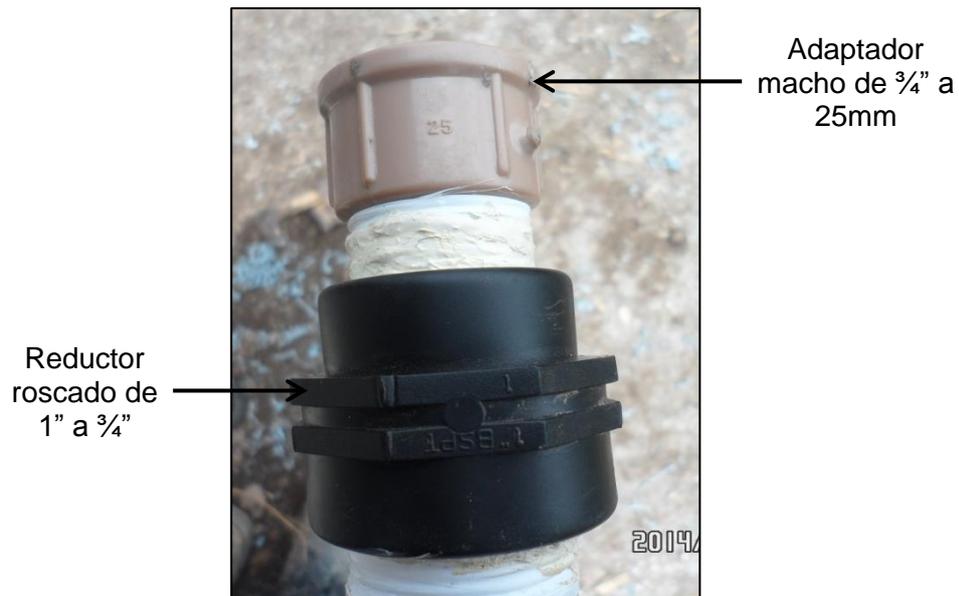
Figura 48: Instalación de electroválvulas para las ramas secundarias



Fuente: Autor

- A partir de las electroválvulas se procede a instalar la tubería secundaria de las dos ramas. Cada rama secundaria se instala de acuerdo a la isometría y las características descritas en el Anexo 8 (Plano de isometría hidráulica).

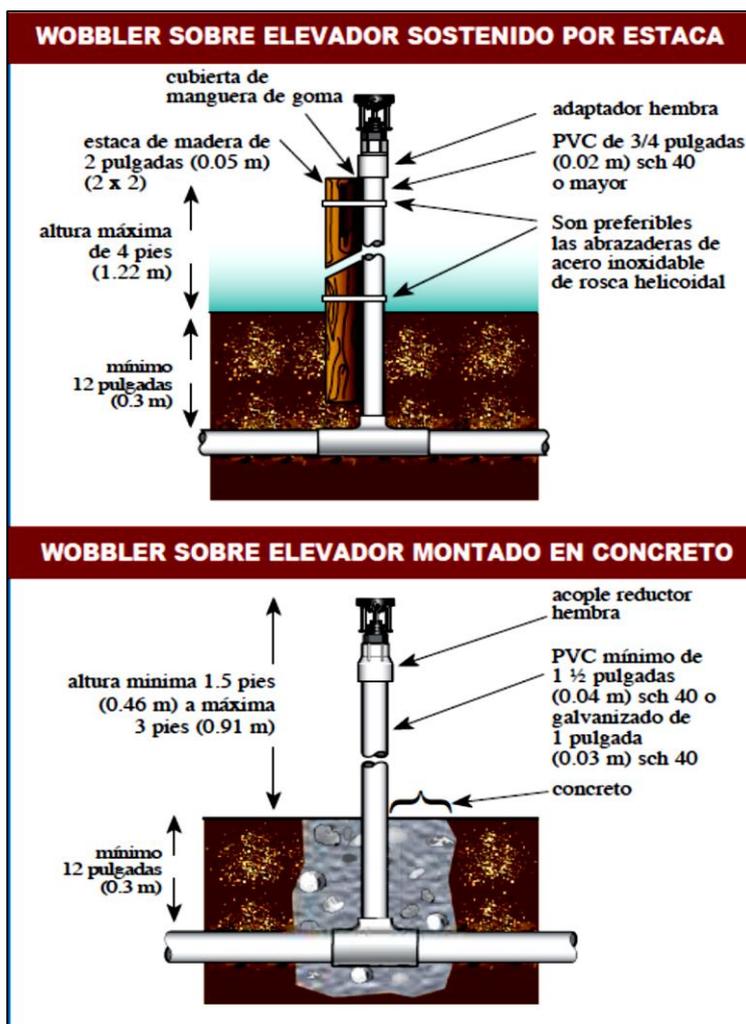
Figura 49: Instalación de accesorios para tubería secundaria



Fuente: Autor

- A la par de la instalación de las ramas secundarias se instalan los elevadores con sus respectivos aspersores. Esta instalación se realiza según las recomendaciones del fabricante Senninger Irrigation (2011) para aspersores Wobbler sobre elevadores sostenidos por estacas de madera.

Figura 50: Formas de instalar aspersores WOBBLER



Fuente: <http://www.senninger.com/wordpress/wp-content/uploads/>

Figura 51: Aspersor instalado con estaca de madera



Fuente: Autor

3.5.3. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Finalizada la instalación de los componentes hidráulicos, se procede instalar todos los componentes eléctricos del sistema de control según las conexiones del plano de instalación eléctrica del Anexo 8.

El tablero de control consta de un doble fondo donde se sujetan las canaletas para guardar los cables de conexión, las regletas de distribución y las rieles DIN para el montaje de todos los dispositivos eléctricos.

Los cables de conexión son de dos calibres: para la conducción de voltajes de 110Vac se utiliza cable número 12 AWG, mientras que para voltajes de 24Vdc y 24Vac se maneja cable número 18 AWG. A demás los cables también se identifican según los colores normalizados.

Tabla 29: Tensiones utilizadas en el tablero de control

DISPOSITIVOS	TENSIONES	CONEXIÓN
Electrobomba	110 Vac	Circuito de potencia
Electroválvulas	24 Vac	Transformador
Sensores de nivel	24 Vdc	Fuente LOGO!
Luces piloto	24 Vdc	Fuente LOGO!
LOGO! y módulos DM8	24 Vdc	Fuente LOGO!

Fuente: Autor

3.5.3.1. Instalación del circuito de potencia

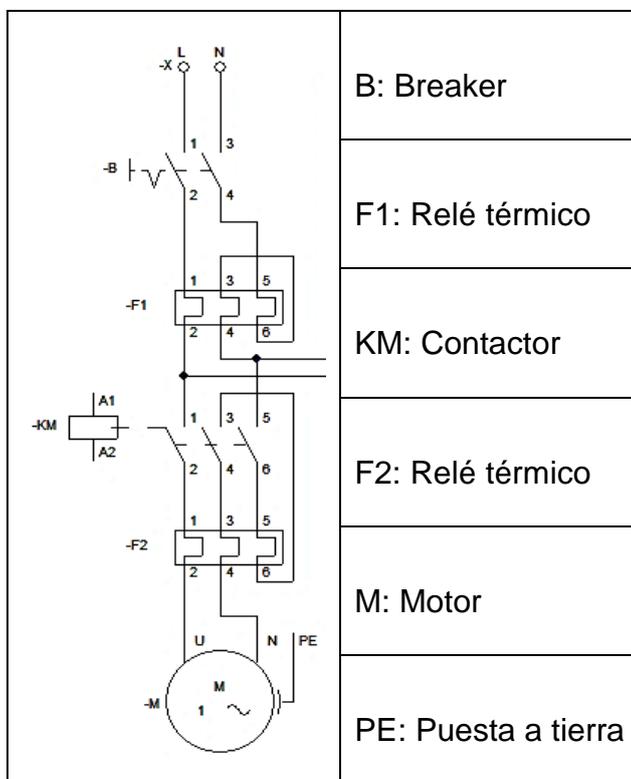
El circuito de potencia consta de los siguientes dispositivos:

- Interruptor magnetotérmico (breaker) para protección general del circuito.
- Relé térmico para seccionamiento y protección contra cortocircuitos.
- Contactor de 24 Vdc para activar la bomba desde el relé programable.
- Relé térmico para protección de sobrecargas en la electrobomba.

El relé térmico o guarda motor al ser un dispositivo de tres polos, pero, en este caso solo se maneja una red monofásica de dos polos; la conexión debe

realizarse de tal forma que los tres polos del relé térmico reciban corriente. El diagrama 9 muestra la forma de conexión del circuito de potencia

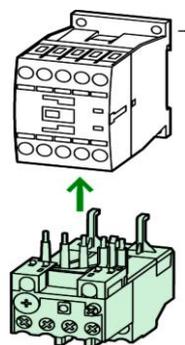
Diagrama 9: Conexión del circuito de potencia



Fuente: Autor

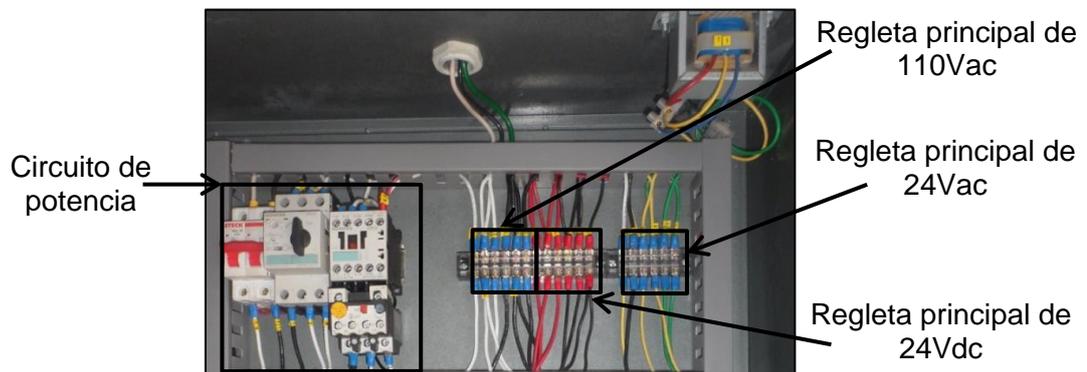
El relé térmico F2 se instala directo sobre el contactor y no necesita montarse sobre un riel DIN. Es compatible con contactores tipo DILM7, DILM9, DILM12, DILM15, DIULM7, DIULM9, DIULM12, SDAINLM12, SDAINLM16, SDAINLM22.

Figura 52: Forma de instalar el relé térmico Moeller ZB12



Fuente: <http://www.farnell.com/datasheets/94759.pdf>

Figura 53: Instalación del circuito de potencia



Fuente: Autor

3.5.3.2. Instalación del circuito de control

El circuito de control consta de los siguientes elementos:

- Relé programable LOGO! 12/24 RC
- Dos módulos digitales LOGO! DM8 12/24 RC
- Cuatro sensores de nivel tipo flotadores
- Relés de interface para protección del relé programable
- Transformador de 24 Vac para activación de electroválvulas
- Fuente LOGO! de 24 Vdc

El Anexo 8 (Plano de instalación eléctrica) muestra la instalación de todos los componentes del circuito de control.

Figura 54: Instalación del circuito de control

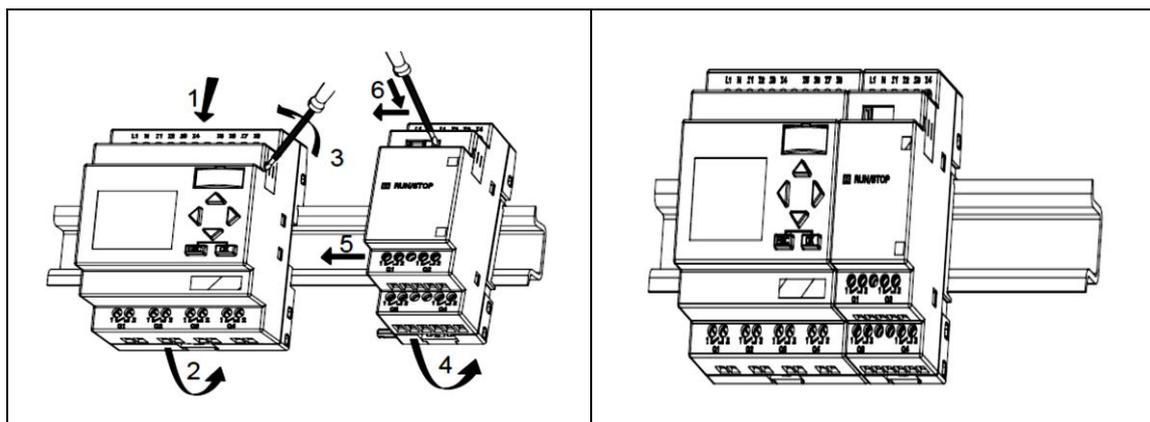


Fuente: Autor

3.5.3.2.1. Instalación de componentes LOGO!

- Montaje: LOGO! 12/24 RC, los módulos DM8 y de la fuente se colocan según el manual de instalación LOGO! (2003). Se debe seguir los pasos de instalación que se muestran en la figura 55:

Figura 55: Pasos para instalar componentes LOGO!



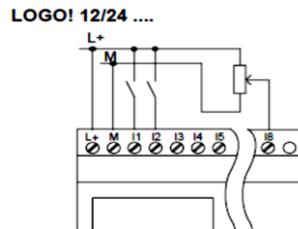
Fuente: http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/

1. Colocar el PLR LOGO! sobre la riel DIN.
2. Girar hasta introducirlo totalmente en el riel.
3. Quitar la tapa para el módulo de ampliación.
4. Colocar el modulo digital sobre el riel DIN en el lado derecho de LOGO!
5. Deslizar el modulo digital hacia la izquierda hasta juntarlo.
6. Deslizar la guía del módulo hacia la izquierda hasta engatillar con LOGO!

Para la conexión de más módulos de ampliación se debe seguir desde el tercer paso, pero, teniendo en cuenta de instalar primeramente módulos digitales y luego módulos analógicos.

- Cableado de entradas: Según la tabla 26 las entradas que maneja LOGO! son: las señales de los pulsadores, de los sensores de nivel y una señal del relé térmico. Todas estas entradas trabajan con 24 Vdc, la señal del relé térmico se maneja con un relé de interface de 110Vac a 24Vdc. La figura 56 muestra la forma general de cablear las entradas en LOGO!

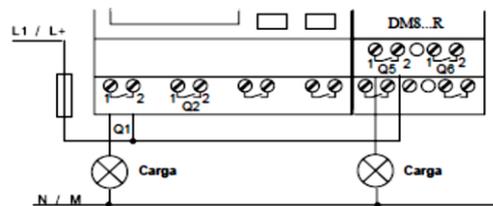
Figura 56: Conexión de entradas en LOGO!



Fuente: http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/

- Cableado de salidas: Las salidas que controla LOGO! son las luces piloto de 24Vdc, las electroválvulas de 24 Vac y la electrobomba de 110Vac.

Figura 57: Conexión de salidas en LOGO!

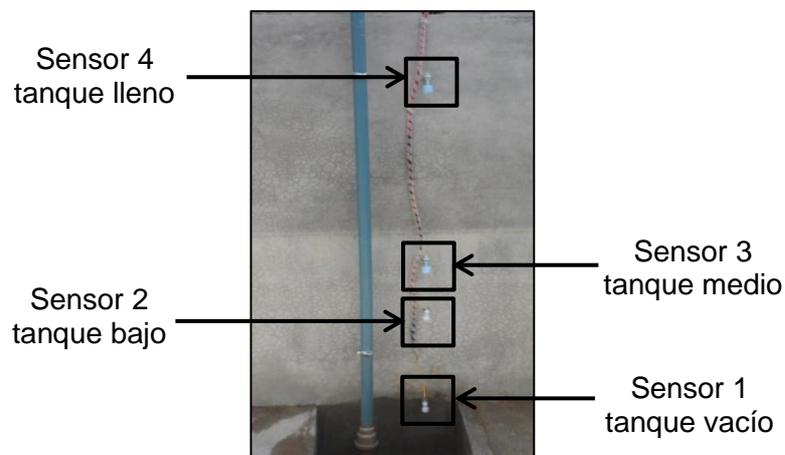


Fuente: http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/

3.5.3.2.2. Instalación de los sensores de nivel

Estos sensores trabajan como interruptores y se fijan de forma vertical en la pared del tanque. Estos dispositivos envían señales de 24Vdc a las entradas de LOGO!

Figura 58: Instalación de sensores de nivel

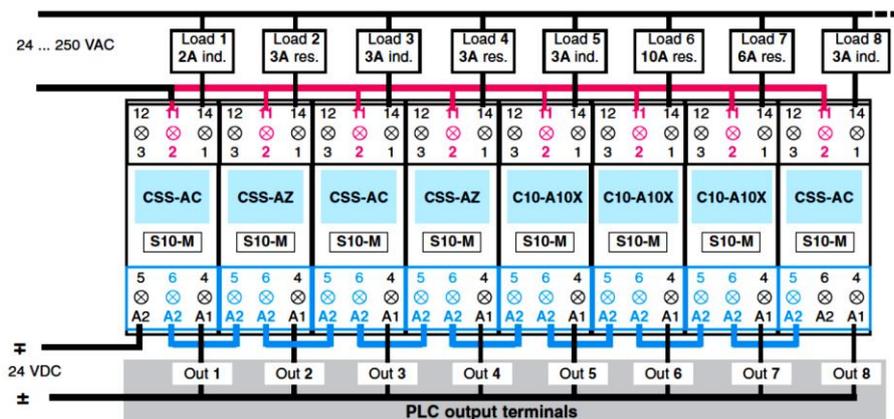


Fuente: Autor

3.5.3.2.3. *Instalación de relés de interface*

Como LOGO! entrega salidas de 24Vdc; las tensiones de corriente alterna se manejan con los relés de interface. Además estos relés también se instalan para protección de las salidas que maneja LOGO!. La figura 50 muestra la forma de conexión de los relés de interface.

