



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**EXTENSIÓN LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E**  
**INSTRUMENTACIÓN**

**“CONTROL Y SUPERVISIÓN DE VARIABLES EN UN**  
**SISTEMA DE ANTIHELADAS, REGADÍO Y VENTILACIÓN**  
**PARA OPTIMIZAR LOS CULTIVOS BAJO INVERNADERO”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO**  
**ELECTRÓNICO EN INSTRUMENTACIÓN**

**ERAZO RODAS MARIO LEONIDAS**  
**SÁNCHEZ ALVARADO JOSÉ LUIS**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**NOVIEMBRE 2011**

## **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por los señores MARIO LEONIDAS ERAZO RODAS Y JOSÉ LUIS SÁNCHEZ ALVARADO bajo nuestra supervisión.

Latacunga, Noviembre 2011

---

Ing. Galo Ávila  
DIRECTOR

---

Ing. Franklin Silva  
CODIRECTOR

---

Ing. Armando Álvarez  
DIRECTOR DE LA CARRERA

---

Dr. Rodrigo Vaca  
SECRETARIO ACADÉMICO

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, Mario Leonidas Erazo Rodas y José Luis Sánchez Alvarado.

### **DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “CONTROL Y SUPERVISIÓN DE VARIABLES EN UN SISTEMA DE ANTIHELADAS, REGADÍO Y VENTILACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS CULTIVOS BAJO INVERNADERO” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Noviembre 2011

---

MARIO ERAZO R.

C.C: 050277130-6

---

JOSÉ SÁNCHEZ A.

C.C: 050298856-1

## **AUTORIZACIÓN**

Nosotros, Mario Leonidas Erazo Rodas y José Luis Sánchez Alvarado.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la Biblioteca virtual de la institución del trabajo “CONTROL Y SUPERVISIÓN DE VARIABLES EN UN SISTEMA DE ANTIHELADAS, REGADÍO Y VENTILACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS CULTIVOS BAJO INVERNADERO” cuyo contenido, ideas y criterios es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Noviembre 2011

---

MARIO ERAZO R.  
C.C: 050277130-6

---

JOSÉ SÁNCHEZ A.  
C.C: 050298856-1

## **CERTIFICADO**

ING. GALO ÁVILA (DIRECTOR)  
ING. FRANKLIN SILVA (CODIRECTOR)

### **CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “CONTROL Y SUPERVISIÓN DE VARIABLES EN UN SISTEMA DE ANTIHELADAS, REGADÍO Y VENTILACIÓN PARA OPTIMIZAR LOS CULTIVOS BAJO INVERNADERO” realizado por los señores: ERAZO RODAS MARIO LEONIDAS y SÁNCHEZ ALVARADO JOSÉ LUIS, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: ERAZO RODAS MARIO LEONIDAS y SÁNCHEZ ALVARADO JOSÉ LUIS que lo entregue al ING. ARMANDO ÁLVAREZ, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, Noviembre de 2010.

---

Ing. Galo Ávila  
**DIRECTOR**

---

Ing. Franklin Silva  
**CODIRECTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio. A mis padres: Narcisa Rodas y Mario Erazo, a quienes de todo corazón agradezco su amor, cariño y comprensión. A mis hermanas: Mayra y Lorena por haber confiado en mi y por brindarme su apoyo en todo momento.

A mi abuelita: Hilda Laverde quien con su ejemplo me ha enseñado a rebasar todas las barreras que la vida nos presenta. Agradeceré hoy y siempre a mis tíos y primos por brindarme la fortaleza necesaria para seguir adelante.

Un agradecimiento muy especial a los profesores Ing. Galo Ávila y al Ing. Franklin Silva, quienes me han brindado un apoyo incondicional, colaborando en todo momento con su orientación.

A mi compañero de tesis José Luis y a mis amigos por ser las personas con la que puedo contar siempre, por el cariño y los ánimos.

***Mario E.***

## DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Narcisa y Mario, por ser la fuerza que me ayuda a seguir adelante, por su sacrificio durante todos estos años para poder alcanzar este sueño. Porque son mi razón de vivir.

A mis hermanas Mayrita y Lore porque juntos aprendimos a vivir y crecimos como cómplices y amigos incondicionales.

A mi abuelita Hilda Laverde, por ser el pilar de la maravillosa familia que tengo. A mis tíos y primos porque hoy, al concluir una etapa tan importante en mi vida, me doy cuenta de que no he llegado solo, porque ustedes siempre han estado conmigo.

A mis abuelitos: Leonidas Erazo y Miguel Ángel Rodas quienes vivirán por siempre en mi corazón.

A mi abuelita Blanca Calderón por ser un ejemplo de vida y dedicación.

***Mario E.***

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero iniciar agradeciendo a DIOS, ser todo poderoso por haberme dado la vida y a unos padres tan hermosos que con mucho esfuerzo y sacrificio han hecho de mí la persona sencilla y humilde que ellos anhelan.

A mis hermanos, por darme fuerzas y apoyo incondicional durante toda mi carrera estudiantil.

A mi Director y Co-director, por las enseñanzas y ayuda brindada para la culminación con eficiencia de este proyecto.

A la ESPE, por darme la oportunidad de ser parte de ella durante toda mi formación profesional.

A todos los Docentes, por compartir sus conocimientos para mi formación y superación.

A mis compañeros y amigos, por su apoyo, consejos y ayuda de cada día para seguir adelante y culminar mi carrera.

***José S.***

## **DEDICATORIA**

La presente tesis realizada con mucho esmero y entusiasmo está dedicado a DIOS por darme sabiduría para poder culminar este trabajo y a ese angelito Katty Belén, que ya no está junto a mí pero que siempre le recordaré por regalarme sus bendiciones cada día.

Con gran amor a mis padres para que miren el fruto de todo su trabajo y esfuerzo.

A todos mis sobrinos y sobrinas para que tomen como un ejemplo de superación.

A mis hermanos por el apoyo y la ayuda que siempre me brindaron durante toda mi formación académica.

Para toda mi familia hermosa que con todo su amor siempre me han guiado por un buen camino.

A mis compañeros y amigos por estar junto a mí en los momentos más difíciles.

**José S.**

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	<b>1</b>
1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	INVERNADEROS CONVENCIONALES E INTELIGENTES	2
1.2.1	DEFINICIONES.....	3
1.2.2	ESTRUCTURA DE UN INVERNADERO.....	3
1.2.3	CARACTERÍSTICAS DE UN INVERNADERO.....	5
1.2.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN INVERNADERO.....	6
1.2.5	TIPOS DE INVERNADEROS.....	12
1.2.6	INVERNADERO INTELIGENTE.....	22
1.3	SISTEMAS DE RIEGO.....	25
1.3.1	RIEGO CON ASPERSORES.....	25
1.3.2	RIEGO CON DIFUSORES.....	26
1.3.3	RIEGO POR GOTEO.....	26
1.3.4	RIEGO SUBTERRÁNEO.....	27
1.4	CULTIVO DE ROSAS.....	29
1.4.1	IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	29
1.4.2	PROPAGACIÓN DE CULTIVOS.....	30
1.4.3	REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS.....	31
1.4.4	CULTIVO DE ROSAS EN INVERNADERO.....	33
1.5	SENSORES Y ACTUADORES.....	36
1.5.1	SENSOR.....	37
1.5.2	CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTO DEL SENSOR.....	37
1.5.3	TIPOS DE SENSORES.....	39

1.5.4	ACTUADORES.....	54
1.6	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	59
1.6.1	CAMPOS DE APLICACIÓN.....	60
1.6.2	VENTAJAS DEL PLC.....	60
1.6.3	INCONVENIENTES DEL PLC.....	61
1.6.4	ESTRUCTURAS DE LOS PLC'S.....	61
1.6.5	MEMORIAS.....	64
1.6.6	TAMAÑO DE LOS PLC'S.....	66
1.7	AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS	67
1.7.1	VENTAJAS	68
1.7.2	EXIGENCIAS AL AUTOMATIZAR	69
1.7.3	ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN AUTOMATIZADA.....	70
1.8	RED AS-I.....	70
1.8.1	BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL AS-I.....	71
1.8.2	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	71
1.8.3	TOPOLOGÍAS DE RED DEL BUS DE COMUNICACIÓN AS-I.....	73
1.8.4	COMPONENTES DEL BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL AS-I.....	73
1.9	SISTEMAS HMI SCADA	82
1.9.1	PRESTACIONES DE UN SCADA.....	83
1.9.2	FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA SCADA.....	84
1.9.3	ELEMENTOS DEL SISTEMA HMI SCADA.....	85
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA</b>	<b>87</b>
2.1	INTRODUCCIÓN.....	87
2.2	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES FÍSICAS.....	88
2.3	SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	89
2.3.1	SELECCIÓN DEL PLC.....	89

2.3.2	SELECCIÓN DE COMPONENTES DE LA RED AS-I.....	90
2.3.3	SENSOR FINAL DE CARRERA.....	91
2.3.4	SENSOR DE TEMPERATURA PT100.....	92
2.3.5	TRANSMISOR DE TEMPERATURA SITRANS TH100.....	94
2.3.6	SENSOR – TRANSMISOR DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA DWYER MODELO 657-1.....	95
2.3.7	SENSOR DE CO <sub>2</sub> AIRSENSE MODELO 310E.....	97
2.3.8	ANEMÓMETRO DAVIS 7911.....	100
2.3.9	SENSOR DE HUMEDAD DEL SUELO WATERMARK W5SS.....	103
2.3.10	SENSOR DE LUMINOSIDAD.....	107
2.3.11	MOTOR UNIVERSAL.....	109
2.3.12	ELECTROBOMBA DE AGUA HIDROS QB-60.....	112
2.3.13	ELECTROVÁLVULA BERMAD S-390-2.....	113
2.3.14	ELECTROVÁLVULA GENEBRE 4030-31.....	115
2.3.15	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	116
2.4	ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES DE LOS SENSORES.....	123
2.4.1	ACONDICIONAMIENTO DEL ANEMÓMETRO.....	123
2.4.2	ACONDICIONAMIENTO DE LOS SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO.....	125
2.4.3	ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE LUMINOSIDAD.....	127
2.5	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	129
2.5.1	MODO MANUAL.....	130
2.5.2	MODO AUTOMÁTICO.....	131
2.6	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.....	136
2.7	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....	138