Figura 59: Conexión de relés RELECO C12-A21



Fuente: <http://pdf.datasheetarchive.com/indexerfiles/Datasheets-UD8/DSARS0029703>

3.5.3.2.4. *Instalación de fuente LOGO! y transformador*

La fuente LOGO! y el transformador se conectan directamente a la regleta de 110Vac, estos dos elementos entregan las tensiones de 24Vdc y 24Vdc respectivamente.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y AJUSTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

4.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

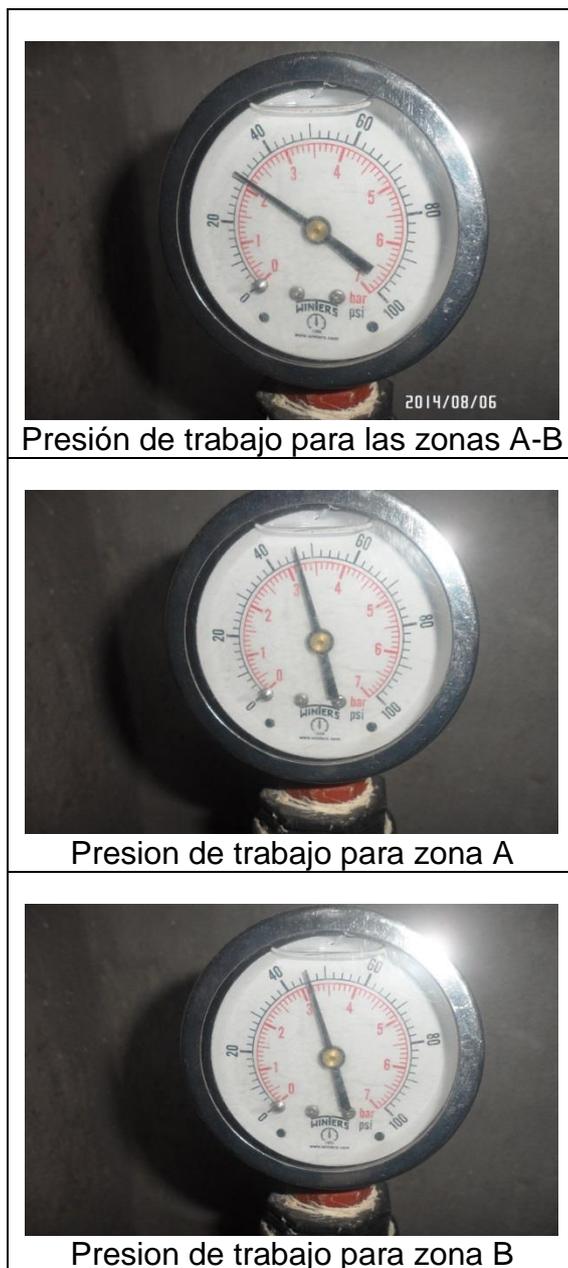
Las pruebas de funcionamiento del sistema, se realizan para comprobar los parámetros establecidos en el diseño hidráulico y de control. Los parámetros que se verifican son:

- Presión en la bomba
- Presión en los aspersores
- Volumen de aspersión en tiempos establecidos
- Corriente nominal de funcionamiento
- Parámetros del programa de control

4.1.1. PRESIÓN EN LA BOMBA

Para verificar esta presión se establece los tiempos de riego en las zonas: A, B y A-B.

Las presiones que se observaron en estas pruebas son: Para las zonas A-B 31 psi, para la zona A 46.5 psi y para la zona B 46 psi, siendo, la capacidad máxima de la bomba de 85.2 psi. Hay que tener en cuenta que estos valores se tomaron con el filtro de anillos sin partículas retenidas y las electroválvulas totalmente abiertas. Estos valores de presión pueden incrementarse con la retención de suciedad en el filtro o por cierre total o parcial de las electroválvulas; este aumento de presión disminuye el caudal en los aspersores.

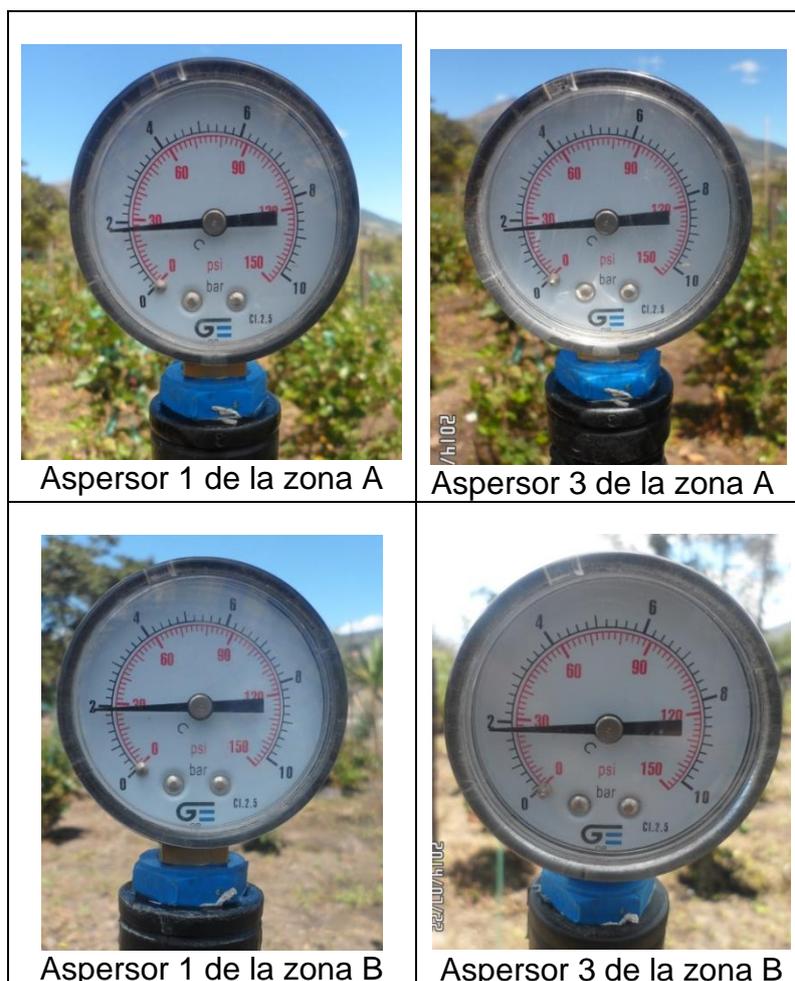
Figura 60: Presiones de trabajo del sistema

Fuente: Autor

4.1.2. PRESIÓN EN LOS ASPERSORES

La presión de los aspersores se verifica en el primero y último de cada rama. Esta revisión se realiza para comprobar si existen pérdidas de presión en los aspersores más lejanos de la estación de bombeo. En la prueba se establece el riego en las dos zonas y con las condiciones con que se verificó la presión en la bomba.

Figura 61: Presiones en los aspersores



Fuente: Autor

De acuerdo al manómetro que se instaló en las tomas de los aspersores se obtuvo los siguientes valores.

- Aspersor 1 de la zona A (rama 1) 26 psi.
- Aspersor 3 de la zona A (rama 1) 25 psi
- Aspersor 1 de la zona B (rama 2) 27 psi
- Aspersor 3 de la zona B (rama 2) 26 psi

Para la verificación de estas presiones se realizó cuatro pruebas diferentes; se instaló un manómetro en la toma del aspersor por cada evento. Al realizar esta prueba se observó un incremento de la presión de trabajo de la bomba pasando de 31 a 32 psi. De acuerdo a esta observación los valores medidos en los aspersores tienden a bajar en 1 psi.

4.1.3. VOLUMEN DE ASPERSIÓN EN TIEMPOS ESTABLECIDOS

Para la revisión de los volúmenes de aspersión se basa en el caudal de riego de las zonas A-B. Los datos se obtienen en función de la disminución de la cantidad de agua del tanque en una hora de riego. En la prueba realizada se observó una disminución de 37 centímetros en una hora de riego con una presión de la bomba de 31psi. Con este dato se obtiene el caudal que entrega la bomba; este caudal es constante para los tres tiempos establecidos para el riego.

Como el área del tanque reservorio es de 6,35m, el volumen reducido en una hora es de 2.35 m³, entonces el caudal es de 2.35m³/h (0.039m³/minutos).

Tabla 30: Pruebas de volúmenes de aspersión

Tiempos establecidos (riego zona A-B)	Caudal (m ³ /minutos)	Volumen de prueba (m ³)	Volumen teórico (m ³)
55 minutos	0,039	2.145	2.108
82 minutos	0.039	3.198	3.162
192 minutos	0.039	7,488	7.378

Fuente: Autor

4.1.4. CORRIENTE NOMINAL DE FUNCIONAMIENTO

Esta se refiere al consumo de corriente de todos los elementos del sistema de riego que trabajan con energía eléctrica.

Para conocer el valor de consumo de corriente de todo el sistema se procede a tomar el dato en la entrada del breaker principal del tablero, para esto, el sistema se pone en funcionamiento en las dos zonas de riego; el valor obtenido fue de 12.8 amperios en el arranque y estableciéndose a los 2 segundos aproximadamente en la corriente nominal de 6.2 amperios.

Con el valor de corriente nominal se obtiene la potencia eléctrica para luego conocer el consumo de energía eléctrica por cada tiempo de riego.

Ecuación 18: Potencia eléctrica

$$P = (\sqrt{3}) * V * I$$

Donde:

P = Potencia eléctrica (watts).

V = Tensión (V).

I = Corriente (A).

$$P = (\sqrt{3}) * 120 V * 6.2A$$

$$P = 1288.65 \text{ watts} = 1.288 \text{ kw}$$

Ecuación 19: Energía eléctrica

$$W = P * T$$

Donde:

W = Energía eléctrica (watts segundos)

P = Potencia eléctrica (watts)

T = Tiempo (segundos)

$$W1 = 1.288 \text{ kw} * 3.2 \text{ horas}$$

$$W1 = 4.12 \text{ kWh}$$

$$W2 = 1.288 \text{ kw} * 1.4 \text{ horas}$$

$$W2 = 1.80 \text{ kWh}$$

$$W3 = 1.288 \text{ kw} * 0.92 \text{ horas}$$

$$W3 = 1.18 \text{ kWh}$$

Tabla 31: Consumo de energía eléctrica por evento de riego

Tiempos establecidos	Consumo de energía eléctrica
55 minutos (0.92H)	1.18 Kwh
82 minutos (1.4H)	1.80 Kwh
192 minutos (3.2H)	4.12 Kwh

Fuente: Autor

4.1.5. PRUEBAS DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL

En estas pruebas se comprueba el funcionamiento de todos los mandos del tablero de control.

4.1.5.1. Señales de los sensores de nivel

Estas señales se comprueban al momento de llenado del tanque, cuando el nivel de agua sobrepasa el medio cuerpo del sensor se activan las entradas correspondientes en LOGO!

La activación de todas las entradas y salidas se pueden observar en la pantalla LCD que tiene LOGO!. En la figura 62 se observa el tanque con el agua sobrepasando el sensor de nivel de tanque lleno y la visualización de las entradas 3, 4, 5 y 6 activadas, correspondientes a los sensores instalados.

Figura 62: Visualización de las entradas de los sensores



Fuente: Autor

4.1.5.2. Señales de los botones de mando

Se prueban todos los botones de mando incluso se prueba la falla térmica. La falla térmica se comprueba con el botón test del relé térmico de la bomba.

En estas pruebas se comprobó las entradas de los botones y las salidas que activan las luces piloto, las electroválvulas y la electrobomba. Estas salidas se accionan mediante los relés de interface. En la figura 63 se muestran las imágenes de las pruebas realizadas de todas los parámetros del sistema.

Figura 63: Visualización de parámetros de control



Fuente: Autor

4.2. AJUSTES DEL SISTEMA

4.2.1. AJUSTES EN LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA

- Observando el sistema en funcionamiento se notó que la tubería de succión sufría pequeñas vibraciones por lo que se optó por instalar sujetadores en la tubería y poder estabilizarla totalmente.

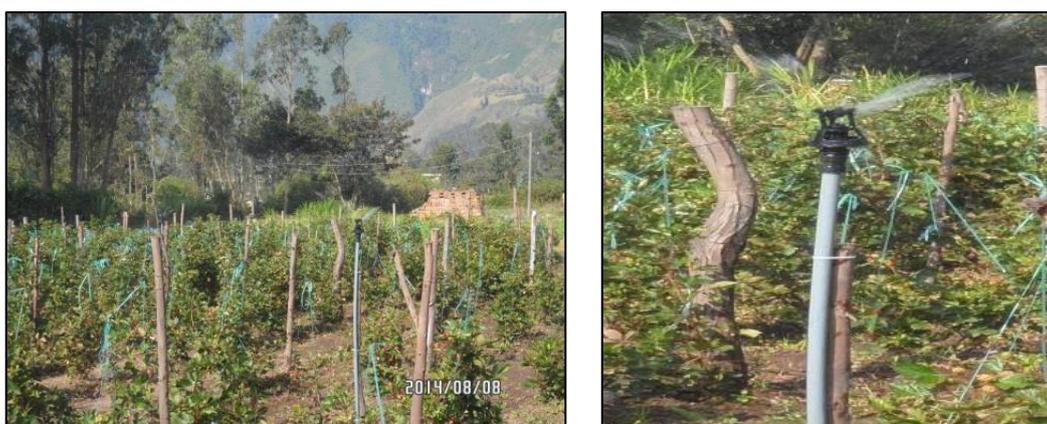
Figura 64: Verificación de estabilidad de la tubería de succión



Fuente: Autor

- También se estabilizaron los elevadores de los aspersores ya que no realizaban una aspersión uniforme.

Figura 65: Aspersores en funcionamiento

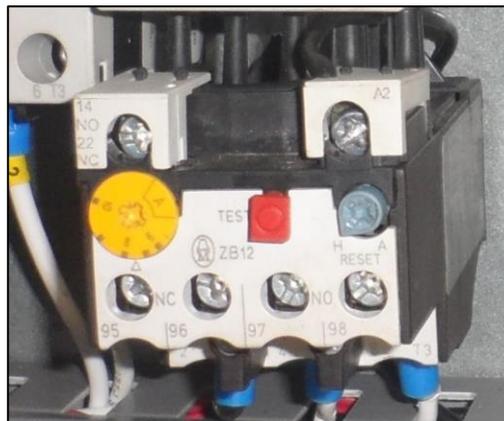


Fuente: Autor

4.2.2. AJUSTES EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CONTROL

- Se calibró el amperaje de trabajo del relé térmico de protección de la electrobomba. Este dispositivo se reguló según la corriente nominal de trabajo de 8 amperios y se lo realizó con el fin de que el relé actué antes de un sobrecalentamiento en los bobinados del motor de la bomba.

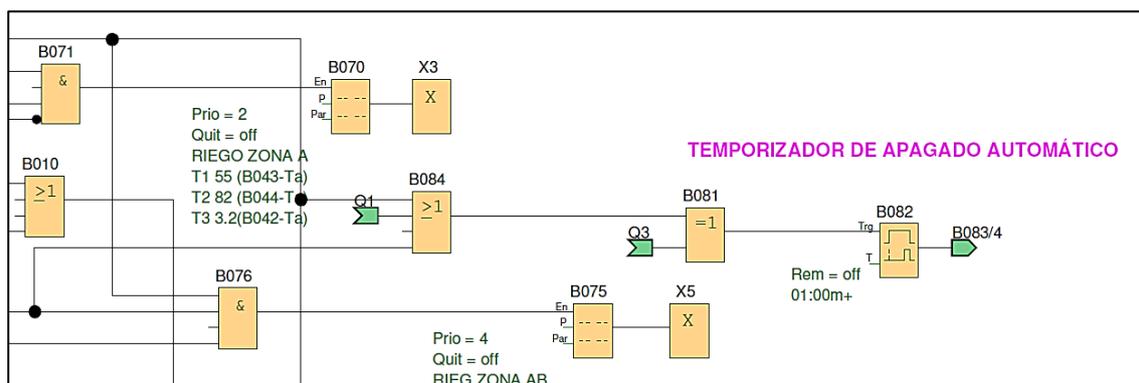
Figura 66: Relé térmico regulado a la corriente nominal de la bomba



Fuente: Autor

- En la parte de control lo principal que se realizó son modificaciones en el programa; disminuyendo los tiempos de apagado de las electroválvulas y se incluyó un temporizador de apagado automático para que actué cuando se prenda el sistema y no se ejecute ningún tiempo de riego.

Figura 67: Temporizador de apagado automático



Fuente: Autor

CAPÍTULO 5

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Este capítulo se enfoca en detallar el costo total del proyecto y así poder realizar el análisis de factibilidad en implementar el sistema de riego por aspersión.

Según (Fuentes, 2012, pág. 124), el costo es una inversión que es recuperable y debe acarrear ganancias. Los costos según el tipo se clasifican en:

- Costos directos
- Costos indirectos

5.1. COSTOS DIRECTOS

Son los costos que intervienen directamente en la ejecución del proyecto, aquí se toma en cuenta: materiales utilizados en la obra civil, instalación hidráulica, elementos del tablero de control y mano de obra.

A continuación se presenta los costos directos que involucra la instalación del proyecto.

Tabla 32: Costos de materiales de obra civil

Detalle	Cantidad	Valor/U (USD)	Subtotal (USD)
Malla electrosoldada ARMEX (R188)	3	43.25	129.75
Material pétreo (m ³)	10	10.00	100.00
Cemento Selvalegre	20	6.80	136.00
Bloque prefabricado (15cm)	150	0.25	37.50
Geomembrana plástica (m ²)	7	3.50	24.50
Impermeabilizante Plastocrete DM SIKA 4kg	1	6.50	6.50
Hojas de zinc (2.4x0.83m)	3	5.50	16.50
Otros	-	-	20.00
		Total	470.75

Fuente: Autor

Tabla 33: Costos de materiales de instalación hidráulica

Detalle	Cantidad	Valor/U (USD)	Subtotal (USD)
Tubo de PVC 32mm x 6mt.	6	3.83	22.98
Tubo de PVC 25mm x 6mt.	7	2.30	16.10
Tubo Roscable 1/2" x 6mt.	2	6.33	12.66
Tubo Roscable 1" x 6mt.	1	9.64	9.64
Válvula de pie PVC 1"	1	4.33	4.33
Tee Roscable 1"	2	1.71	3.42
Aspersor Senninger Excel Wobbler 1/2"	6	7.28	43.68
Codo de PVC 32mm x 90°	5	1.00	5.00
Adaptador macho 32mm x 1"	2	1.27	2.54
Unión Roscable 1/2"	6	0.34	2.04
Unión universal Roscable 1"	3	3.42	10.26
Unión Roscable 1"	1	0.50	0.50
Unión reductora Roscable 1" x 3/4"	2	0.80	1.60
Unión reductora Roscable 3/4" x 1/2"	2	0.70	1.40
Adaptador macho 25mm x 3/4"	4	1.18	4.72
Codo de PVC 25mm x 90°	5	0.90	4.50
Tee combinada 25mm x 1/2"	4	0.70	2.80
Bushing 1"x1/2"	1	0.45	0.45
Bushig 1/2" x 1/4"	1	1.12	1.12
Manómetro de glicerina	1	14.80	14.80
Neplo corrido 1"	5	0.41	2.05
Codo Roscable 1" x 90°	1	0.85	0.85
Pega polipega 1/4 de litro	1	3.90	3.90
Sellante de polipropileno	2	4.02	8.04
Teflón	5	0.29	1.45
Electroválvula tipo globo 1"	2	31.11	62.22
Filtro corto de anillos 1"	1	41.20	41.20
Electrobomba TEMCO 1HP	1	65.00	65.00
		TOTAL	349.25