2.7.1	FUNCIÓN DEL RIEGO POR GOTEO.....	140
2.7.2	FUNCIÓN DEL RIEGO FOLIAR.....	140
2.8	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	141
2.8.1	DISEÑO DE LAS ACCIONES DE CONTROL.....	142
2.8.2	DISEÑO DE CONTROL MEDIANTE PLC.....	143
2.8.3	DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	144
2.8.4	CONFIGURACIÓN DEL ASISTENTE AS-I.....	146
2.8.5	VARIABLES COMPARTIDAS EN LA COMUNICACIÓN CON LA HMI.....	151
2.9	DISEÑO DE LA HMI.....	155
2.9.1	SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN: INTOUCH 10.1.	155
2.9.2	CONFIGURACIÓN DE SOFTWARE PARA LA HMI	156
2.9.3	DISEÑO DE LAS INTERFACES DE LA HMI.....	159
<b>3</b>	<b>PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>169</b>
3.1	PRUEBAS DE SENSORES Y ACTUADORES.....	169
3.1.1	SENSOR DE TEMPERATURA.....	169
3.1.2	SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA.....	171
3.1.3	SENSOR DE HUMEDAD DEL SUELO.....	172
3.1.4	SENSOR DE CO <sub>2</sub> .....	173
3.1.5	SENSOR DE LUMINOSIDAD.....	173
3.1.6	SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO	174
3.1.7	MOTORES.....	176
3.1.8	ELECTROVÁLVULAS.....	177
3.1.9	SISTEMA DE CALEFACCIÓN.....	177
3.1.10	BOMBA DE AGUA.....	178
3.1.11	LUCES.....	179
3.2	PRUEBAS DE COMUNICACIÓN.....	179
3.2.1	COMUNICACIÓN PLC – PC.....	180
3.2.2	COMUNICACIÓN PLC – SERVIDOR OPC.....	181

3.2.3	COMUNICACIÓN SERVIDOR OPC – OPCLINK.....	181
3.2.4	COMUNICACIÓN PLC – INTOUCH.....	182
3.2.5	COMUNICACIÓN DE ESCLAVOS AS-I.....	183
3.3	PRUEBAS DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	184
3.4	PRUEBAS DEL SISTEMA HMI – SCADA.....	185
3.4.1	PANTALLA PRINCIPAL.....	186
3.4.2	PANTALLAS DE DETALLE DE LAS VARIABLES...	187
3.4.3	PANTALLA DE LOS VALORES DE SET POINT.....	187
3.4.4	PANTALLA DE ALARMAS.....	188
3.4.5	PANTALLA DE HISTÓRICOS.....	188
3.5	MEDICIONES DE LAS VARIABLES.....	189
3.6	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA COMPLETO.....	189
3.6.1	PLANTACIÓN DE ROSAS.....	190
3.6.2	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN MODO LOCAL.....	192
3.6.3	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN MODO REMOTO.....	205
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>207</b>
4.1	CONCLUSIONES.....	207
4.2	RECOMENDACIONES.....	208
	BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES.....	210
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Características de los principales sensores de temperatura.....	44
Tabla 1.2	Tamaño de PLC's.....	66
Tabla 2.1	Análisis de las variables físicas.....	89
Tabla 2.2	Componentes usados en la red AS-i.....	91
Tabla 2.3	Características requeridas de los finales de carrera.....	92
Tabla 2.4	Características técnicas PT100.....	93
Tabla 2.5	Características técnicas SITRANS TH100.....	94
Tabla 2.6	Características técnicas DWYER 657-1.....	97
Tabla 2.7	Características técnicas AIRSENSE 310E.....	99
Tabla 2.8	Características técnicas anemómetro DAVIS 7911.....	102
Tabla 2.9	Características técnicas WATERMARK W5SS.....	104
Tabla 2.10	Interpretación de la humedad del suelo.....	105
Tabla 2.11	Características técnicas de una fotorresistencia.....	109
Tabla 2.12	Características requeridas de los motores eléctricos...	110
Tabla 2.13	Características del motor universal seleccionado.....	110
Tabla 2.14	Características del reductor seleccionado.....	111
Tabla 2.15	Características técnicas electrobomba HIDROS QB-60.....	113
Tabla 2.16	Características técnicas electroválvula BERMAD S-390-2.....	114
Tabla 2.17	Características técnicas electroválvula BERMAD GENEBRE 4030-31.....	115
Tabla 2.18	Características de los relés seleccionados.....	116
Tabla 2.19	Características de los contactores seleccionados.....	118

Tabla 2.20	Características de los guardamotores.....	120
Tabla 2.21	Características del guardamotor para la electrobomba	120
Tabla 2.22	Características del interruptor termomagnético – etapa de control.....	122
Tabla 2.23	Características del interruptor termomagnético – general.....	122
Tabla 2.24	Características del interruptor termomagnético – PLC y fuentes.....	123
Tabla 2.25	Descripción de entradas y salidas de esclavos AS-i en el tablero.....	147
Tabla 2.26	Descripción de entradas y salidas de esclavos AS-i en el campo.....	148
Tabla 3.1	Resultados de prueba para el sensor y transmisor de temperatura.....	170
Tabla 3.2	Resultados de prueba para el sensor y acondicionamiento del anemómetro.....	175
Tabla 3.3	Resultados de prueba para el sistema de calefacción...	177
Tabla 3.4	Parámetros seleccionados para la transmisión.....	180
Tabla 3.5	Estado de la comunicación de los esclavos AS-i.....	183
Tabla 3.6	Estado de las protecciones eléctricas.....	185
Tabla 3.7	Estado de la pantalla principal.....	186
Tabla 3.8	Estado de las pantallas de detalle de las variables.....	187
Tabla 3.9	Estado de la pantalla de Set Point.....	188
Tabla 3.10	Estado de la pantalla de alarmas del invernadero.....	188
Tabla 3.11	Estado de la pantalla de históricos.....	189
Tabla 3.12	Mediciones de las variables.....	189
Tabla 3.13	Estado de las acciones de control en modo manual.....	192
Tabla 3.14	Datos de pruebas de ventilación.....	196
Tabla 3.15	Datos de pruebas del riego foliar (antihelada).....	198
Tabla 3.16	Datos de pruebas del riego por goteo.....	200