Fuente: Autor

Tabla 34: Costos de materiales de instalaciones eléctricas y control

Detalle	Cantidad	Valor/U (USD)	Subtotal (USD)
PLR LOGO! 12/24RC	1	80.00	80.00
Modulo digital LOGO! DM8 12/24R	2	55.00	110.00
Fuente LOGO! Power 24Vdc	1	73.00	73.00
Breaker STECK C16 Para riel DIN	1	10.38	10.83
Relé térmico SIEMENS 3RV1021(11- 16A)	1	30.00	30.00
Relé térmico Moeller ZB12 (6 A 10A)	1	35.00	35.00
Contactador SIEMENS 3RT1016 (24Vdc)	1	30.00	30.00
Relé de interface RELECO C12-A21con base	8	5.00	40.00
Transformador de 110Vac a 24Vac (1A)	1	6.50	6.50
Sensor de nivel tipo flotador pequeño	4	5.38	21.52
Bornera para tablero 12P/15A	3	2.82	8.46
Bornera para tablero 6P/25A	3	1.74	5.22
Bornera en barra 10A	1	0.85	0.85
Cable flexible #12 blanco/negro (metros)	20	0.54	10.80
Cable flexible #18 negro/rojo (metros)	180	0.24	43.20
Cable flexible #10 verde (metros)	10	0.79	7.90
Cable flexible #18 verde/amarillo	10	0.26	2.60
Terminal en punta #22-18	80	0.05	4.00
Terminal en U azul # 16-14	60	0.05	3.00
Terminal en U rojo # 16-14	100	0.05	5.00
Pulsador CAMSCO rojo/verde	7	2.63	18.41
Pulsador tipo hongo retenido CAMSCO	1	4.42	4.42
Luz piloto 24Vdc rojo/amarillo/verde/azul	8	2.73	21.84
Gabinete metálico 50x60cm	1	55.00	55.00
Espiral para cable 1/2" (metro)	2	0.79	1.58
Puesta a tierra	1	18.00	18.00
Marcador libretín mixto	1	8.84	8.84
Prensa estopa	5	0.79	3.95
Manguera caracol de 1/2" (metro)	8	0.26	2.08
Grapa metálica de 1/2"	15	0.15	2.25
Tornillo con taco Fischer 1"	30	0.05	1.50
Canaleta ranurada DEXSON 25x40	2	5.27	10.54
Riel DIN	1	3.35	3.35
Taype 3M	2	0.60	1.20
		TOTAL	680.39

Fuente: Autor

Tabla 35: Costos de mano de obra

Detalle	Cantidad (días)	Valor (diario USD)	Subtotal (USD)
Excavación de obra civil	7	12.00	84.00
Excavación para tubería	2	12.00	24.00
Construcción desarenador, tanque y cuarto	10	32.00	320.00
Instalación hidráulica	3	12.00	48.00
Instalación eléctrica y control	3	12.00	36.00
		TOTAL	500.00

Fuente: Autor

Tabla 36: Costos de materiales varios

Detalle	cantidad	Valor/U (USD)	Subtotal(USD)
Silicona en barra	5	0.20	1.00
Impresiones de etiquetas	4	1.00	4.00
Tuercas con pernos	25	0.12	3.00
Brocas	3	1.25	3.75
Encofrado (m ²)	15	2.50	37.50
		TOTAL	49.25

Fuente: Autor

5.2. COSTOS INDIRECTOS

Son aquellos costos que no son identificables de manera directa en la producción y son difíciles de cuantificar, pero, constituyen un costo complementario para la producción en general.

Tabla 37: Costos indirectos de instalación del sistema

Detalle	Cantidad/Mes	Valor/U (USD)	Subtotal (USD)
Agua	1	6.00	6.00
Luz	3	3.00	9.00
Teléfono	5	2.00	10.00
Asesorías	1	15.00	15.00
		TOTAL	40.00

Fuente: Autor

5.3. COSTO TOTAL

El costo total se refiere a todos los costos directos e indirectos que intervienen en la ejecución del proyecto. La tabla 36 indica el total de costos directos que involucra instalar el sistema y la tabla 37 muestra el costo total del proyecto ya implementado.

Tabla 38: Costo directo total

Detalle	Valor (USD)
Costo de material de obra civil	470.75
Costo de material de instalación hidráulica	349.25
Costo de material de instalación eléctrica y control	680.39
Costo de mano de obra	500.00
Costo de materiales varios	49.25
TOTAL	2049.64

Fuente: Autor

Tabla 39: Costo total del proyecto

Detalle	Valor (USD)
Costo directo del proyecto	2049.64
Costo indirecto del proyecto	40.00
TOTAL	2089.64

Fuente: Autor

5.4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO

Este análisis permite conocer la factibilidad del proyecto; determina el costo de implementación versus los beneficios que entrega el proyecto ya instalado. Para este análisis se realiza primeramente un estudio de los costos de producción del antes y el después; que el sistema entre en funcionamiento.

5.4.1. COSTOS DE PRODUCCIÓN CON RIEGO POR SURCOS

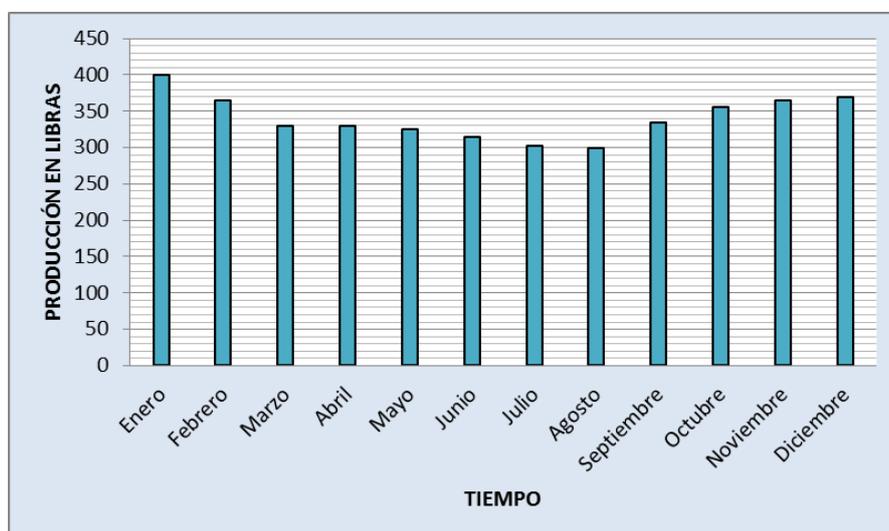
Tabla 40: Costos de producción con riego por surcos

Costos	Cantidad (mensual)	Valor/U (USD)	Subtotal (USD)
Mano de obra podado	1	12.00	12.00
Mano de obra en riego	5	12.00	60.00
Agua de riego	10	0.20	2.00
Varios	1	10.00	10.00
TOTAL			84.00

Fuente: Autor

Los costos descritos en la tabla 38 representan los valores promedios invertidos mensualmente. La cosecha se realiza durante todo el año, pero, no se mantiene constante porque existen temporadas de producción altas y bajas: la mínima producción se tiene entre los meses de Junio - Septiembre, mientras que la mayor se encuentra entre los meses de Octubre - Diciembre y Enero – Marzo.

Gráfico 2: Producción de mora con riego por surcos en la ubicación del proyecto año 2013



Fuente: Autor

En la tabla 39 se muestra los ingresos, el precio de venta unitario en libras y el total de ingresos mensuales.

Tabla 41: Utilidades mensuales con riego por surcos

Tiempo (Mes)	Precio/Lb (USD)	Producción (libras)	Subtotal/Mes (USD)	Costo/Prod. (USD)	Utilidad (USD)
Enero	0.75	400	300.00	84.00	216.00
Febrero	0.75	365	273.75	84.00	189.75
Marzo	0.75	330	247.50	84.00	163.50
Abril	0.75	330	247.50	84.00	163.50
Mayo	0.75	325	243.75	84.00	159.75
Junio	0.75	315	236.25	84.00	152.25
Julio	0.75	302	226.50	84.00	142.50
Agosto	0.75	300	225.00	84.00	141.00
Septiembre	0.75	335	251.25	84.00	167.25
Octubre	0.75	355	266.25	84.00	182.25
Noviembre	0.75	365	273.75	84.00	189.75
Diciembre	0.75	370	277.50	84.00	193.50
				Total/Utilidad anual	2061.00

Fuente: Autor

5.4.2. COSTO DE PRODUCCIÓN CON EL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Tabla 42: Costos de producción con riego por aspersión

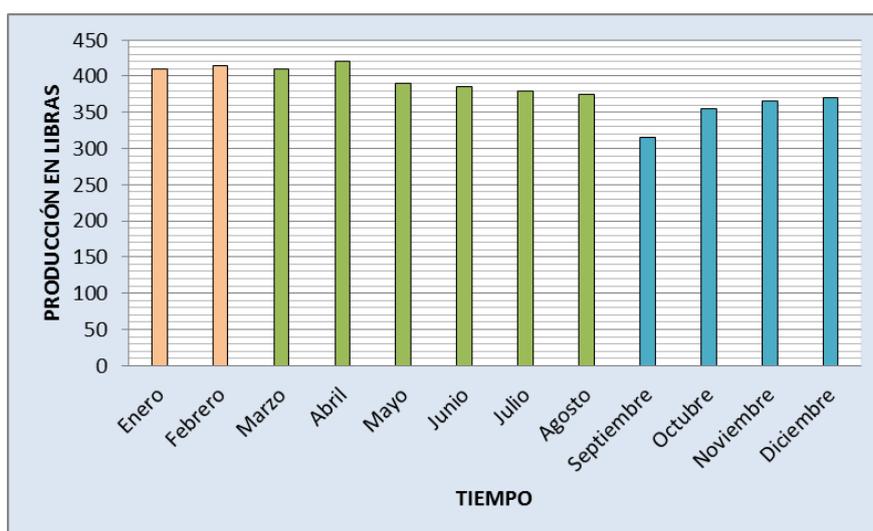
Costos	Cantidad (mensual)	Valor/U (USD)	Subtotal (USD)
Mano de obra podado	1	12.00	12.00
Mantenimiento	1	6.00	6.00
Agua de riego	4	0.20	0.80
Energía eléctrica (KwH)	20.60	0.12	2.47
Varios	1	5.00	5.00
TOTAL			26.27

Fuente: Autor

La tabla 40 muestra los costos que involucran la producción de mora con el sistema de riego por aspersión ya en funcionamiento, cabe destacar que en estos costos se reduce la mano de obra y de la cantidad horas de agua utilizadas.

Para determinar los valores de utilidad con el sistema ya implementado se toma la producción del año 2014. Hay que tomar en cuenta que el sistema entra en funcionamiento desde el mes de marzo y el análisis se lo realiza en el mes de agosto, por cuestiones de tiempo los meses posteriores toman los valores de producción del año 2013.

Gráfico 3: Producción de mora en la ubicación del proyecto con riego por aspersión año 2014



Fuente: Autor

En el gráfico 3 se puede apreciar una producción menos reducida desde los meses que se implantó el proyecto. El objetivo de este sistema es el de mantener la producción sobre todo en temporadas secas (Julio, Agosto, Septiembre), por lo tanto se espera que los meses posteriores se mantenga o se incremente la producción con respecto a los años anteriores.

En la tabla 41 se detalla las utilidades que se estima recoger en el año 2014. Para el análisis de producción de este año se considera: los dos primeros meses no tiene el riego por aspersión, los meses de Marzo a Agosto ya cuenta con el sistema en funcionamiento y los meses de Septiembre a Diciembre son valores estimados con relación al año 2013; estos meses no tienden a sufrir demasiada sequía y la producción puede mantenerse o incrementarse.

Tabla 43: Utilidades mensuales con riego por aspersión

Tiempo (Mes)	Precio/Lb (USD)	Producción (libras)	Subtotal/Mes (USD)	Costo/Prod. (USD)	Utilidad (USD)
Enero	0.75	410	307.50	26.27	281.23
Febrero	0.75	415	311.25	26.27	284.98
Marzo	0.75	410	307.50	26.27	281.23
Abril	0.75	420	315.00	26.27	288.73
Mayo	0.75	390	292.50	26.27	266.23
Junio	0.75	385	288.75	26.27	262.48
Julio	0.75	380	285.00	26.27	258.73
Agosto	0.75	375	281.25	26.27	254.98
Septiembre	0.75	315	236.25	26.27	209.98
Octubre	0.75	355	266.25	26.27	239.98
Noviembre	0.75	365	273.75	26.27	247.48
Diciembre	0.75	370	277.50	26.27	251.23
Total/Utilidad anual					3127,26

Fuente: Autor

5.4.3. TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Con el tiempo de recuperación, se determina la etapa en que el proyecto recobra los costos invertidos en la instalación del sistema.

Tabla 44: Ganancia neta

Detalle	Ganancia neta anual (USD)
Riego por surcos	2061.00
Riego por aspersión	3127.26
Ganancia adicional	1066.26

Fuente: Autor

Según la tabla 42 las utilidades netas anuales con el sistema de riego por aspersión son de 1066.26 dólares más que con el riego tradicional. De esta utilidad se tiene que el beneficio promedio neto por cada mes es de 88.86 dólares.

A continuación se realiza el cálculo del periodo de recuperación, tanto con la utilidad neta de ganancia y con la diferencia de ganancia que acarrea el proyecto ya instalado.

- Periodo de recuperación con la ganancia neta

Como la ganancia neta anual es de 3127.26, se tiene un promedio mensual de 260.61 dólares.

Tabla 45: Periodo de recuperación en base a la ganancia neta

\$ 260.61 Ganancia	1 mes
\$ 2089.64 Costo de instalación	8.01 meses
Tiempo de recuperación de la inversión = 8 meses	

Fuente: Autor

De acuerdo a la tabla 43 se tiene que el tiempo de recuperación de la inversión se dará en aproximadamente en 8 meses. Este tiempo es adecuado para la recuperación tomando en cuenta que se trata de un cultivo artesanal.

- Puesto que la ganancia adicional promedio mensual es de 88.86 dólares, se realiza el cálculo del periodo de recuperación en base al ingreso adicional.

Tabla 46: Periodo de recuperación en base al ingreso adicional

\$ 88.86 Ingreso adicional	1 Mes
\$ 2089.64 Costo instalación	23.51 meses
Tiempo de recuperación de la inversión = 23 meses con 15 días	

Fuente: Autor

Según la tabla 44 el periodo de recuperación con tan solo el ingreso adicional se dará en 23 meses aproximadamente. Este periodo de recuperación es aceptable, pues, el cultivo se encuentra en los dos primeros años de producción y puede llegar a mantenerse hasta los ocho y diez años.

5.4.4. RAZÓN BENEFICIO - COSTO

Según (Fuentes, 2012, pág. 136), la razón beneficio – costo es la división entre los ingresos actualizados y los costos de inversión actualizados. Según este indicador la razón beneficio – costo debe ser mayor a la unidad para que el proyecto sea aceptable.

Para este cálculo se toma en cuenta el año 2014 en el que entra en funcionamiento el proyecto y los beneficios obtenidos en éste.

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} > 1 \text{ (Proyecto aceptable)}$$

$$\frac{3127.26}{2089.64} = 1.5 > 1$$

Como la razón beneficio – costo es mayor que la unidad, el proyecto es aceptable porque esto significa que el beneficio es de \$1.5 por cada dólar invertido. Al ser un retorno positivo se demuestra que plantaciones artesanales de mora pueden invertir en sistemas tecnificados de riego, como es el de aspersión, ya que estos mejoran la producción, reducen el consumo de agua de riego, disminuyen la mano de obra y generan mayores ingresos para el propietario.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El presente trabajo es un sistema de riego por aspersión tecnificado, este ofrece al agricultor una optimización del agua de riego, reduciendo la mano de obra empleada y mejorando los ingresos económicos para el propietario.
- Cuando el sistema se encuentra en funcionamiento permite aplicar una lámina de agua adecuada para el cultivo de mora, dependiendo del tiempo seleccionado, el agricultor sabrá el intervalo de tiempo de la siguiente aplicación del riego.
- La operación del sistema es muy sencilla para el operador, al ser un sistema tecnificado solo se debe presionar los botones de mando y se ejecutara el riego; el apagado es automático por lo que el tiempo empleado es muy corto con respecto al riego por surcos que se utilizaba anteriormente.
- Como el área de irrigación no es demasiada grande se trabaja con aspersores de baja presión. Al trabajar con este tipo de aspersores se logra reducir los costos, principalmente en la etapa de bombeo, consiguiendo un adecuado alcance de aspersión.
- La introducción de dispositivos programables al campo de la agricultura genera grandes ventajas, pues, en ellos se puede programar los tiempos de riego de acuerdo a las necesidades del cultivo.
- Según las pruebas realizadas el sistema es muy confiable, esto se debe a que todo el funcionamiento del sistema se basa en el programa que se ejecuta en el relé programable LOGO!
- Los costos que se generan en la tecnificación del riego implican una elevada inversión inicial, pero, según el análisis de beneficio costo, es una inversión a largo plazo porque aumenta la producción de moras sobre todo en temporadas secas, esto permite la recuperación del costo inicial en un tiempo adecuado para el agricultor.

RECOMENDACIONES

- El diseño de este sistema se implementó en base a las características propias del cultivo de mora. Para la aplicación en otros cultivos será necesario rediseñar el sistema en base a las condiciones que requiera el mismo.
- Se recomienda promover y capacitar a cerca de los sistemas de riego tecnificados, sobre todo en cultivos artesanales donde se practican formas de riego poco eficientes que generan un gran desperdicio del agua.
- Para el buen funcionamiento del sistema se recomienda seguir todas las indicaciones descritas en el manual de usuario adjunto en el Anexo 1.
- Antes de instalar cualquier tipo de riego tecnificado se debe realizar un estudio agronómico, esto sirve para conocer la cantidad de agua y el tipo de riego que necesita el cultivo.
- Se debe instalar los componentes necesarios para que el sistema tecnificado funcione de una excelente forma. Al ser métodos que trabajan con agua de acequias que acarrean sedimentos; se debe instalar los filtros necesarios para limpiarla y no dañar los componentes del sistema.
- Para una buena eficiencia en los sistemas de riego por aspersión se recomienda programarlos durante las últimas horas de la tarde o noche, de esta forma se evita las pérdidas de agua por evaporación o por distorsión a causa del viento.
- Se debe tener en cuenta de mantener las presiones descritas en el manual de usuario ya que estas generan un adecuado caudal en los aspersores; la presión para un riego eficiente se da entre los 20 a 25 psi.
- Como los sistemas de riego tecnificados involucran varias áreas como la agronomía, hidráulica, electricidad y control, se debe tener un asesoramiento para tener sólidos conocimientos para aplicarlos al momento de ejecutar el diseño.

BIBLIOGRAFÍA

1. Balairón, L. (2008). Tuberías de Polietileno. Manual técnico. Madrid-España: AENOR.
2. Bonilla Vásconez, J. L., & Hidrobo Nina, F. O. (2011). "Diseño de un sistema de turbobombéo y riego por aspersión en la Comunidad de San Francisco de Cunuguachay". Riobamba-Ecuador. Tesis de Grado: Facultad de mecánica, ESPOCH.
3. CEKIT S.A. (2001). Curso práctico sobre MICROCONTROLADORES. Pereira-Colombia: RR Donnelley.
4. Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2006). Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones. México: McGraw-Hill.
5. Collaguazo, G. (2007). Sistemas Microprocesados. Ibarra-Ecuador: Inédito.
6. Fernández, P., & Fernández, N. (2003). Montaje e instalación de cuadros de maniobra y control. España: IdeasPropias.
7. Franco, G., & Giraldo, M. J. (1999). El Cultivo de la Mora. Colombia.
8. Giles, R. V. (1994). Mecánica de los fluidos e hidráulica. Madrid-España: McGraw-Hill.
9. Fuentes, A. (2012). Diseño y construcción de un biodigestor con sistema automático para generación de biogás en la finca Tanguarín de la parroquia San Antonio de Ibarra. Ibarra-Ecuador: Tesis de grado: Facultad de ingeniería en ciencias aplicadas, U.T.N.
10. INIAP-UTA. (2007). Manual del Cultivo de la Mora de Castilla. Ambato-Ecuador: V & P Publicidad.
11. Kuszczewski, A. (2004). Redes Industriales de Tuberías. Bombas Para Agua, Ventiladores y Compresores. Barcelona-España: REVERTE S.A.
12. Losada, A. (2009). El Riego Fundamentos Hidráulicos. Barcelona-España: Mundi-Prensa.
13. Mataix, C. (1986). Mecánica de fluidos y Maquinas hidráulicas. Madrid-España: Ediciones del Castillo S.A.
14. Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos. México: PEARSON EDUCACIÓN.
15. Organización Panamericana de la Salud, O. P. S. (2005). Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable. Lima-Perú.

16. Ogata, K. (1998). Ingeniería de control moderna. México: Pearson Educación.
17. Palomino, K. (2007). Riego por Aspersión. Lima-Perú: Macro.
18. Reyes, C. (2008). Microcontroladores PIC Programación en Basic. Quito-Ecuador: RISPERGRAF.
19. Saldarriaga, J. (2007). Hidráulica de Tuberías Abastecimiento de Agua, Redes, Riegos. Bogotá-Colombia: Alfaomega.
20. Sánchez, C. (2004). Sistemas de Riego. Lima-Perú: Ripalme.
21. Solís, J. (2000). Fundamentos de Edafología. Costa Rica: EUNED.
22. Tarjuelo, J. M. (2005). El riego por aspersión y su tecnología. Madrid-España: Mundi-Prensa.
23. Clasificación de los sistemas de riego por aspersión. Recuperado el 15 de Julio de 2013. <http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario>
24. Tipos de riego en la agricultura. Recuperado el 17 de Julio de 2013. <http://www.etceter.com/c-agricultura/p-tipos-de-riego-en-la-agricultura/>
25. Aplicación: Cuso de riego por aspersión FERAGUA (1997). Recuperado el 05 de Mayo de 2013. <http://www.feragua.com/downloads/>
26. PRONATTA, Mocoa (2002): El suelo propiedades físicas-químicas y conservación. Recuperado el 02 de Octubre de 2013. http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061024153344_Caracteristicas%20del%20suelo%20propiedades%20fisico-quimicos.pdf
27. Universidad de la Republica, Facultad de Agronomía (2004). Propiedades físicas del suelo. Recuperado el 02 de Octubre de 2013. [http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/FISICA S/fisicas.pdf](http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/FISICA%20S/fisicas.pdf)
28. Casaca Ángel D. (2005): El cultivo de la mora. Recuperado el 29 de Octubre de 2013. <http://www.dicta.hn/frutas-y-hortalizas.html>
29. El COMERCIO (2011): Cuatro tipos de mora tiene el país. Recuperado el 10 de Octubre de 2013. <http://www.elcomercio.ec>
30. FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2006): Evapotranspiración del cultivo. Recuperado el 24 de Julio de 2013. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s03.pdf>

31. Manual de Riego para Agricultores (2010): Modulo 3 Riego por Aspersión. Recuperado el 09 de Mayo de 2013. <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/67124.html>
32. PLASTIGAMA (2008): Catálogos de división agrícola. Recuperado el 30 de Octubre de 2013. www.plastigama.com.ec
33. Funciones básicas de un PLC. Recuperado el 08 de Septiembre de 2013. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/>
34. MECATRÓNICA TIP (2009): Curso de programación de PLC'S. Recuperado el 03 de Octubre de 2013. <http://es.scribd.com/doc/150296005/curso-PLC-TOSHIBA>
35. Localización geográfica de la ciudad de Ibarra. Recuperado el 24 de Julio de 2013. <http://www.ibarra.gob.ec/web/index.php/ibarra/localizacion-geografica>
36. Universidad del Valle (2008): Diseño y evaluación del desarenador. Recuperado el 07 de Noviembre de 2013. <http://es.scribd.com/doc/82377253/desarenador-2008>
37. WWF (2005): Curso de riego para agricultores Proyecto de autogestión del agua en la agricultura. Recuperado el 30 de Septiembre de 2013. assets.wwf.es/downloads/curso_de_riego_definitivo.pdf
38. Rocha Arturo (2007): Hidráulica de tuberías y canales. Recuperado el 28 de Octubre de 2013. <http://downloadwww21.adrive.com/public/view/2ChpPS.html>
39. Revilla Félix A. (2006): Riego por aspersión. Recuperado el 15 de Julio de 2013. legado.inea.org/web/materiales/riegoAspersion.pdf
40. Bombas centrífugas (Periféricas) TEMCO: Recuperado el 13 de Febrero de 2014. <http://www.southimport.com.ec/productos>
41. Sensores de nivel tipo flotadores: Recuperado el 10 de Enero de 2014. <http://spanish.alibaba.com/product-gs-img/magnetic-float-level-switch-576734888.html>
42. LOGO! SIEMENS (2003): Manual LOGO! A5E00228594 - 01. Recuperado el 23 de Enero de 2014. http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/Logo_s.pdf
43. LOGO! Soft Comfort (1999): Documentación del usuario LOGO! Soft Comfort. Recuperado el 04 de Enero de 2014.

- http://nclem.net/gradrgi/Logo/Logiciel/LogoSC/V1.0/Tools/LOGOSoft%20Comfort/prog/bin/LogoComfort_ES.pdf
44. Tableros eléctricos según el uso de la energía eléctrica: Recuperado el 16 de enero de 2014. <http://www.quiminet.com/articulos/los-tableros-electricos-sus-tipos-y-aplicaciones-segun-el-uso-de-la-energia-electrica-2586331.htm>
45. Salazar René (2010): Sistemas de control - Antología y manual de prácticas. Recuperado el 16 de Enero de 2014. <http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/control/sistemas.pdf>
46. Automatismos industriales (2009): El contactor. Recuperado el 18 de Enero de 2014. <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>
47. Automatismos industriales (2009): Relé térmico. Recuperado el 18 de Enero de 2014. <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.rele.termico.pdf>
48. Senninger Irrigation (2011): Productos para riego de cobertura total. Recuperado el 14 de Noviembre de 2013. <http://www.senninger.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/10/Solid-Set-Catalog-Spanish.pdf>
49. The Datasheet Archive RELECO (2004): The news IRC relays – The news IRC sockets. Recuperado el 20 de Febrero de 2014. <http://pdf.datasheetarchive.com/indexerfiles/Datasheets-UD8/DSARS0029703.pdf>
50. BERMAD Riego: Serie 200 - Válvulas de control hidráulicas/eléctricas de plástico. Recuperado el 13 de Diciembre de 2013. <http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca//1/130/1218/1223/1225/7329.pdf>
51. Moeller: Relé térmico ZB12–10. Recuperado el 12 de Enero de 2014. <http://www.farnell.com/datasheets/94759.pdf>
52. Winters: Catálogos de productos. Recuperado el 19 de Enero de 2014. http://www.winters.com/PDF/wintfullprodcat_web_sp.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

Manual de usuario y mantenimiento del sistema.

INTRODUCCIÓN

El sistema de riego por aspersión, se orienta a mejorar la eficiencia de las formas de riego que tienen actualmente los cultivos de moras. Es un sistema tecnificado que se acciona mediante botones de un panel de control, permite seleccionar la zona del cultivo y el tiempo de riego. El usuario puede decidir el día y los minutos que necesita que se accione el sistema.

Como el sistema trabaja con agua de riego proveniente de una acequia principal, para su tratamiento se cuenta con un desarenador que limpia las impurezas para luego reservarla en un tanque de 8m^3 y utilizarla cuando sea necesario.

Es un sistema que trabaja con seis aspersores de baja presión; distribuidos adecuadamente para que se genere un riego de cobertura total en aproximadamente 850m^2 . Al ser aspersores de baja presión ofrecen un rocío uniforme y muy delicado sobre el cultivo, sobre todo en épocas de floración la cual es la etapa más delicada para las plantas.

Para un mejor control de riego, el sistema cuenta con dos zonas determinadas para su ejecución, estas zonas pueden trabajar en conjunto o individualmente; dependiendo las necesidades dispuestas por el operador. Cada zona del cultivo cuenta con una electroválvula que se acciona durante el tiempo seleccionado. Cuenta con tres tiempos seleccionables, cada uno representa el intervalo en días del siguiente riego; estos tiempos están establecidos de acuerdo a las necesidades hídricas que requiere la planta de mora y se encuentran guardados en un dispositivo programable para su respectivo accionamiento.

En el tanque reservorio se encuentran los sensores de nivel para conocer la cantidad de agua que se dispone, dependiendo de esta cantidad se activa el sistema para luego determinar los tiempos y poner en marcha los componentes de la etapa de bombeo.

COMPONENTES DEL SISTEMA

1. Obra civil



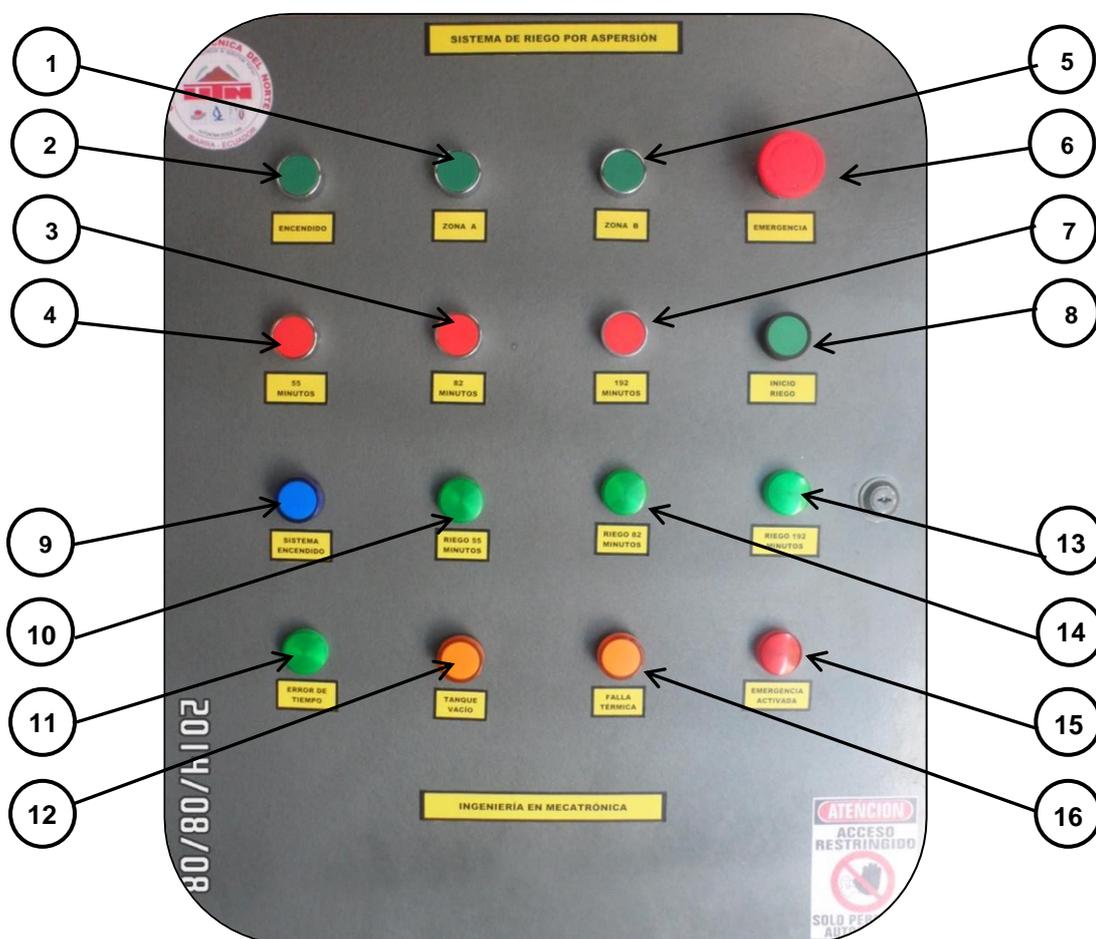
1. Cuarto de máquinas
2. Tanque reservorio.
3. Desarenador.
4. Acequia principal.

2. Componentes hidráulicos



1. Electrobomba.
2. Manómetro.
3. Filtro de discos.
4. Tubería principal de salida al terreno.
5. Toma del aspersor.
6. Electroválvula de zona A.
7. Electroválvula de zona B.

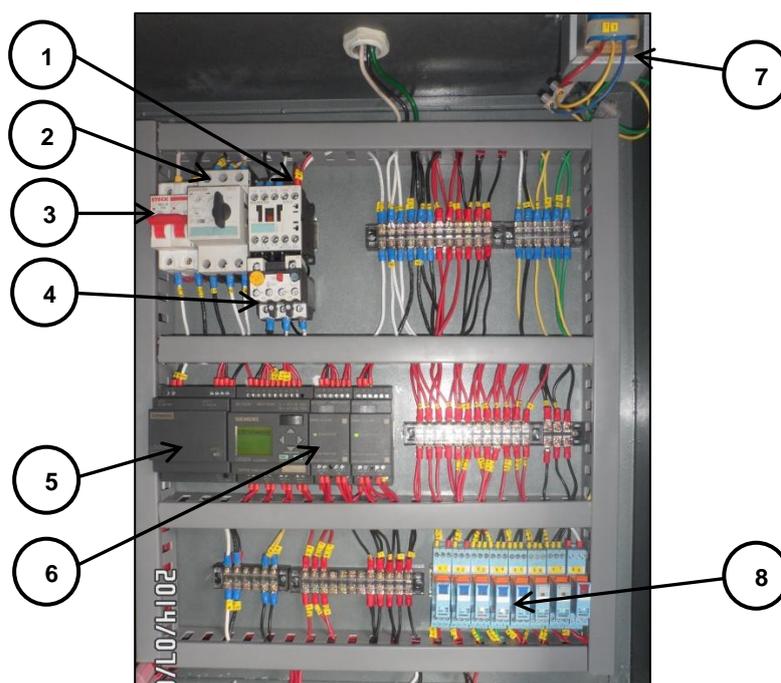
3. Panel de control



1. Riego para la zona A.
2. Botón de encendido.
3. Tiempo de riego de 82 minutos.
4. Tiempo de riego de 55 minutos
5. Riego por la zona B.
6. Botón de paro de emergencia.

7. Tiempo de riego de 192 minutos.
8. Botón para inicio de riego.
9. Luz de sistema encendido.
10. Luz de riego por 55 minutos.
11. Luz de error de tiempo de riego seleccionado.
12. Luz intermitente por tanque reservorio vacío.
13. Luz de riego por 192 minutos.
14. Luz de riego por 82 minutos.
15. Luz de paro de emergencia activado.
16. Luz por falla térmica de la electrobomba.

Internamente el panel de control cuenta con varios elementos eléctricos que no se deben manipular cuando el sistema este encendido.



1. Contactor de 24 VDC.
2. Relé térmico de protección de todo el sistema.
3. Breaker principal de protección.
4. Relé térmico de protección de la electrobomba.
5. Fuente de 24 VDC.
6. Relé programable LOGO! y módulos.

7. Transformador de 24 VAC.
8. Relés de interface.

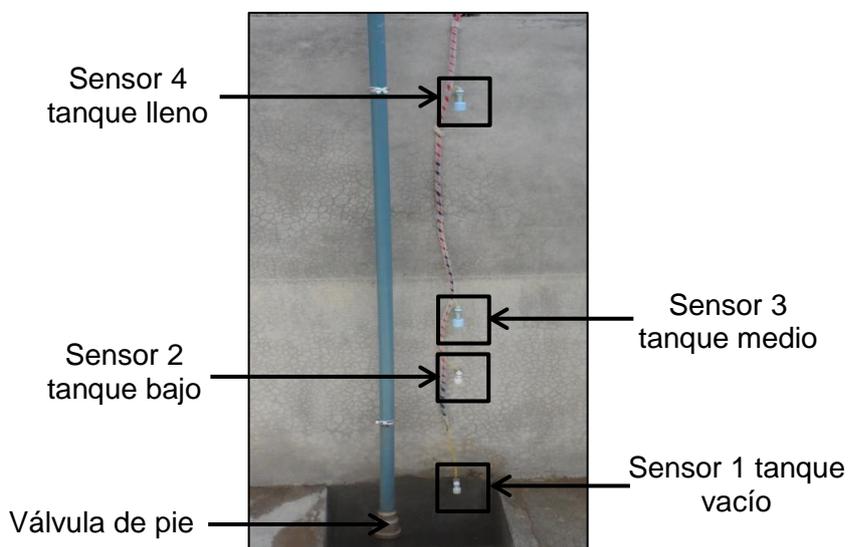
DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Para el funcionamiento de este sistema simplemente se realiza presionando los botones del panel de control.

Los tiempos establecidos se dan según el estudio agronómico realizado para el cultivo de mora. A continuación se detalla las características de los tiempos propuestos.

Tiempo (minutos)	Volumen de aspersión m ³	Duración de riego (días)	Sensor que debe estar activado
192	7.378	7	Sensor 4
82	3.162	3	Sensor 3
55	2.108	2	Sensor 2
-	-	-	Sensor 1

Distribución de sensores en el tanque de agua



1. Encendido del sistema

Para ejecutar un riego primeramente se debe presionar el botón de encendido, si la luz de sistema encendido se acciona se pasa a la ejecución de riegos.

Condiciones para que no se encienda el sistema

- **El tanque de agua totalmente vacío:** Cuando se tenga esta condición, al momento de presionar el botón de encendido se encenderá la luz intermitente de tanque vacío durante 30 segundos, terminado este tiempo el sistema se apagará completamente. Se podrá encender nuevamente cuando el tanque tenga de nuevo agua.
- **Botón de emergencia activado:** Cuando se presiona el botón de encendido se encenderá la luz de paro de emergencia activado. Para encender el sistema simplemente se debe desactivar el botón de paro de emergencia y presionar nuevamente el botón de encendido.
- **Relé térmico de la electrobomba activado:** Este caso se da cuando la electrobomba sufre un sobrecalentamiento y el relé térmico cierra el paso de corriente eléctrica. Para que el sistema se encienda debe revisarse el estado de la electrobomba y restaurar el relé térmico mediante el botón reset.

2. Ejecución de riegos

Se refiere a definir las zonas a regar, puede ejecutarse las dos zonas A - B o individualmente cada una, luego se define el tiempo requerido y finalmente se presiona el botón de inicio de riego para que se active la electrobomba y se realice el riego por aspersión. Cuando se activa cualquiera de los tres tiempos se enciende la luz correspondiente al tiempo seleccionado.