Tabla 3.17	Datos de pruebas del sistema de calefacción.....	201
Tabla 3.18	Datos de pruebas del sistema de iluminación.....	203
Tabla 3.19	Estado de las acciones de control modo Automático....	206

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Vista exterior de un invernadero.....	3
Figura 1.2	Invernadero plano o tipo parral.....	13
Figura 1.3	Invernadero en Raspa y Amagado.....	16
Figura 1.4	Invernadero Asimétrico o Inacral.....	17
Figura 1.5	Invernadero de Capilla.....	18
Figura 1.6	Invernadero de Doble Capilla.....	20
Figura 1.7	Invernadero Túnel o Semicilíndrico.....	20
Figura 1.8	Invernadero de Cristal o Tipo Vendelo.....	22
Figura 1.9	Sistema de Control Realimentado.....	24
Figura 1.10	Riego por aspersion.....	25
Figura 1.11	Riego con difusores.....	26
Figura 1.12	Riego por goteo.....	27
Figura 1.13	Riego Subterráneo.....	28
Figura 1.14	Histéresis.....	38
Figura 1.15	Conexión de un divisor de tensión.....	40
Figura 1.16	Conexión del puente de Wheatstone.....	41
Figura 1.17	Efecto Seebeck.....	46
Figura 1.18	Diferentes tipos de termocuplas.....	46
Figura 1.19	Sensores RTD con blindaje.....	48
Figura 1.20	Sensores de humedad.....	49
Figura 1.21	Principio de funcionamiento de los sensores de humedad del suelo.....	50
Figura 1.22	Sensor de humedad del suelo variando la capacitancia.....	51
Figura 1.23	Anemómetro de molinete.....	52
Figura 1.24	Sensor de luminosidad.....	53
Figura 1.25	Funcionamiento del sensor infrarrojo.....	54

Figura 1.26	Actuadores electrónicos.....	56
Figura 1.27	Actuadores hidráulicos.....	57
Figura 1.28	Actuadores neumáticos.....	58
Figura 1.29	Actuadores eléctricos.....	58
Figura 1.30	Controlador lógico programable.....	59
Figura 1.31	PLC con sus periféricos y unidad de alimentación.....	63
Figura 1.32	Red AS-i en la pirámide de control.....	71
Figura 1.33	Topologías de Red.....	73
Figura 1.34	Maestro AS-i.....	74
Figura 1.35	Esclavo AS-i.....	75
Figura 1.36	Cable AS-i.....	76
Figura 1.37	Fuente de Alimentación AS-i.....	77
Figura 1.38	Instalación de módulos AS-i.....	79
Figura 1.39	Repetidor AS-i.....	81
Figura 1.40	Terminal de Direccionamiento AS-i.....	82
Figura 1.41	Elementos de un Sistema SCADA.....	86
Figura 2.1	Siemens Simatic S7-200 CPU 226.....	90
Figura 2.2	Sensor final de carrera.....	91
Figura 2.3	Sensor PT100 con vaina y cabezal.....	93
Figura 2.4	Transmisor SITRANS TH100.....	94
Figura 2.5	Transmisor DWYER 657-1.....	96
Figura 2.6	Diagrama de conexionado del transmisor DWYER 657-1.....	96
Figura 2.7	Sensor de CO <sub>2</sub> AIRSENSE modelo 310E.....	98
Figura 2.8	Esquema de la localización de componentes de AIRSENSE modelo 310E.....	100
Figura 2.9	Anemómetro DAVIS 7911.....	101
Figura 2.10	Esquema interno y conexionado del Anemómetro DAVIS 7911.....	101
Figura 2.11	Sensor de humedad del suelo WATERMARK W5SS...	103

Figura 2.12	Instalación del sensor de humedad del suelo WATERMARK W5SS.....	106
Figura 2.13	Instalación de dos sensores de humedad a distinta profundidad.....	107
Figura 2.14	Sensores fotoeléctricos.....	107
Figura 2.15	Fotorresistencia.....	108
Figura 2.16	Motor Universal.....	109
Figura 2.17	Reductor de velocidad.....	111
Figura 2.18	Electrobomba de agua HIDROS QB-60.....	112
Figura 2.19	Electroválvula BERMAD Serie 390-2.....	114
Figura 2.20	Electroválvula GENEBRE 4030-31.....	115
Figura 2.21	Contactador industrial de 120 VAC.....	117
Figura 2.22	Guardamotor industrial.....	119
Figura 2.23	Interruptor termomagnético industrial.....	121
Figura 2.24	Circuito de acondicionamiento (señal 1 – 5v).....	124
Figura 2.25	Convertor de Voltaje/Corriente.....	125
Figura 2.26	Circuito de acondicionamiento (señal 1 – 5v).....	126
Figura 2.27	Convertor de Voltaje/Corriente.....	127
Figura 2.28	Circuito de acondicionamiento (señal 1 – 5v).....	128
Figura 2.29	Convertor de Voltaje/Corriente.....	129
Figura 2.30	Selector de modo mediante tablero de control.....	130
Figura 2.31	Selector de modo mediante HMI.....	130
Figura 2.32	Ubicación del sensor de temperatura.....	132
Figura 2.33	Ubicación de sensores de humedad del suelo.....	132
Figura 2.34	Ubicación del sensor de humedad relativa.....	133
Figura 2.35	Ubicación del sensor de CO <sub>2</sub> .....	134
Figura 2.36	Ubicación del sensor de luminosidad.....	135
Figura 2.37	Diagrama de bloques del sistema.....	136
Figura 2.38	Sistema de riego.....	138
Figura 2.39	Riego por goteo.....	140
Figura 2.40	Riego Foliar (Antihelada).....	141