Condiciones que se pueden presentar en esta etapa

- **No se puede seleccionar ninguno de los tres tiempos:** Este caso se da cuando el nivel de agua está por debajo de los tres sensores que representan el tiempo de riego y solo se encuentra activado el sensor 1 de tanque vacío. Como no se puede accionar ninguna etapa de riego el sistema se apaga automáticamente en el lapso de un minuto; también se puede apagarlo activando el botón de paro de emergencia y luego desactivándolo.
- **No se activa el tiempo requerido:** Los tres tiempos se pueden activar según el nivel de agua que se tenga en el tanque; si no existe el suficiente volumen para un determinado periodo se debe elegir un tiempo menor. Cada vez que

se seleccione un tiempo y no exista la cantidad de agua necesaria se encenderá la luz de error de selección; se debe optar por un tiempo menor.

3. Situaciones que se pueden presentar en la ejecución del riego

- ***Cambiar el tiempo de riego:*** Para cambiar el tiempo de riego cuando el sistema esté en trabajo; se debe activar el botón de paro de emergencia para que se termine todas las funciones que se estén realizando en ese momento y a la vez se encenderá la luz paro de emergencia. Para ejecutar el nuevo tiempo de riego se debe desactivar el paro de emergencia y volver a encender el sistema.
- ***Encendido de luz de falla térmica:*** Esta situación se presenta cuando electrobomba sufre un sobrecalentamiento y el relé térmico F2 se activa desconectando el paso de corriente hacia la electrobomba. Cuando suceda esto el sistema se apaga automáticamente, durante treinta segundos se quedara encendido la luz de falla térmica para luego apagarse. Para volver a encender el sistema se debe verificar el estado de la electrobomba y resetear el relé térmico F2 para que el sistema trabaje normalmente.

4. Apagado del sistema

El apagado de todo el sistema se realiza de una forma automática una vez terminado el tiempo de riego; desactiva todas las funciones del sistema. Para realizar otro riego es necesario realizar nuevamente el encendido del sistema.

Nota: El sistema cuenta con un temporizador de apagado automático general, si este se enciende y no se ejecuta ningún riego en un minuto; se apaga totalmente todas las funciones del sistema.

ASPECTOS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA

Si el sistema está en funcionamiento se debe observar la presión marcada por el manómetro de la electrobomba, estas presiones deben mantenerse para garantizar el buen funcionamiento. Si las presiones sobrepasan los valores normales de trabajo se debe apagar y realizar el mantenimiento de todos los componentes hidráulicos que pueden generar el aumento de presión.

Tabla de presiones normales de trabajo		
Zona de riego	Presión normal de trabajo (PSI)	Presión máxima admisible
A-B	31	34
A	46.5	49.5
B	46	49

A continuación se detallan los elementos que pueden generar el aumento de presión en la electrobomba.

- Filtro sucio
- Electroválvulas cerradas
- Válvula de pie obstruida por basura
- Aspersores taponados

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

- Realizar la limpieza del desarenador y tanque por lo menos una vez cada dos meses. Además cuando se realice esta limpieza revisar que los sensores y la válvula de pie no se encuentren obstruidos por basura acumulada.
- Realizar la limpieza del filtro de discos una vez por mes o cuando se observe en el manómetro un aumento de las presiones normales de trabajo
- Revisar las presiones en los aspersores cuando se observe una disminución del caudal de aspersión
- Revisar periódicamente la estabilidad de los elevadores de los aspersores, estos deben estar completamente fijos y rectos.
- Revisar si existen fugas en la toma de instalación de los aspersores. A demás si un aspersor esta defectuoso debe cambiarse inmediatamente.

RECOMENDACIONES

- Realizar la ejecución de riego en las últimas horas de la tarde o noche, esto se recomienda para que no exista perdidas por evaporación o problemas de distorsión de la gota de agua por causa del viento.
- Para cualquier problema en el panel de control se recomienda ser revisado por personal capacitado en el área eléctrica.

ANEXO 2

Elementos principales utilizados en obra civil

Características de mallas electrosoldadas Armex

ESPECIFICACIONES

Mallas Estándar (abertura cuadrada tipo R.)

MALLA Tipo de malla	DIÁMETRO		SEPARACIÓN		SECCIÓN ACERO As/m		PESO	
	Ø Longitudinal mm	Ø Transversal mm	SL Longitudinal cm	ST Transversal cm	As L mm ² /m	As T mm ² /m	Kg / Plancha	Kg / m ²
R-53	4,5	4,5	30	30	53	53	12,53	0,84
R-64	3,5	3,5	15	15	64	64	15,17	1,01
R-84	4,0	4,0	15	15	84	84	19,81	1,32
R-106	4,5	4,5	15	15	106	106	25,07	1,67
R-131	5,0	5,0	15	15	131	131	30,95	2,06
R-158	5,5	5,5	15	15	158	158	37,45	2,50
R-188	6,0	6,0	15	15	188	188	44,57	2,97
R-257	7,0	7,0	15	15	257	257	60,66	4,04
R-335	8,0	8,0	15	15	335	335	79,23	5,28
R-424 *	9,0	9,0	15	15	424	424	100,28	6,69
R-524 *	10,0	10,0	15	15	524	524	123,80	8,25
R-126	4,0	4,0	10	10	126	126	29,48	1,97
R-196	5,0	5,0	10	10	196	196	46,06	3,07
R-238 *	5,5	5,5	10	10	238	238	55,73	3,72
R-283	6,0	6,0	10	10	283	283	66,32	4,42
R-385 *	7,0	7,0	10	10	385	385	90,27	6,02
R-636 *	9,0	9,0	10	10	636	636	149,22	9,95

Dimensiones mallas estándar

LONGITUD: 6,25 m ANCHO: 2,40 m AREA: 15 m².

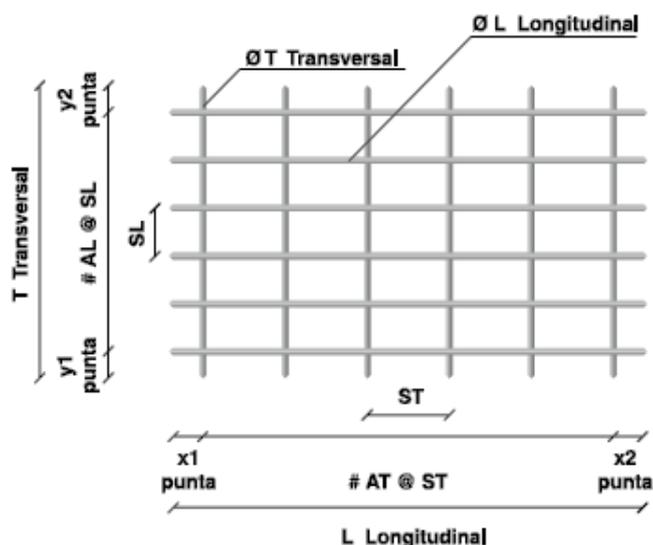
* Mallas fabricadas bajo pedido

$f_y \text{ min} = 5000 \text{ kg/cm}^2$

Si SL = ST = 10cm ; X1 = X2 = 7,5cm y Y1 = Y2 = 5cm

Si SL = ST = 15cm ; X1 = X2 = 5,0cm y Y1 = Y2 = 7,5cm

Notación de mallas Armex®



Nomenclatura:

T: Ancho de la plancha (m).
L: Longitud de la plancha (m)
Y1, Y2: Puntas transversales (cm)
X1, X2: Puntas longitudinales (cm)
SL: Espaciamiento de las varillas longitudinales o largas (cm)

ST: Espaciamiento de las varillas transversales o cortas (cm)
#AL @ SL: Número de varillas longitudinales
#AT @ ST: Número de varillas transversales
ØT: Diámetro de la varilla transversal (mm)
ØL: Diámetro de la varilla longitudinal (mm)

Observación: X1, X2, Y1, Y2, son puntas con longitud mínima de 2.5 cm

Características del impermeabilizante PLASTOCRETE DM de SIKA

FICHA TÉCNICA



PLASTOCRETE DM Impermeabilizante Integral para Hormigón



DESCRIPCIÓN:

PLASTOCRETE DM es un aditivo líquido con base en lignosulfonatos de acción impermeabilizante y plastificante. No es tóxico, no es inflamable y no contiene cloruros.

USOS:

PLASTOCRETE DM debe especificarse para elaborar:

- Hormigón altamente impermeable para ser usado en cubiertas, sistemas, piscinas, sótanos.
- Hormigón de calidad para estructuras enterradas en contacto permanente con el agua.
- Hormigón con excelente acabado y calidad uniforme.

VENTAJAS:

- Aumenta la durabilidad del hormigón en contacto con el agua.
- Produce resistencias mayores a igual edad que un hormigón normal, lo que permite un desencofrado más rápido.
- No varía el tiempo de fraguado.
- Economía por la alta manejabilidad de la mezcla y aumento de resistencias.
- Incorpora hasta un 4% de aire con la dosificación normal.

CÓMO APLICAR:

Mezcle los componentes: arena, ripio, cemento y en la penúltima cantidad de agua agregada a la mezcla, adicione 1/4 de litro de PLASTOCRETE DM por saco de cemento.

CONSUMO:

Un galón de 4 kilos rinde para 16 sacos de cemento aproximadamente.

PRESENTACIONES:

- Plástico 2 kg.
- Plástico 4 kg.
- Plástico 10 kg.
- Tambor 230 kg.

Fabricado y Producido por:



Vademécum de la Construcción y Decoración



Características de la Geomembrana de PVC PERMAFLEX



ESPECIFICACIONES

GEOMEMBRANAS PVC PERMAFLEX HR

PERMAFLEX HR contiene resina de cloruro de polivinilo (P.V.C), modificadores, negro de humo, estabilizadores y antioxidantes que la hacen muy flexible y resistente a los efectos de los UV o al ataque de químicos fuertes. No requiere ser cubierta, pues esta diseñada para ser expuesta a las condiciones del medio ambiente.

PROPIEDADES		UNIDADES	METODO REFERENCIA	HR - 500	HR - 750	HR - 1000
PROPIEDADES FISICAS						
CALIBRE		Micras	Calibrador	500	750	1000
PESO		g/m ²	ASTM G252	615	922	1230
PROPIEDADES MECANICAS						
RESISTENCIA A LA TENSION	L	N/mm ²	ASTM D882	16	16	16
	T			14	14	14
ELONGACION A RUPTURA	L	%	ASTM D882	400	400	400
	T			400	400	400
RESISTENCIA AL INICIO DE RASGADO	L	Lb	ASTM D1004	6	8	14
	T			6	11	12
RESISTENCIA A LA PROPAGACION DEL RASGADO	L	g/fuerza	ASTM D1972	3000	4000	6000
	T			3500	5000	7000
PROPIEDADES AMBIENTALES						
ESTABIUDAD DIMENSIONAL (100 °C, 15 min)		%	ASTM D1204	4.0	3.5	3.5
RESISTENCIA A LA ROTURA A BAJAS TEMPERATURAS		°C	ASTM D1790	-20	-20	-20
TEMPERATURA MAXIMA DE TRABAJO SUGERIDO		°C	-----	60	60	60
PERDIDA DE VOLATILES		%	ASTM D1203 METODO A	0.9	0.8	0.5
EXTRACCION DE AGUA		%	ASTM D1239	0.3	0.3	0.3
PROPIEDADES DE SELLADO						
RESISTENCIA AL CORTE		N/mm ²	ASTM D882	10	10	10
ADEHERENCIA EN 25 mm DE ANCHO		N	ASTM D882	55	65	65

FILMTEX S.A. no asume responsabilidad alguna sobre el uso de estos datos. Las especificaciones antes descritas pueden ser modificadas sin previo aviso. Para mayor información de los productos de la línea geosintéticos consultemos.

ANEXO 3

Elementos principales de la instalación hidráulica

Característica del filtro de anillos ARKAL

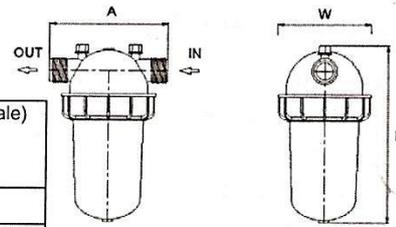
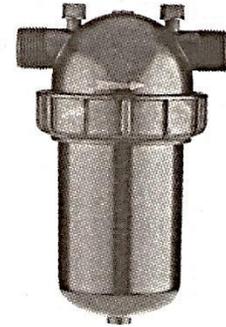


1" Short Filter

Catalog No. 1100 0 _ _ _

Features

- A "T" shaped filter with two 1" male threads.
- A "T" volume filter for in-line installation on 1" pipelines.
- The filter prevents clogging due to its enlarged filtering area that collects sediments and particles.
- Manufactured entirely from fiber-reinforced plastic.
- A cylindrical column of grooved discs constitutes the filter element.
- Spring keeps the discs compressed.
- Screw-on filter cover.
- Filter discs available in various filtration grades.



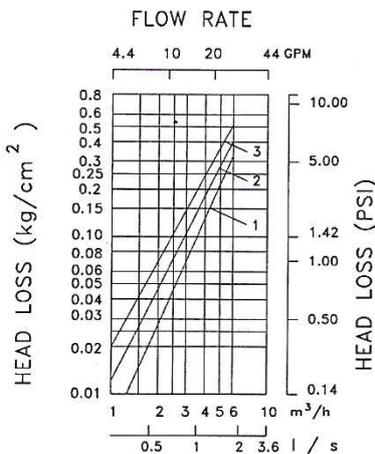
Technical Data

Inlet/Outlet diameter	1" BSPT (male)	1" NPT (male)
	25 mm – nominal diameter	
	33.6 mm – pipe diameter (O. D.)	
Maximum pressure	10 bar	145 psi
Maximum flow rate	6 m ³ /h (1.7 l/sec)	26 gpm
Total filtration area	316 cm ²	49 in ²
Total filtration volume	379 cm ³	23 in ³
Filter length L	233 mm	9 3/16"
Filter width H	130 mm	5 3/32"
Distance between connections W	158 mm	6 7/32"
Weight	1.1 Kg	2.4 lbs
Maximum temperature	70° C	158° F
pH	5-11	5-11

Filtration Grades

- Blue (400 micron / 40 mesh)
- Yellow (200 micron / 80 mesh)
- Red (130 micron / 120 mesh)
- Black (100 micron / 140 mesh)
- Green (55 micron)

Headloss Chart





Installation

1. Filter may be installed either vertically or horizontally.
2. Use Teflon tape on filter end connections.
3. Never use spanners for tightening the filter cover.

Maintenance

If the filter discs are covered with lime deposits then remove the element and treat with chloric acid.

Dismantling

1. Turn off the water.
2. Make sure that the pressure is released from the filter.
3. Unscrew the nut cover from the filter body.
4. Pull out the filter element.
5. Move the stop ring to the end of the spine.
6. Flush the discs with the water jet.

Assembly

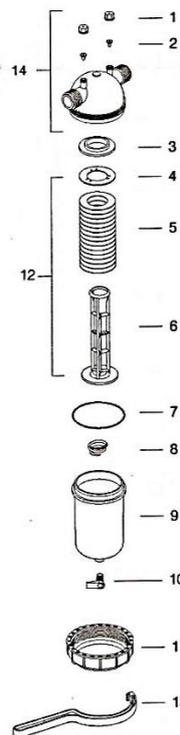
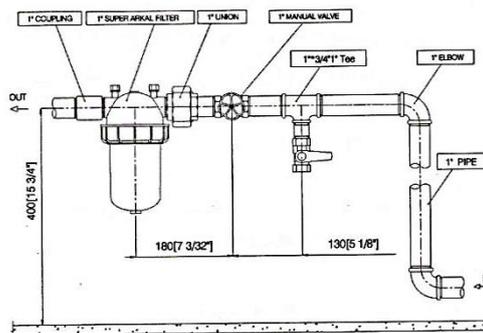
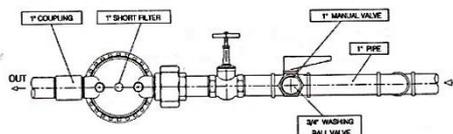
1. Verify that the tightening spring is placed in the bottom of the filter cover.
2. Assemble in reverse order.
3. Tighten the cover by turning the fixing nut clockwise and don't over tighten.

Part List - 1" Short Filter, Catalog No. 1100 0

No.	Cat. No.	Description	Materials
1.	2511 0103	Gauge ports nut	R.PP
2.	5006 0004	Gauge ports seal	EPDM
3.	2507 0100	Filter adaptor ring	R.PP
4.	2507 0102	Stop ring for element	PBT
5.	2010 1_ _ _	Disc set	PP
6.	2502 0100	Spine	R.PP
7.	5002 9004	90x4 O-ring	N.R
8.	5044 0010	Filter spring	S.S.
9.	2501 0100	Filter cover	R.PA
10.	5054 0008	¼" ball valve	BRASS
11.	2506 0100	Fixing nut	R.PA
12.	2110 1_ _ _	Filter element	
13.	2530 0115	1" - 1½" Filter wrench	R.PA
14.	2208 0001	Filter body complex BSP	
	2208 0002	Filter body complex NPT	

Materials

- PBT - Polyester
- S.S. - Stainless steel
- PP - Polypropylene
- N.R. - Nitrile rubber
- R.PP - Reinforced polypropylene
- R.PA - Reinforced polyamide



Kibbutz Bet-Zera 15135, ISRAEL Tel: +972-4-6775140 Fax: +972-4-6775461
 Email: filters@arkal.com Web: www.arkal-filters.com



AK 1" SHORT 9605 71100EN 02/2010

Características de la electroválvula BERMAD S-390

BERMAD Riego



Características de los componentes, válvula eléctrica

Serie 200

[1] Tornillos y tuercas de ajuste

6 tornillos y tuercas de acero inoxidable ajustan la tapa al cuerpo de la válvula; esto facilita las tareas de inspección y mantenimiento en línea.

[2] Tapa de la válvula (eléctrica)

La estructura sencilla y ligera facilita las tareas de inspección y mantenimiento en línea.

[2.1] Actuador de solenoide de 2 vías

[2.2] Palanca de preferencia de operación manual

[2.3] Aguja - Restringe la entrada de flujo y elimina la obstrucción de la restricción interna.

[2.4] Cierre manual

[3] Resorte (muelle) de cierre auxiliar

Un solo resorte responde plenamente a los requisitos del rango de presiones de trabajo de la válvula, para asegurar una baja presión de apertura y un cierre seguro.

[4] Conjunto del disco de cierre (eléctrico)

En el conjunto del disco de cierre se encuentra el diafragma cuidadosamente equilibrado con soporte periférico y un robusto cierre positivo guiado con una superficie de cierre hermético (selladura) elastomérica. Este diseño interno permite:

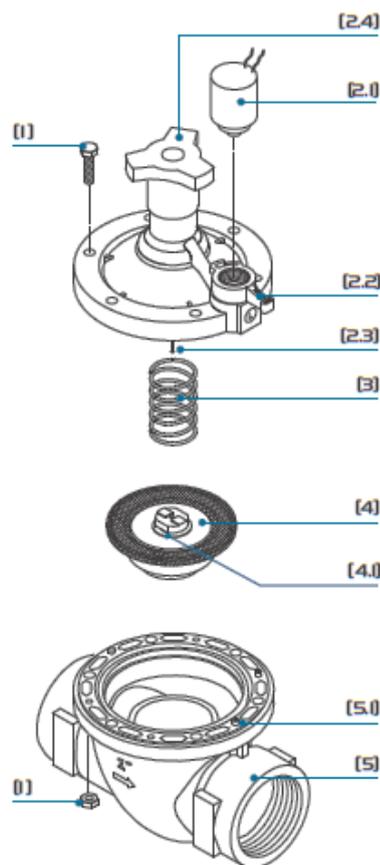
- Altos caudales con baja pérdida de carga
- Suavidad en la apertura y el cierre de la válvula
- Regulación precisa y estable
- Baja presión en la apertura y el accionamiento
- Un diafragma que no se erosiona ni deforma
- Una combinación de diafragma y resorte que responde totalmente al rango de presiones de trabajo requerido

[4.1] Restricción interna

[5] Cuerpo de la válvula (eléctrico)

La construcción de nylon reforzado con fibra de vidrio es resistente a las más duras condiciones de trabajo, los efectos de las sustancias químicas y los riesgos por cavitación. Cavity única totalmente exenta de obstrucciones y sin protuberancias que interfieran en el flujo del agua.

[5.1] Salida del circuito de control interno



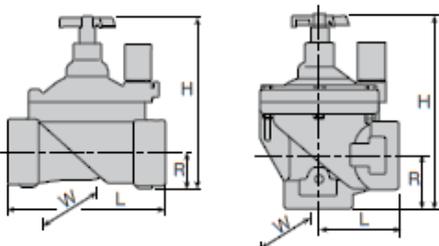
BERMAD Riego



Datos técnicos

Serie 200
SI Métrico decimal

Dimensiones y pesos



Forma	Globo				Angular	
Tamaño	DN20	DN25	DN40	DN50	DN40	DN50
L (mm)	110	110	160	170	80	85
H (mm)	115	115	180	190	190	210
R (mm)	22	22	35	38	40	60
W (mm)	78	78	125	125	125	125
Peso* (Kg)	0.35	0.33	1.0	1.1	0.95	0.91
CCDV** (lit)	0.015	0.015	0.072	0.072	0.072	0.072

* Sin manija de control de caudal

**Volumen de descarga (desplazamiento) en la cámara de control (litros)

Especificaciones técnicas

Formas y tamaños:

Globo: DN: 20, 25, 40 y 50

Angular: DN: 40 y 50

Conexiones terminales disponibles:

BSP-T; rosca hembra NPT

Presión nominal: 10 bar

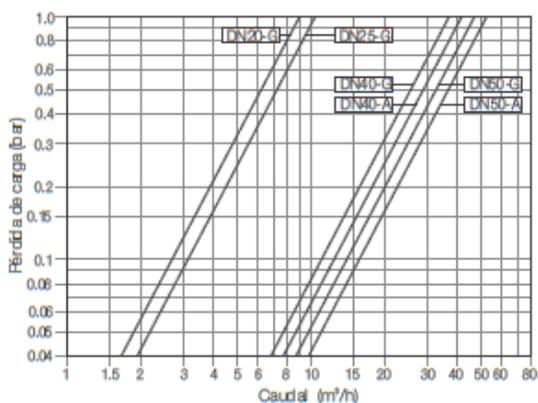
Presiones de trabajo: 0,7-10 bar

Materiales estándar:

- Cuerpo y tapa: Nylon reforzado
- Piezas metálicas: Acero inoxidable
- Diafragma: NBR [Buna-N]
- Juntas (selladuras): NBR [Buna-N]
- Resorte (muelle): Acero inoxidable
- Tornillos de la tapa: Acero inoxidable

Diagrama de flujo

Circuito de 2 vías *Pérdida de carga adicional* (para *V* por debajo de 2 m/seg): 0,3 bar



Forma	Globo				Angular	
Tamaño DN	20	25	40	50	40	50
KV (m³/h)	9	10,5	37	47	41	52

Características del manómetro WINTERS

Manómetro Quality

PFQ



1. Opcional Brida en U (U-Clamp)
2. Opcional Brida Frontal (Front Flange)

Descripción:

- Caja acero inoxidable 304
- Internos de latón o acero inoxidable 316
- Cierre repujado
- Relleno con glicerina (opcional seco)
- Tornillo restrictor
- Escalas disponibles: psi/bar, psi/kg/cm²
- Grampas opcionales de sujeción trasera y frontales

Aplicaciones:

- Donde existe vibraciones y/o fluctuación constante de presión
- Bombas, compresores, prensas y maquinaria hidráulica, motobombas, montacargas, etc

Especificaciones	
Carátula	1.5" (40mm), 2" (50mm), 2.5" (63mm), 4" (100mm) aluminio blanco con marcaciones en rojo y negro
Caja	Acero Inoxidable 304
Lente	Policarbonato
Aro	Acero Inoxidable 304 repujado
Conector	Acero Inoxidable 316 o Latón OT 58
Conexión	1/8" NPT, 1/4" NPT o 1/2" NPT Standard con orificio restrictor
Fluido de Relleno	Glicerina
Tubo de Bourdon	1.5" (40mm), 2" (50mm): Latón para presiones hasta 600psi/bar; acero inoxidable para presiones superiores a 600psi/bar. 2.5" (63mm), 4" (100mm): Bronce al fósforo para presiones hasta 600psi/bar a menos que posea internos de acero inoxidable, acero inoxidable 316 para presiones hasta 1000psi/bar y acero inoxidable 316 espiralado para presiones por encima de 1000psi/bar
Movimientos	Acero Inoxidable 316 o Latón OT 59
Aguja	Aluminio negro
Soldaduras	Aleación de plata para presiones por debajo de 600psi, Acero inoxidable 316 TIG Argon para presiones mayores a 600psi
Límite de Sobrepresión	25% para presiones hasta 1400psi/bar - 15% para presiones por encima de 1400psi/bar
Material de la junta	Goma siliconada para el conector, EPDM para el lente, tapón de relleno
Presión de Trabajo	Máximo 75% de fondo de escala
Temperatura de Proceso	Seco/Con Glicerina: -25°C a 65°C (-14°F a 150°F)
Exactitud	1.5" (40mm), 2" (50mm): 2,5% de fondo de escala 2.5" (63mm), 4" (100mm): 1,5% de fondo de escala
Grado de Protección	IP65

ANEXO 4

Elementos principales de la instalación eléctrica y control

Características del breaker termomagnético STECK

Interruptores Termomagnéticos

Los Interruptores Termomagnéticos Steck son equipos de alta tecnología que protegen hilos y cables eléctricos contra cortocircuitos y sobrecargas de corriente.

Tienen contactos especiales en plata que ofrecen garantía de seguridad contra soldadura.

La gama de Interruptores Termomagnéticos Steck es compuesta por 1P – 2P – 3P – 4P de 2 a 125A

Curva de disparo "C"

3kA, 4,5kA, 6kA IEC 60898-1

10 kA IEC 60947-2



1 P



Descripción	Capacidad de ruptura Icu (kA)	In (A)	Ancho mod 18mm	Empaque	Código STECK
Interruptor Termomagnético unipolar IEC 60898-1	3	2	1	12	SD-D61C02
		4	1	12	SD-D61C04
		6	1	12	SD-D61C06
		10	1	12	SD-D61C10
		16	1	12	SD-D61C16
		20	1	12	SD-D61C20
		25	1	12	SD-D61C25
		32	1	12	SD-D61C32
		40	1	12	SD-D61C40
		50	1	12	SD-D61C50
	4,5	50	1	12	SDZ-D61C50
		63	1	12	SDZ-D61C63
		6	2	1	12
	4		1	12	SDZ-D61C04
	6		1	12	SDZ-D61C06
	10		1	12	SDZ-D61C10
	16		1	12	SDZ-D61C16
	20		1	12	SDZ-D61C20
	25		1	12	SDZ-D61C25
	32		1	12	SDZ-D61C32
	40		1	12	SDZ-D61C40
	10		80	1,5	12
		100	1,5	12	SD-D1C100
125		1,5	12	SD-D1C125	
IEC 60947-2					
Interruptor Termomagnético bipolar IEC 60898-1	3	2	2	6	SD-D62C02
		4	2	6	SD-D62C04
		6	2	6	SD-D62C06
		10	2	6	SD-D62C10
		16	2	6	SD-D62C16
		20	2	6	SD-D62C20
		25	2	6	SD-D62C25
		32	2	6	SD-D62C32
		40	2	6	SD-D62C40
		50	2	6	SD-D62C50
	4,5	50	2	6	SDZ-D62C50
		63	2	6	SDZ-D62C63
		6	2	2	6
	4		2	6	SDZ-D62C04
	6		2	6	SDZ-D62C06
	10		2	6	SDZ-D62C10
	16		2	6	SDZ-D62C16
	20		2	6	SDZ-D62C20
	25		2	6	SDZ-D62C25
	32		2	6	SDZ-D62C32
	40		2	6	SDZ-D62C40
	10		80	3	6
		100	3	6	SD-D2C100
		125	3	6	SD-D2C125
		IEC 60947-2			



2 P



Características del relé térmico SIEMENS SIRIUS 3RV1021

SIEMENS

Product data sheet

3RV1021-1DA10



CIRCUIT-BREAKER SIZE S0,
FOR MOTOR PROTECTION, CLASS 10,
A-REL 2.2...3.2A, N-REL.42A,
SCREW TERMINAL,
STANDARD SWITCHING CAPACITY

General technical data:		
product brand name		SIRIUS
Product designation		circuit breaker
Size of the circuit-breaker		S0
Number of poles / for main current circuit		3
Product function		
• removable terminal for auxiliary and control circuit		No
• overload protection		Yes
• phase disturbance recognition		Yes
• short-circuit to earth recognition		No
Product component		
• auxiliary switch		No
• undervoltage release mechanism		No
• trip indicator		No
Product extension		
• auxiliary switch		Yes
• optional / motor drive		No
Impulse voltage resistance / rated value	V	6,000
Protection class IP / on the front		IP20
Protection against electrical shock		finger-safe

Installation altitude / at a height over sea level / maximum	m	2,000
Resistance against shock		25g / 11 ms
Ambient temperature		
• during transport	°C	-50 ... +80
• during storage	°C	-50 ... +80
• during operating	°C	-20 ... +60
Active power loss / total / typical	W	6
Main circuit:		
Operating voltage / rated value	V	690
Service power / at AC-3 / at 400 V / rated value	kW	1.1
Operating current / at AC-3 / at 400 V / rated value	A	3.2
Mechanical operating cycles as operating time / of the main contacts / typical		100,000
Frequency of operation / with AC-3 / maximum	1/h	15
Auxiliary circuit:		
Number of changeover contacts / for auxiliary contacts		0
Protection function:		
Trip class		CLASS 10
Adjustable response current / of the current-dependent overload release	A	2.2 ... 3.2
Installation/mounting/dimensions:		
Mounting type		screw and snap-on mounting onto 35 mm standard mounting rail according to DIN EN 50022
mounting position		any
Depth	mm	96
Height	mm	97
Width	mm	45
Connections:		
Arrangement of electrical connectors / for main current circuit		front side
Design of the electrical connection		
• for main current circuit		screw-type terminals
• for auxiliary and control current circuit		screw-type terminals
Type of the connectable conductor cross-section		
• for main contacts		
• solid		2x (1 ... 2.5 mm ²), 2x (2.5 ... 6 mm ²)
• finely stranded		
• with conductor end processing		2x (1 ... 2.5 mm ²), 2x (2.5 ... 6 mm ²)
• stranded		2x (1 ... 2.5 mm ²), 2x (2.5 ... 6 mm ²)

Características del contactor SIEMENS SIRIUS 3RT1016

SIEMENS

Product data sheet

3RT1016-1AP01



CONTACTOR, AC-3, 4KW/400V, 1NO,
AC 230V 50/60HZ, 3-POLE, SIZE S00,
SCREW TERMINAL

General technical data:	
product brand name	SIRIUS
Size of the contactor	S00
Protection class IP / on the front	IP20
Degree of pollution	3
Installation altitude / at a height over sea level / maximum	m 2,000
Ambient temperature / during operating	°C -25 ... +60
Mechanical operating cycles as operating time	
<ul style="list-style-type: none"> • of the contactor / typical 	30,000,000
<ul style="list-style-type: none"> • of the contactor with added a auxiliary switch block / typical 	10,000,000
<ul style="list-style-type: none"> • of the contactor with added electronics-compatible a auxiliary switch block / typical 	5,000,000
Main circuit:	
Number of NC contacts / for main contacts	0
Number of NO contacts / for main contacts	3
Operating current	
<ul style="list-style-type: none"> • at AC-1 / at 400 V <ul style="list-style-type: none"> • at 40 °C ambient temperature / rated value 	A 22
<ul style="list-style-type: none"> • at AC-3 / at 400 V / rated value 	A 9
<ul style="list-style-type: none"> • at AC-4 / at 400 V / rated value 	A 8.5

• with 1 current path / at DC-1	A	20
• at 24 V / rated value	A	2.1
• at 110 V / rated value		
• with 2 current paths in series / at DC-1	A	20
• at 24 V / rated value	A	12
• at 110 V / rated value		
• with 3 current paths in series / at DC-1	A	20
• at 24 V / rated value	A	20
• at 110 V / rated value		
• with 1 current path / at DC-3 / at DC-5	A	20
• at 24 V / rated value	A	0.15
• at 110 V / rated value		
• with 2 current paths in series / at DC-3 / at DC-5	A	20
• at 24 V / rated value	A	0.35
• at 110 V / rated value		
• with 3 current paths in series / at DC-3 / at DC-5	A	20
• at 24 V / rated value	A	20
• at 110 V / rated value		
Service power		
• at AC-2 / at 400 V / rated value	kW	4
• at AC-3 / at 400 V / rated value	kW	4
• at AC-4 / at 400 V / rated value	W	4,000
Control circuit:		
Voltage type / of control feed voltage		AC
Operating range factor control supply voltage rated value / of the magnet coil		
• at 50 Hz		
• for AC		0.8 ... 1.1
• at 60 Hz		
• for AC		0.85 ... 1.1
Apparent pull-in power / of the solenoid / for AC	V-A	27
Apparent holding power / of the solenoid / for AC	V-A	4.4
Inductive power factor / with the pull-in power of the coil		0.8
Inductive power factor / with the pull-in power of the coil		0.27
Auxiliary circuit:		
Contact reliability / of the auxiliary contacts		1 faulty switching per 100 million (17 V, 1 mA)
Number of NC contacts / for auxiliary contacts / instantaneous switching		0
Number of NO contacts / for auxiliary contacts / instantaneous switching		1

Short-circuit:

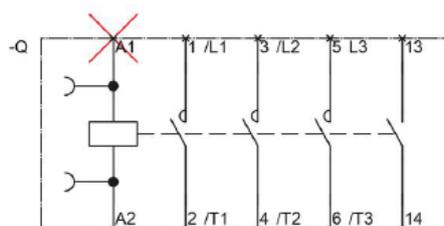
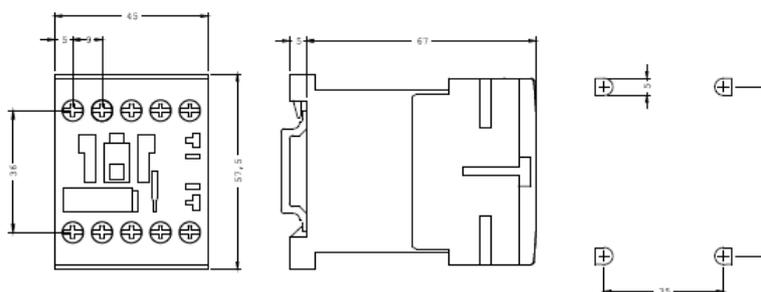
Design of the fuse link	• for short-circuit protection of the auxiliary switch / required	fuse gL/gG: 10 A
	• for short-circuit protection of the main circuit	
	<ul style="list-style-type: none"> • with type of assignment 1 / required • at type of coordination 2 / required 	fuse gL/gG: 35 A fuse gL/gG: 20 A

Installation/mounting/dimensions:

Mounting type		screw and snap-on mounting onto 35 mm standard mounting rail according to DIN EN 50022
series installation		Yes
Width	mm	45
Height	mm	57.5
Depth	mm	72
Distance, to be maintained, to earthed part / sideways	mm	6

Connection type:

Design of the electrical connection	• for main current circuit	screw-type terminals
	• for auxiliary and control current circuit	screw-type terminals
Type of the connectable conductor cross-section	• for main contacts	
	• solid	2x (0.5 ... 1.5 mm ²), 2x (0.75 ... 2.5 mm ²), max. 2x (0.75 ... 4 mm ²)
	• finely stranded	
	• with conductor end processing	2x (0.5 ... 1.5 mm ²), 2x (0.75 ... 2.5 mm ²)
	• for AWG conductors / for main contacts	2x (20 ... 16), 2x (18 ... 14), 1x 12
	• for auxiliary contacts	
• solid	2x (0.5 ... 1.5 mm ²), 2x (0.75 ... 2.5 mm ²), max. 2x (0.75 ... 4 mm ²)	
• finely stranded		
• with conductor end processing	2x (0.5 ... 1.5 mm ²), 2x (0.75 ... 2.5 mm ²)	
• for AWG conductors / for auxiliary contacts	2x (20 ... 16), 2x (18 ... 14), 1x 12	



Características del relé térmico MOELLER ZB12

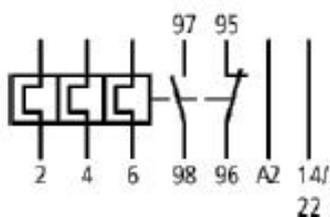


Type: ZB12-10
Article No.: 278440



Ordering information			
Overload release, min. – max.	I_r	A	6 – 10
Auxiliary contacts M = Make			1 M
Auxiliary contacts B = Break			1 B
For use with			DILM7, DILM8, DILM12, DIULM7, DIULM9, DIULM12, SDAINLM12, SDAINLM16, SDAINLM22
Short-circuit protection Type "1" coordination	gG/gL	A	50
Short-circuit protection Type "2" coordination	gG/gL	A	25

Contact sequence

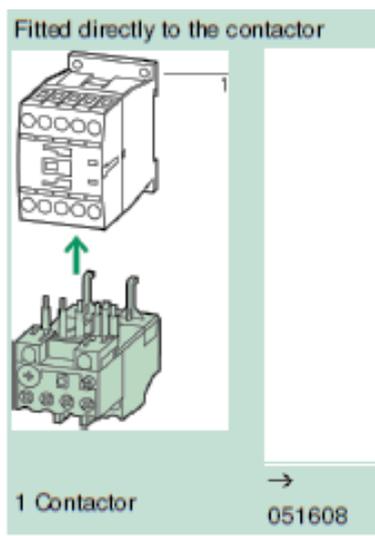


Note concerning the product

Overload release: tripping class 10 A

Short-circuit protection: Observe the maximum permissible fuse of the contactor with direct device mounting.

Suitable for protection of EEx e-motors. EC prototype test certification on request.