Figura 2.41	Lenguajes de programación STEP 7 MicroWIN.....	143
Figura 2.42	Diagrama de flujo del sistema de control.....	144
Figura 2.43	Iniciar Asistente AS-i.....	149
Figura 2.44	Selección de configuración de esclavos AS-i.....	149
Figura 2.45	Configuración de esclavos digitales.....	150
Figura 2.46	Configuración de esclavos analógicos.....	150
Figura 2.47	Software PC Access.....	151
Figura 2.48	Crear nueva aplicación en PC Access.....	152
Figura 2.49	Crear nuevo PLC.....	152
Figura 2.50	Crear nueva carpeta.....	153
Figura 2.51	Crear nuevo Ítem.....	153
Figura 2.52	Parámetros de la variable.....	154
Figura 2.53	Ventana de configuración de Tepic.....	156
Figura 2.54	Selección de la dirección de las variables.....	157
Figura 2.55	Ventana principal de OPCTag Creator.....	158
Figura 2.56	Ventana de configuración de parámetros.....	158
Figura 2.57	Pantalla de inicio.....	160
Figura 2.58	Pantalla principal.....	162
Figura 2.59	Pantalla de Temperatura.....	163
Figura 2.60	Pantalla de Humedad.....	164
Figura 2.61	Pantalla de CO <sub>2</sub> .....	165
Figura 2.62	Pantalla de luminosidad.....	166
Figura 2.63	Pantalla de Valores Set Point.....	166
Figura 2.64	Pantalla de alarmas.....	167
Figura 2.65	Históricos del sistema.....	168
Figura 3.1	Circuito de prueba sensor de temperatura.....	170
Figura 3.2	Curva de pruebas del sensor de temperatura.....	171
Figura 3.3	Circuito de prueba sensor de humedad relativa.....	172
Figura 3.4	Circuito de prueba sensores de humedad del suelo....	172
Figura 3.5	Circuito de prueba sensor CO <sub>2</sub> .....	173

Figura 3.6	Circuito de prueba sensor de luminosidad.....	174
Figura 3.7	Circuito de prueba sensor dirección del viento.....	174
Figura 3.8	Representación de orientaciones y valores de salida...	175
Figura 3.9	Circuito de prueba motor ventana 1, 2 y riego foliar.....	176
Figura 3.10	Circuito de prueba motor puerta.....	176
Figura 3.11	Circuito de prueba electroválvula.....	177
Figura 3.12	Curva generada de pruebas de sistema de calefacción.....	178
Figura 3.13	Circuito de prueba bomba.....	179
Figura 3.14	Circuito de prueba luces.....	179
Figura 3.15	Comunicación STEP 7 MicroWIN - PLC S7-200.....	180
Figura 3.16	Comunicación del PLC - OPC S7-200 PC Access.....	181
Figura 3.17	Comunicación Servidor S7-200 PC Access – OPC Link.....	182
Figura 3.18	Prueba de comunicación InTouch - PLC S7-200.....	182
Figura 3.19	Comunicación red AS-i con los esclavos.....	184
Figura 3.20	Preparación del Terreno.....	190
Figura 3.21	Construcción de las camas.....	190
Figura 3.22	Instalación del riego por goteo.....	191
Figura 3.23	Siembra de rosas.....	191
Figura 3.24	Botón paro de emergencia.....	193
Figura 3.25	Selector modo manual o modo automático.....	193
Figura 3.26	Control de la puerta.....	194
Figura 3.27	Prueba de puerta.....	194
Figura 3.28	Control de ventanas.....	195
Figura 3.29	Prueba de ventanas.....	195
Figura 3.30	Resultados de las pruebas de ventilación.....	196
Figura 3.31	Control de riego foliar.....	197
Figura 3.32	Prueba del riego foliar.....	197
Figura 3.33	Resultados de las pruebas del riego foliar (antihelada)	198
Figura 3.34	Control de riego por goteo.....	199

Figura 3.35	Prueba del riego por goteo.....	199
Figura 3.36	Resultados de las pruebas del riego por goteo.....	200
Figura 3.37	Control de calefactor.....	201
Figura 3.38	Resultados de las pruebas del sistema de calefacción	202
Figura 3.39	Control de luces.....	202
Figura 3.40	Prueba del sistema de iluminación.....	203
Figura 3.41	Resultados de las pruebas del sistema de iluminación	204
Figura 3.42	Prueba del modo automático.....	205

## INTRODUCCIÓN

En las instalaciones de la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, se ha construido un prototipo de invernadero inteligente, el mismo que está equipado con la infraestructura adecuada para realizar acciones de monitoreo y control de diferentes variables climáticas como: humedad, temperatura, niveles de CO<sub>2</sub>, etc. La cuales afectan directamente a la calidad de un cultivo.

El presente proyecto, se ha planteado como objetivo fundamental el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control de los sistemas de ventilación, regadío y antiheladas, que permitan de forma eficaz y eficiente, el sano crecimiento de las rosas y la obtención de un producto final de alta calidad.