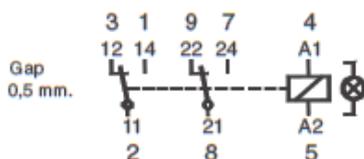
General			
Standards			IEC/EN 60947, VDE 0660, UL, CSA
Climatic proofing			Damp heat, constant, to IEC 60068-2-78; Damp heat, cyclic, to IEC 60068-2-30
Ambient temperature			
Open		°C	-25/50
Enclosed		°C	-25/40
Temperature compensation			Continuous
Weight			
Mechanical shock resistance half-sinusoidal shock 10 ms to IEC 60068-2-27		g	10
Protection type			IP00
Protection against direct contact when actuated from front (IEC 536)			Finger- and back-of-hand proof
Main conducting paths			
Rated impulse withstand voltage	U_{imp}	V AC	6000
Overvoltage category/pollution degree			III/3
Rated insulation voltage			
AC	U_i	V AC	690
Rated operational voltage	U_o	V AC	690
Safe isolation to VDE 0106 Part 101 and Part 101/A1			
Between auxiliary contacts and main contacts		V AC	440
Between main circuits		V AC	440
Overload release setting range		A	0,1 – 32
Temperature compensation residual error > 20°C		%/K	± 0.25
Current heat loss (3 conductors)			
Lower value of the setting range		W	2,5
Maximum setting		W	6
Terminal capacities			
Solid		mm ²	2 × (1 – 6)
Flexible with ferrule		mm ²	2 × (1 – 4) 2 × (1 – 6)

Solid or stranded		AWG	14 – 8
Terminal screw			M4
Tightening torque		Nm	1.8
Tools			
Pozidriv screwdriver		Size	2
Standard screwdriver		mm	1 × 6
Auxiliary and control circuits			
Rated impulse withstand voltage	U_{imp}	V	6000
Overvoltage category/pollution degree			III/3
Terminal capacities			
Solid		mm ²	2 × (0.75 – 4)
Flexible with ferrule		mm ²	2 × (0.75 – 2.5)
Solid or stranded		AWG	2 × (18 – 12)
Terminal screw			M3.5
Tightening torque		Nm	0.8 – 1.2
Tools			
Pozidriv screwdriver		Size	2
Standard screwdriver		mm	1 × 6
Rated insulation voltage	U_i	V AC	500
Rated operational voltage	U_o	V AC	500
Safe isolation to VDE 0106 Part 101 and Part 101/A1			
between the auxiliary contacts		V AC	240
Conventional thermal current	I_{th}	A	6
Rated operational current			
AC–15			
Make contact			
120 V	I_c	A	1,5
240 V	I_c	A	1,5
415 V	I_c	A	0,5
500 V	I_c	A	0,5
Break contact			
120 V	I_c	A	1,5
240 V	I_c	A	1,5
415 V	I_c	A	0,9
500 V	I_c	A	0,8
DC–13 L/R f 15 ms			
24 V	I_c	A	0,9
60 V	I_c	A	0,75
110 V	I_c	A	0,4
220 V	I_c	A	0,2
Short-circuit rating without welding			
max. fuse		A gG/gL	6
Notes			
			Ambient temperature: operating range to IEC/EN 60947, PTB: –5 °C to +50 °C Rated operational current: Making and

Características del relé de interface RELECO C12-A21



Interface and general application



C12-A21X



Two poles, change-over contacts

5A 250V AC1 0,5A 110V DC1
5A 30V DC1 0,2A 220V DC1

Contacts

Materials : Standard, code 1 AgNi + 0,3µ Au
 Optional , code 2 AgNi + 10µ Au
 Max. switching current 5 A
 Max. peak inrush current (20 ms.) 15 A
 Max. switching voltage 250 V
 Max. AC load (Table 1) 1,2 KVA
 Max. DC load See Table 2

Coils (Ohms ± 10% @ 20°C)

Pull-in voltage ≤ 0,8 x Un
 Drop-out voltage ≥ 0,1 x Un
 Nominal coil power 1,1 VA (AC) / 0,7 W (DC)

Vac	Ω	mA	Vdc	Ω	mA
24	290	45	12	224	53
48	1.200	23	24	742	32
115	7.300	9,5	48	3.500	13,7
230	28.800	4,7	110	19.900	5,5

Table 1 Electrical life, ops x 10⁶

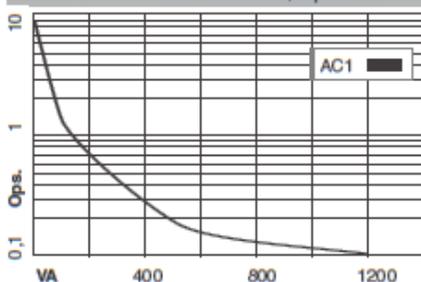
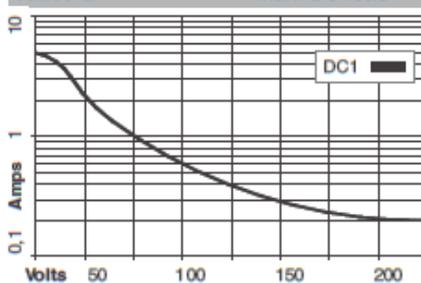


Table 2 Max. DC load



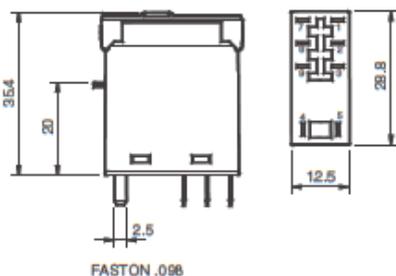
Insulation

Dielectric strength (1 minute): Open contacts 1.000 V
 Between adjacents poles 3.000 V
 Between contacts and coil 5 KV
 Isolation resistance at 500V >3GΩ
 Isolation, IEC 61810-5: 4 KV / 3

Specifications

Operate time + bounce time 10 ms.
 Release time + bounce time 8 ms.
 Ambient temperature -40°C (no ice) ... +70°C
 Mechanical life ops. 10 Mio. AC relays, 20 Mio. DC relays
 Electrical life at nominal load >100.000 ops.
 Operating frequency at nominal load 1.200 / hour
 Protection degree IP40 / RT1
 Weight avg. 21 gr.

Dimensions mm.



Standard types

AC 50 Hz, (60 Hz): 24, 48, 115, (120), 230, (240)
 X = LED (standard) C12-A21X Vac
 RC supressor C12-A21R Vac

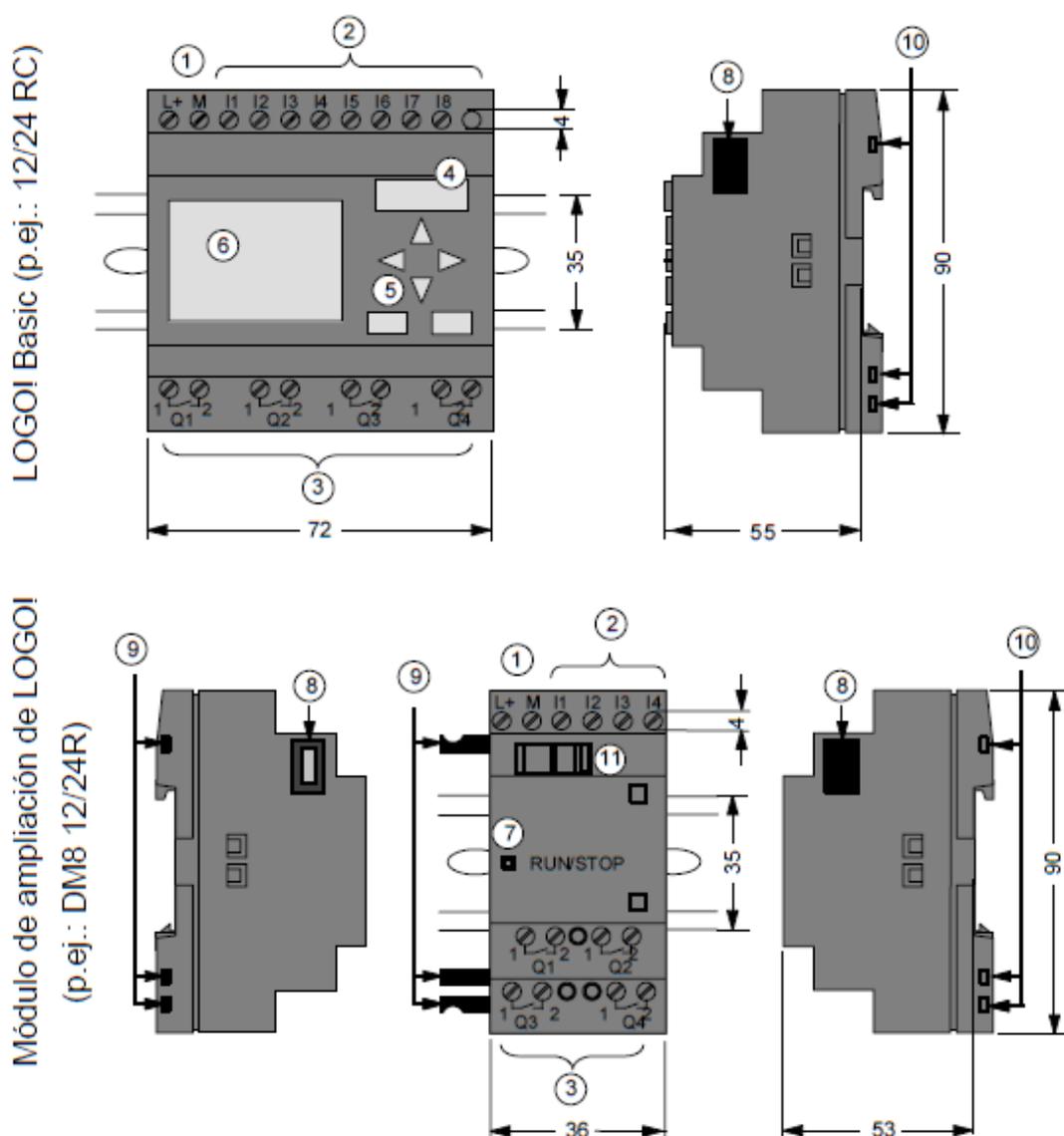
DC 12, 24, 48, 110
 X=LED, no polarity (standard) C12-A21X Vdc
Options (DC coils)
 Polarity and free wheeling diodes C12-A21FX Vdc
 AC/DC bridge rectifier (24 or 48V) C12-A21BX Vdc



IEC 61810 EN 60947

Características de LOGO! 12/24RC y módulos DM8 12/24R

¿Qué es LOGO!?



- | | | |
|--|-------------------------------------|---|
| ① Alimentación de tensión | ⑤ Panel de manejo
(no en RCo) | ⑧ Interfaz de ampliación |
| ② Entradas | ⑥ Pantalla LCD
(no en RCo) | ⑨ Codificación mecánica
– pernos |
| ③ Salidas | ⑦ Indicación del estado
RUN/STOP | ⑩ Codificación mecánica
– conectores |
| ④ Receptáculo de módulo
con revestimiento | | ⑪ Guía deslizante |

Datos técnicos

A.5 Datos técnicos: LOGO! 12/24... y LOGO! DM8 12/24R

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RC _o	LOGO! DM8 12/24R
Fuente de alimentación		
Tensión de entrada	12/24 V c.c.	12/24 V c.c.
Rango admisible	10,8 ... 28,8 V c.c.	10,8 ... 28,8 V c.c.
Protección contra inversión de polaridad	sí	sí
Consumo de corriente		
• 12 V c.c.	30 ... 140 mA	30 ... 140 mA
• 24 V c.c.	20 ... 75 mA	20 ... 75 mA
Compensación de fallos de tensión		
• 12 V c.c.	típ. 2 ms	típ. 2 ms
• 24 V c.c.	típ. 5 ms	típ. 5 ms
Potencia disipada		
• 12 V c.c.	0,3 ... 1,7 W	0,3 ... 1,7 W
• 24 V c.c.	0,4 ... 1,8 W	0,4 ... 1,8 W
Respaldo del reloj a 25 °C	típ. 80 h	
Precisión del reloj de tiempo real	máx. 2 s / día	
Separación galvánica	no	no
Entradas digitales		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no
Tensión de entrada L+		
• señal 0	<5 V c.c.	<5 V c.c.
• señal 1	>8 V c.c.	>8 V c.c.

Datos técnicos

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RC _o	LOGO! DM8 12/24R
Intensidad de entrada para <ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 	< 1,0 mA (I1...I6) < 0,05 mA (I7, I8) > 1,5 mA (I1...I6) > 0,1 mA (I7, I8)	<1,0 mA >1,5 mA
Tiempo de retardo para <ul style="list-style-type: none"> • cambio de 0 a 1 • cambio de 1 a 0 	tip. 1,5 ms <1,0 ms (I5,I6) tip. 300 ms (I7,I8) tip. 1,5 ms <1,0 ms (I5,I6) tip. 300 ms (I7,I8)	tip. 1,5 ms tip. 1,5 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
Entradas analógicas		
Cantidad	2 (I7, I8)	
Margen	0 ... 10 V DC Impedancia de entrada 76 kΩ	
Tensión de entrada máx.	28,8 V CC	
Longitud del conductor (trenzado y apantallado).	10m	
Salidas digitales		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé	Salidas a relé
Separación galvánica	sí	sí
En grupos de	1	1
Activación de una entrada digital	sí	sí
Tensión de salida		
Intensidad de salida		
Corriente constante I_{th} (por cada borne)	máx. 10 A por relé	máx. 5 A por relé

Datos técnicos

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo	LOGO! DM8 12/24R
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de	1.000 W	1.000 W
Tubos fluorescentes con dispositivo previo electr. (25.000 histérisis)	10 x 58 W	10 x 58 W
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W	1 x 58 W
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W	10 x 58 W
A prueba de cortocircuitos y sobrecarga		
Limitación de corriente en cortocircuitos		
Derating	Ninguno; en todo el margen de temperatura	Ninguno; en todo el margen de temperatura
Resistencia a cortocircuitos 1	Contactador potencia B16 600 A	Contactador potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos 0,5 a 0,7	Contactador potencia B16 900 A	Contactador potencia B16 900 A
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
Frecuencia de conmutación		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Eléctrica		
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

ANEXO 5

Reporte de análisis de suelo del cultivo mora

ANEXO 6

Reporte de análisis del agua de riego



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 - CONEA - 2010 - 129 - DC.

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

REPORTE DE ANALISIS DE AGUAS

DATOS DEL SOLICITANTE		DATOS DEL SITIO DE MUESTREO	
Nombre:	Sr. Diego Guamán	Provincia:	Imbabura
Ciudad:	Ibarra	Cantón:	Ibarra
Teléfono:		Parroquia:	Caranqui
Fax:		Sitio:	Santa Lucía del retorno

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		DATOS DEL LABORATORIO	
Código:	Sin código	Nro. Reporte:	123 - 2013
Fecha:	19 de junio de 2013	Tipo de Análisis:	parcial
Color:	Amarillenta	Muestra:	1
Aspecto:	Turbia	Fecha de Ingreso:	19 de junio de 2013
		Fecha de Reporte:	20 de junio de 2013

Parámetros Físicos	Unidad	Valor	Método Aplicado
Sólidos Totales	mg/l	4310	APHA 2540 B

Nota: Los resultados pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas en el laboratorio.

Bioq. José Luis Moreno
TÉCNICO DE LABORATORIO



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia internacionales.

Av. 17 de Julio s-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono:(06)2997800
Fax:Ext: 7011.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

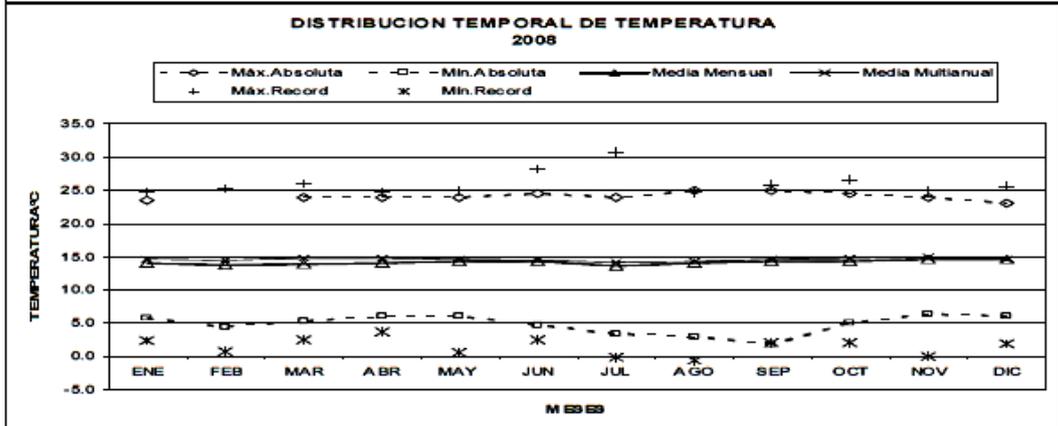
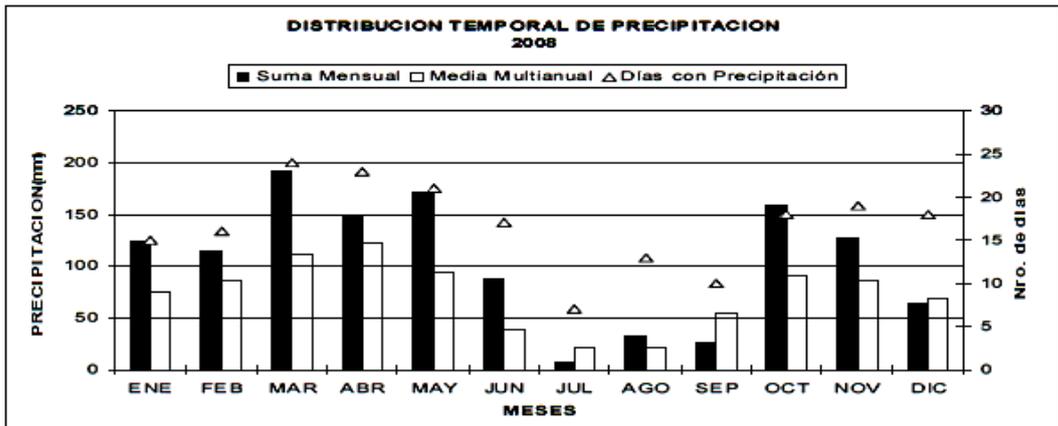
ANEXO 7

Anuarios meteorológicos de los años 2008, 2009 y 2010 de la estación Otavalo del INAMHI.

M105 OTAVALO INAMHI

MES	HELIOFANIA (hora)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)			PUNTO DE ROCÍO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación			
		ABSOLUTAS		MEDIAS		Mensual	Máxima día	Mínima día	Méda	Máxima día			Mínima día	Méda	Suma		Máxima en 24hrs día		
ENERO		23.5	23	5.8	26		20.8	9.2	14.1			85	11.3	13.4	124.1	26.8	28	15	
FEBRERO				4.4	5	20.6	9.2	13.8			84	10.9	13.1	113.3	18.1	19	16		
MARZO		24.0	27	5.4	21	20.3	9.2	13.9	98	8	47	11	84	11.0	13.2	192.3	36.5	31	24
ABRIL		24.0	20	6.0	6	21.1	9.4	14.1	100	16	49	5	85	11.4	13.5	149.1	35.2	11	23
MAYO		24.0	13	6.0	7	20.7	9.8	14.4			83	11.3	13.4	170.5	24.5	28	21		
JUNIO		24.5	12	4.8	5	21.6	8.4	14.3	98	1	47	5	81	10.7	12.9	88.4	18.8	18	17
JULIO		24.0	31	3.4	17	20.9	7.5	13.6	98	1	46	21	78	9.8	12.0	7.1	2.0	2	7
AGOSTO		25.0	12	3.0	12	21.6	8.0	14.0	98	2	39	9	78	9.7	12.2	33.5	6.7	22	13
SEPTIEMBRE		25.0	12	1.8	12	22.1	7.9	14.4			76	9.6	12.1	26.6	13.5	21	10		
OCTUBRE		24.5	26	5.0	2	21.8	9.1	14.4	98	3	48	24	80	10.7	12.9	158.1	28.3	6	18
NOVIEMBRE		24.0	30	6.4	7	21.7	9.8	14.7	98	22	45	17	84	11.6	13.8	126.9	24.5	7	19
DICIEMBRE		23.0	3	6.0	10	21.6	10.1	14.7			84	11.7	13.6	64.3	9.4	1	18		
VALOR ANUAL				1.8		21.3	9.0	14.2			81	10.8	13.0	1254.2		36.5			

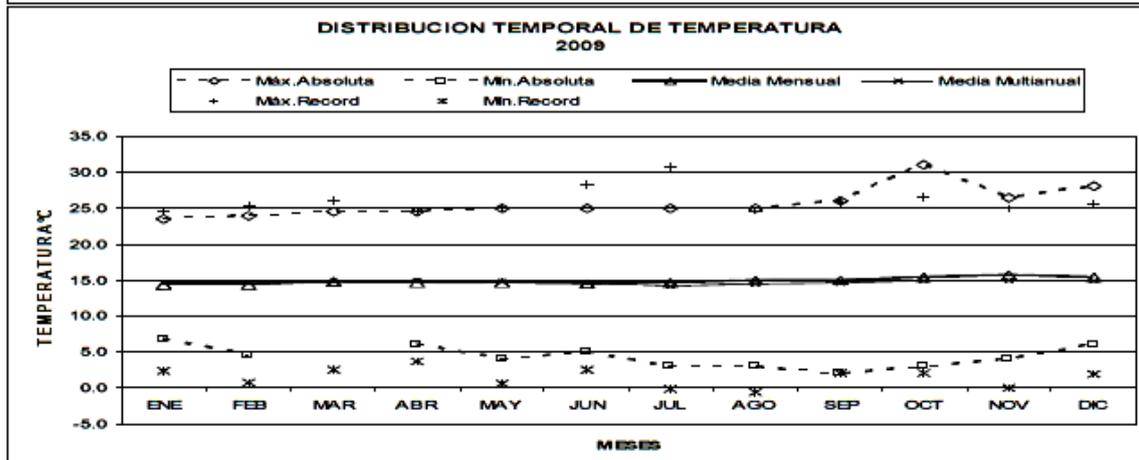
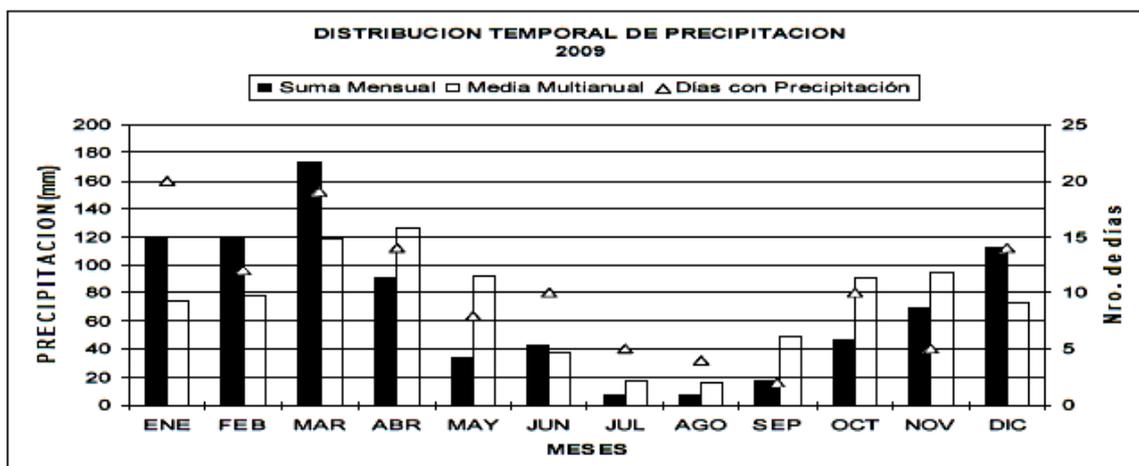
MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO												Vel Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (km/h)							
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs día		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS	DIR										
ENERO	80.1	3.7	14	2.7	3	4.1	27	0.0	0	2.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.0	1	68	93	6.0	NE	1.2
FEBRERO	69.4	3.4	14	3.6	6	3.2	21	0.0	0	3.0	5	2.0	1	4.0	2	0.0	0	6.0	1	64	87	6.0	NE	1.4
MARZO	72.3	3.4	6	2.7	3	3.7	26	0.0	0	2.0	2	0.0	0	4.0	2	4.0	1	3.3	3	62	93	6.0	NE	1.2
ABRIL	65.0	4.0	18	3.0	9	3.0	18	2.0	1	2.5	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.7	3	64	90	6.0	NE	1.2
MAYO	69.0	4.0	6	3.6	10	4.3	16	2.0	2	0.0	0	3.0	2	0.0	0	0.0	0	3.5	4	66	93	8.0	NE	1.2
JUNIO	77.4	3.4	3	2.7	7	4.5	28	2.0	1	0.0	0	0.0	0	3.0	2	0.0	0	4.0	2	60	90	10.0	NE	1.5
JULIO	90.6	3.7	9	3.2	5	4.0	18	0.0	0	2.0	1	0.0	0	2.0	3	0.0	0	2.9	10	62	93	6.0	NW	1.5
AGOSTO	83.3	3.3	10	3.7	7	4.3	26	4.0	1	4.0	1	0.0	0	4.0	1	0.0	0	4.0	4	60	93	10.0	NE	1.5
SEPTIEMBRE	85.6	3.2	8	3.3	7	3.7	22	0.0	0	4.0	2	4.0	1	2.0	1	0.0	0	4.8	9	58	90	6.0	NW	1.7
OCTUBRE	79.1	3.5	9	2.3	9	3.9	18	2.0	2	4.0	1	2.0	2	0.0	0	0.0	0	4.0	1	67	93	6.0	NE	1.5
NOVIEMBRE	78.2	4.5	28	2.4	6	3.8	18	4.0	1	3.0	2	0.0	0	4.0	1	0.0	0	3.3	3	69	90	6.0	NE	0.9
DICIEMBRE	81.3	3.9	11																					
VALOR ANUAL	931.3	4.5																						1.0



M105 **OTAVALO** INAMHI

MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMERA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSIÓN DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación		
		ABSOLUTAS		M E D I A S				Máxima	Mínima	Medio	Máxima			Mínima	Medio	Mensual		Máxima en 24hrs	día
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Mensual													
ENERO	72.7	23.5	3	6.8	21	20.7	10.2	14.4	98	1	43	16	84	11.5	13.6	119.6	25.0	23	20
FEBRERO	103.1	24.0	8	4.6	9	21.3	8.9	14.3	98	7	51	9	83	11.3	13.4	119.1	46.0	19	12
MARZO	132.2	24.5	10			22.1	9.4	14.8	98	1	44	9	82	11.5	13.6	173.7	31.4	27	19
ABRIL	110.4	24.5	3	6.0	23	21.8	9.2	14.7	98	9	47	2	82	11.3	13.5	91.0	42.4	11	14
MAYO	143.2	25.0	7	4.0	5	22.7	7.2	14.6	98	5	46	8	79	10.6	12.9	34.4	15.5	2	8
JUNIO	131.3	25.0	10	5.0	29	21.8	7.9	14.5	98	4	48	25	79	10.4	12.7	42.8	12.5	10	10
JULIO	146.2	25.0	16	3.0	29	22.8	7.1	14.7					71	9.0	11.6	7.1	2.8	3	5
AGOSTO	132.3	25.0	2	3.0	16	22.9	7.6	15.0	98	22	38	12	70	9.1	11.8	7.9	4.3	18	4
SEPTIEMBRE	174.3	26.0	13	2.0	1	23.6	8.4	14.9	98	16	30	13	65	7.9	10.7	17.1	13.1	15	2
OCTUBRE	136.1	31.0	22	3.0	23	24.0	7.8	15.3					75	10.3	12.6	46.3	12.0	11	10
NOVIEMBRE	156.5	26.5	15	4.0	6	24.0	8.1	15.7	100	26	35	15	76	10.9	13.1	69.6	34.6	28	5
DIEMBRE	168.4	28.0	27	6.0	10	22.7	9.3	15.4	98	7	46	31	81	11.8	13.9	112.4	23.7	27	14
VALOR ANUAL	1606.7					22.5	8.3	14.9					77	10.5	12.8	841.0	46.0		

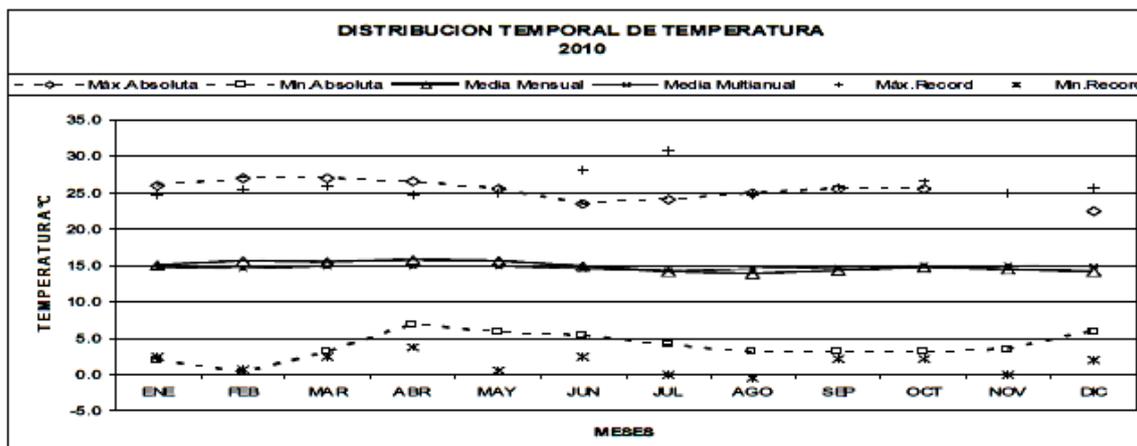
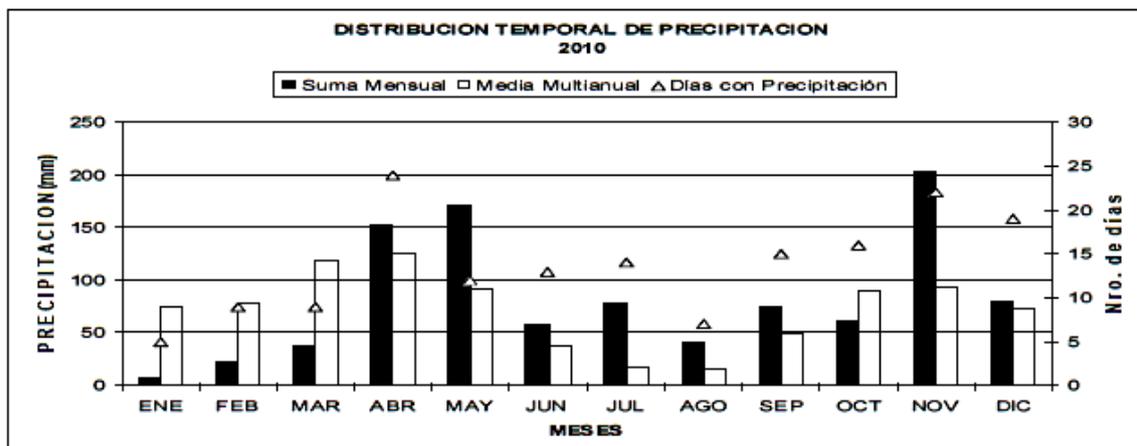
MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO												Vel. Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (km/h)									
	Suma	Máxima en 24hrs		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	No OBS													
	Mensual	(Octas)												(m/s)	(%)			(m/s)	(%)	(m/s)	(%)	(m/s)	(%)	(m/s)	(%)	
ENERO	66.8	3.3	21	7	3.7	7	3.5	18	0.0	0	4.0	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.0	7	66	93	6.0	NE	0.9	
FEBRERO	73.1	4.0	23	7	2.0	1	3.9	19	0.0	0	2.0	2	0.0	0	0.0	0	4.0	1	3.1	17	60	84	6.0	NE	1.0	
MARZO	73.7	4.0	7	6	2.0	1	3.2	23	0.0	0	2.7	3	2.0	1	0.0	0	0.0	0	3.3	9	63	93	6.0	NE	1.1	
ABRIL	72.2	3.4	20	6	2.0	1	4.0	20	0.0	0	3.5	4	0.0	0	4.0	1	0.0	0	3.5	4	69	90	6.0	NE	0.9	
MAYO	86.4	3.5	7	5	2.0	1	3.3	25	2.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.6	8	66	93	6.0	NE	1.2	
JUNIO	76.8	3.2	5	6	6.0	1	4.1	23	0.0	0	2.7	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.5	9	63	90	10.0	NE	1.8	
JULIO	90.1	4.0	15	5	2.0	2	5.0	31	0.0	0	4.0	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.0	4	60	93	10.0	NE	2.3	
AGOSTO	106.9	6.0	2	5																						2.4
SEPTIEMBRE	115.1	5.0	6	4	0.0	0	4.6	31	0.0	0	5.3	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	6.0	3	62	90	10.0	NE	3.2	
OCTUBRE	101.3	5.0	8	6	4.0	2	3.4	20	2.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.6	10	67	93	6.0	NE	1.8	
NOVIEMBRE	109.6			5	0.0	0	4.4	27	4.0	1	0.0	0	0.0	0	4.0	2	0.0	0	4.0	3	67	90	6.0	NE	1.6	
DIEMBRE	89.4	5.0	24	6	2.0	1	3.8	26	0.0	0	0.0	0	2.0	1	0.0	0	0.0	0	2.5	4	66	93	6.0	NE	1.3	
VALOR ANUAL	1061.4			6																						2.0



M105 OTAVALO INAMHI

MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)			PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION (mm)			Número de días con precipitación			
		ABSOLUTAS		MEDIAS		Mensual	Máxima da	Mínima da	Máxima da	Mínima da			Máxima da	Mensual	Máxima en 24hrs		da		
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima														
ENERO	170.4	26.0	24.0	2.0	3	23.0	7.1	15.0	98	6	38	12	78	10.2	12.5	7.7	4.0	11	5
FEBRERO	78.5	27.0	22.0	0.2	17	22.9	8.5	15.8	98	7	38	28	77	11.2	13.4	22.2	13.1	8	9
MARZO	93.6	27.0	12.0	3.0	25	23.3	8.0	15.4	98	9	41	28	78	11.0	13.2	36.9	19.2	22	9
ABRIL	68.0	26.5	2.0	6.8	23	22.7	10.1	15.8	100	20	48	2	83	12.5	14.6	152.4	34.4	10	24
MAYO	126.2	25.5	14.0	5.8	15	22.8	9.2	15.8					80	11.8	13.9	170.4	37.3	1	12
JUNIO	90.6	23.5	5.0	5.4	4	21.2	8.4	14.8	100	22	13	13	79	10.8	13.1	57.9	21.2	19	13
JULIO	124.7	24.0	22.0	4.0	22	21.4	7.7	14.1	98	4	44	22	81	10.5	12.8	78.8	18.7	9	14
AGOSTO	138.5	25.0	24.0	3.0	16	21.6	6.6	13.8	100	1	40	17	75	9.0	11.6	41.8	17.0	1	7
SEPTIEMBRE	138.8	25.5	10.0	3.0	10	22.2	6.7	14.2					78	9.9	12.3	74.4	19.4	22	15
OCTUBRE	144.7	25.5	3.0	3.0	11	22.7	7.6	14.7	98	1	42	3	79	10.8	13.0	60.3	8.8	19	16
NOVIEMBRE	103.1			3.4	5	21.1	8.2	14.4					83	11.3	13.4	204.0	28.0	27	22
DICIEMBRE	101.5	22.5	6.0	6.0	25	20.5	8.9	14.1	98	2	60	7	87	11.8	13.8	80.2	10.4	17	19
VALOR ANUAL	1378.6			0.2		22.1	8.1	14.8					79	10.9	13.1	987.0	37.3		

MES	EVAPORACION (mm)			NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO																Vel. Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)			
	Mensual	Máxima en 24hrs	da		N		NE		E		SE		S		SW		W		NW				CALMA	No OBS	
					(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%					
ENERO	113.7	5.0	2	4	0.0	0	4.5	30	0.0	0	2.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	69	93	8.0	NE	1.8
FEBRERO	83.2	4.3	16	6	0.0	0	3.4	31	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.0	1	68	84	8.0	NE	1.8
MARZO	91.9	5.0	17	6	0.0	0	2.8	31	0.0	0	2.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	67	90	8.0	NE	1.2
ABRIL	67.4	4.5	2	6	0.0	0	2.7	25	0.0	0	2.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.4	8	67	93	8.0	NE	1.4
MAYO	79.9	4.0	14	6	0.0	0	2.8	32	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.0	2	66	90	8.0	NE	1.5
JUNIO	80.9	4.0	6	6	2.7	3	3.8	23	0.0	0	2.7	3	0.0	0	2.0	1	0.0	0	0.0	0	70	93	9.0	NE	1.2
JULIO	77.8	3.3	13	6	0.0	0	3.6	27	0.0	0	4.0	2	0.0	0	4.0	1	0.0	0	2.0	1	69	93	8.0	NE	1.5
AGOSTO	86.8	3.6	14	5	0.0	0	3.2	26	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	2.0	4	70	90	8.0	NE	1.4
SEPTIEMBRE	71.7	3.0	3	5	6.0	1	3.0	27	2.0	1	4.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4.0	1	69	93	8.0	NE	1.6
OCTUBRE	80.1	5.4	24	5	2.0	3	3.0	24	0.0	0	2.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	3.0	2	70	93	8.0	NE	1.1
NOVIEMBRE	48.1	3.2	8	7																					1.1
DICIEMBRE	61.7	3.0	4	7																					1.1
VALOR ANUAL	943.2	5.4		6																					1.0



ANEXO 8

Planos del proyecto:

Ubicación y topografía del terreno

Obra civil e instalación hidráulica

Instalación eléctrica y control

Arquitectura del tablero de control

Código de programación gráfica de LOGO!