En el Capítulo 1 se define los fundamentos teóricos relacionados a: tipos de invernaderos, sistemas de riego, parámetros a considerar en el cultivo de rosas, así como también se explica conceptos relacionados al área de instrumentación como son: sensores, actuadores, PLC, automatización, redes AS-I, sistemas HMI SCADA.

En el Capítulo 2 se presenta una explicación sobre las características de cada uno de los componentes de hardware y de software que se usaron, además se realiza una descripción de los diferentes bloques que forman parte del sistema.

En el capítulo 3 se indica las pruebas que se realizó sobre: sensores, actuadores, comunicación, sistema HMI SCADA y del sistema completo.

Por último en el capítulo 4 se presenta las conclusiones y recomendaciones, obtenidas al finalizar el proyecto.

# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realizará una revisión completa sobre los temas que servirán de base teórica para el desarrollo del proyecto de grado propuesto, para lo cual se ha estructurado el contenido orientado a dos fases importantes.

En primer lugar se ha desarrollado una explicación detallada relacionada a:

- Los conceptos básicos de un invernadero y las múltiples ventajas que conlleva el uso de los mismos en el mejoramiento de la producción de cultivos.
- Seguidamente se describe los distintos tipos de invernaderos que se utilizan en la actualidad y se analizan las ventajas y desventajas que cada uno de ellos presenta, haciendo especial énfasis en el hecho de que el uso de uno u otro tipo de invernadero dependerá en gran medida de la aplicación para la que se lo vaya a utilizar.
- Finalmente, para concluir la primera fase de éste capítulo se habla sobre las principales consideraciones que se debe tener en cuenta cuando se realiza el cultivo de rosas, se establece las condiciones climáticas óptimas para una producción de alta calidad.

La segunda fase del capítulo está dirigida a abordar temas como:

- Los tipos de sensores que existen en la práctica, en función del tipo de señal de salida que se desea obtener y de la magnitud física que se

pretende medir para el tipo de aplicación que propone el presente proyecto.

- Se hace una revisión de los distintos tipos de actuadores que existen en el mercado y su principio de funcionamiento.
- Se habla sobre conceptos de control automático, indicando las distintas partes que componen un lazo de control cerrado, considerando como elementos fundamental los controladores lógicos programables y los principales parámetros de configuración de los mismos.
- Se revisa conceptos sobre redes AS-i y las consideraciones de configuración de las mismas, se realiza además un análisis del papel fundamental e importante que cumplen éste tipo de redes en aplicaciones de automatización de procesos industriales.
- Para finalizar el capítulo, se habla sobre conceptos de sistemas HMI SCADA, sus características principales y se expone su amplio campo de aplicación que tienen a nivel industrial.

## **1.2 INVERNADEROS CONVENCIONALES E INTELIGENTES**

Cada vez más los invernaderos forman parte de procesos productivos que involucran a especies vegetales; tanto en grandes empresas como en el hogar para la producción y exportación.

Hasta hace un tiempo, los invernaderos eran una práctica costosa, que solo se justificaba para cultivos muy valiosos. Hoy, gracias a la existencia en el mercado de nuevos materiales, los invernaderos constituyen una herramienta útil y económica con la cual es posible prolongar los periodos de crecimiento de las plantas en general.

### **1.2.1 DEFINICIONES**

Un invernadero es una estructura simple con una cobertura transparente a la luz, y que a su vez ofrece protección contra algunos factores agresivos del clima, (viento, lluvias, bajas temperaturas) que afectan la existencia de las plantas (Figura 1.1).

Es una construcción especial que sirve para crear y mantener las condiciones ambientales apropiadas para el cultivo y producción de especies vegetales como verduras, rosa, plantas ornamentales o plantines para forestación.

Se define como un invernadero a toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas.



Figura 1.1: Vista exterior de un invernadero

### **1.2.2 ESTRUCTURA DE UN INVERNADERO**

Un invernadero puede estar constituido por diversos materiales, los más comunes son el metal y la madera. Actualmente, el costo entre estos dos

materiales mantiene una relación de 3:1, es decir que una estructura de metal cuesta tres veces más que una de madera.

Con respecto a la vida útil de estas estructuras, la de metal está estimada en 25 años, con un pequeño mantenimiento cada tres años; mientras que en madera podemos esperar una duración de 5 años, con mantenimiento cada dos años.

La estructura del invernadero será uno de los factores más importantes a tener en cuenta, no solo porque mantendrá el invernadero en pie, sino que estará bien montado para captar la mayor parte de energía solar posible, sobre todo en el invierno. Por ello, adecuar la altura del invernadero, la ventilación, y el largo, será parte fundamental al querer generar un invernadero que funcione bien.

Es importante, evaluando la estructura de invernaderos, analizar los elementos con los que se montará, por dos cosas en particular: una de ellas es la utilidad, y fuerza con la cual sostendrán y mantendrán al invernadero en pie y, la segunda, será la vida útil de esta estructura. Por lo tanto algunas veces es necesario, o más práctico, decidirse por utilizar una buena estructura de invernadero, y así después no tener que renegar con algunas estructuras mediocres.

El montar una buena estructura de invernadero, en especial fuerte y duradera, podrá tener un costo alto al principio, pero seguramente se amortizará, debido a que el cuidado será menor y su resistencia hará que el mismo requiera de mucho menos mantenimiento, por lo cual se necesitará menos mano de obra para lograr tenerlo espléndido, y al mismo tiempo menos dinero.

### 1.2.3 CARACTERÍSTICAS DE UN INVERNADERO

Las características ideales de un invernadero están influenciadas principalmente por factores como: el volumen del aire y la posibilidad de mantener de un ambiente adecuado que permita controlar temperaturas extremas. De ellos dependen, en gran medida, el éxito o fracaso de un cultivo. Las características básicas que debe cumplir el diseño de un invernadero son:

- Debe ser aislado termodinámicamente el sistema para detener la convección y la conducción térmica y de esta forma llegar a equilibrar la temperatura del interior del invernadero con la temperatura del ambiente.
- Debe ser capaz de proporcionar una transparencia controlada a dos tipos de radiaciones, por una parte la banda de emisión de radiación solar (280 nm – 2500 nm de longitud de onda) y la banda de emisión de radiación terrestre (5000 nm – 35000 nm de longitud de onda); con el propósito de controlar la temperatura dentro del invernadero. La cubierta de un invernadero debe ser más transparente a la radiación solar entrante y menor a la radiación termal, de esta forma se eleva la temperatura del ambiente.<sup>1</sup>
- Las dimensiones del invernadero, pueden ser variadas, sin embargo existen dimensiones que son recomendadas por diversas investigaciones técnicas.
- El largo del invernadero recomendado, para una explotación a nivel de pequeño agricultor oscila entre 30 y 40 metros.
- El ancho del invernadero, se recomienda aplicar múltiplos de 3 o 3.5 metros, es decir se puede construir invernaderos de: 3, 6, 9, 12 metros; o de: 3.5, 7, 10.5, 14 metros. De todas formas el ancho estará

---

<sup>1</sup> Física de los recubrimientos de los invernaderos

determinado por: las medidas del polietileno, que permita una fácil instalación del mismo, la densidad del cultivo a establecer y el tipo de sistema de riego a emplear.

- Para la mayoría de los cultivos, no se requiere una altura superior a los 3.5 metros, considerando aspectos técnicos referidos a humedad y ventilación. Una altura recomendable puede oscilar entre 3.5 y 2.5 metros en la parte central y de .8 a 2 metros en los laterales. Los invernaderos de mayor altura presentan una masa mayor de aire, por lo que se calientan en forma más lenta durante el día y se enfrían lentamente en la noche, lo que permite otorgar una mayor estabilidad al microclima interno.

#### **1.2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN INVERNADERO**

En los invernaderos existe una serie de ventajas y desventajas que se deben tener presentes al tomar la decisión de construir un invernadero o seguir cultivando a campo abierto, al igual que cuando se están buscando alternativas de inversión en el sector agrícola, ya sea para aumentar la productividad de una empresa establecida o al iniciar una nueva.

##### **a. VENTAJAS**

En cuanto a las ventajas que presenta el crecimiento de plantas cultivadas bajo invernaderos, respecto al cultivo de las mismas a campo abierto, a continuación señalamos algunas de las más relevantes.

##### **a.1 INTENSIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

Los invernaderos son estructuras que ayudan a intensificar la producción agrícola, al establecer las condiciones apropiadas para acelerar el desarrollo de los cultivos y permitir mayor cantidad de planta por unidad

de superficie que la que se puede establecer a campo abierto. Aspecto de relevancia para considerar a los invernaderos como elementos de la agricultura intensiva. Sobre todo cuando poseen un sistema de control climático; temperatura iluminación y humedad relativa, para el buen desarrollo de los cultivos.

## **a.2 POSIBILIDAD DE CULTIVAR TODO EL AÑO**

Los invernaderos, diseñados, construidos y equipados considerando las condiciones ambientales del lugar donde se ubican, de acuerdo a las necesidades de los cultivos y con un buen manejo, permiten el desarrollo de los cultivos en cualquier época del año, así como la obtención de dos o más ciclos de cultivo al año, dependiendo de la especie.

## **a.3 OBTENCIÓN DE PRODUCTOS FUERA DE TEMPORADA**

De acuerdo con lo anterior, un invernadero permite obtener productos agrícolas fuera de la temporada de producción a campo abierto, con las ventajas de mercado y precio que ello representa. Dando seguridad en el abasto continuo con productos de excelente calidad y la confianza de poder cumplir compromisos con clientes exigentes, así como la seguridad de cumplir con las normas de calidad establecidas para la exportación de productos agrícolas.

## **a.4 PRODUCCIÓN EN REGIONES CON CONDICIONES LIMITADAS**

Los invernaderos permiten la obtención de cultivos en regiones donde el clima no es el apropiado para el establecimiento de los mismos. Por ejemplo, la producción de frutas tropicales con alto valor comercial en zonas templadas, la producción de tomate en zonas frías cercanas a los centros de consumo, para aprovechar la ventaja de la ubicación del

mercado, el desarrollo de cultivos en zonas poco favorecidas climáticamente como las zonas áridas, donde se presentan variaciones drásticas de temperaturas que afectan la producción y en ocasiones son letales para los cultivos a campo abierto.

#### **a.5 AUMENTO DE RENDIMIENTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE**

Los rendimientos de los cultivos bajo invernadero directamente en el suelo aumentan de 2 a 3 veces, comparados con los cultivos a campo abierto. Utilizando sustratos y sistemas hidropónicos, los rendimientos pueden ser varias veces superiores a los obtenidos en el campo. La productividad, puede llegar a ser hasta 10 veces superior a la obtenida a campo abierto con los sistemas convencionales de mecanización y riego. Este aumento se explica por varias razones, como:

- Al establecer una mayor cantidad de plantas por unidad de superficie que a campo abierto, se obtiene mayor cantidad de producto.
- Las plantas se desarrollan en un ambiente protegido contra los efectos negativos de los factores ambientales presentes en el exterior del invernadero.
- El ambiente controlado dentro de un invernadero proporciona las condiciones apropiadas para un rápido crecimiento, acelerando el desarrollo de los cultivos.
- Se puede controlar la densidad de población, la cantidad, el tamaño y la calidad del producto, mediante podas de ramas, brotes y frutos. Se puede ejecutar un buen manejo del cultivo en cuanto a nutrimentos, disponibilidad de humedad y control de patógenos.

#### **a.6 OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DE ALTA CALIDAD**

Los productos obtenidos en invernadero son de mejor calidad y tiene mejor presentación que los obtenidos al aire libre, ya que no están sometidos a los daños ocasionados por las inclemencias ambientales como las lluvias, el granizo, las heladas y los vientos. Con un buen sistema de riego y drenaje se evitan los problemas de estrés del cultivo provocado por sequías e inundaciones. Una nutrición apropiada proporciona a las plantas todos los elementos necesarios para su óptimo crecimiento, desarrollando tejidos tiernos, suaves, de buen color y sabor.

#### **a.7 MENOR RIESGO EN LA PRODUCCIÓN**

Como estructuras para proteger los cultivos, los invernaderos permiten el desarrollo de los mismos con pocos riesgos para la producción. A diferencia de los cultivos al aire libre donde están expuestos a las variaciones ambientales y dependen en mucho de la aleatoriedad de los factores naturales.

#### **a.8 USO MÁS EFICIENTE DEL AGUA E INSUMOS**

Con la instalación de sistemas de riego localizados o de precisión como el riego por goteo, micro aspersion, aspersion y nebulización, el uso de agua dentro del invernadero es más eficiente que en otros sistemas. Igualmente se abaten los costos de la fertilización al usar la fertirrigación e hidroponía, técnicas que permiten dar los elementos esenciales para los cultivos disueltos en el agua, con la ventaja de aportar a las plantas las cantidades de fertilizantes necesarias para su crecimiento en cada una de las etapas de su desarrollo.

### **a.9 CONTROL DE PLAGAS, MALEZAS Y ENFERMEDADES**

Un invernadero bien construido facilita el control de los patógenos, las malezas y plagas. El cultivo en invernaderos facilita los tratamientos preventivos y permite realizar una programación adecuada para el control de parásitos y enfermedades empleando métodos de control integrales con mayor efectividad que en los cultivos a campo abierto.

### **a.10 COMODIDAD Y SEGURIDAD PARA REALIZAR EL TRABAJO**

Bajo la cubierta del invernadero es posible trabajar jornadas completas sin importar el tiempo prevaleciente en el exterior dando seguridad en la realización de todas las actividades programadas, sin los retrasos a que se expone la programación de actividades en los cultivos al aire libre por el mal tiempo ocasionado por lluvias, nevadas o vientos.

### **a.11 CONDICIONES IDÓNEAS PARA ENSAYOS E INVESTIGACIÓN**

Los invernaderos, principalmente aquellos que cuentan con control automático de variables ambientales, permiten estudiar el comportamiento de los elementos de la producción sin que estos se vean sometidos a la influencia distorsionante de los factores climáticos.

Es posible estudiar el potencial productivo, de acuerdo con la información genética, de las especies cultivadas y determinar los factores óptimos para su desarrollo. Este aspecto cobra relevancia en las escuelas de agronomía e institutos dedicados a llevar a cabo investigaciones sobre el desarrollo y comportamiento de las plantas y cultivos agrícolas.

## **b. DESVENTAJAS**

La construcción y manejo de invernaderos presenta algunos inconvenientes o desventajas que se deben tener presentes antes de emprender la empresa de construir o comprar un invernadero y así estar preparados para enfrentar o minimizar los efectos negativos. Entre los más importantes están:

### **b.1 INVERSIÓN INICIAL ALTA**

La primera desventaja consiste en los costos. La construcción de invernaderos representa una inversión relativamente alta, que en la actualidad sólo se justifica para cultivos altamente redituables como algunas hortalizas, especies ornamentales y algunos frutales. No son recomendables, por el momento, para los cultivos básicos o de poco valor comercial.

### **b.2 ALTO NIVEL DE ESPECIALIZACIÓN Y CAPACITACIÓN**

El cultivo y manejo de plantas en invernadero dependen por completo del hombre, más si se emplean sistemas hidropónicos y se cultiva en sustratos, por ello es necesaria una capacitación apropiada de productores, técnicos y trabajadores para un mejor desarrollo de sus funciones. Así mismo se requiere de una especialización empresarial para comercializar los productos, recuperar la inversión inicial y hacer la empresa rentable.

### **b.3 ALTOS COSTOS DE PRODUCCIÓN**

Los gastos de operación y algunos de los costos de insumos, como semillas y fertilizantes, son más altos que los mismos productos utilizados

en cultivos a campo abierto en la misma superficie. Sin embargo, los rendimientos obtenidos bajo los invernaderos son mayores si el cultivo se atiende bien, situación que permite obtener mayores ganancias por unidad de superficie.

#### **b.4 ATAQUE DE AGENTES PATÓGENOS**

Así como los invernaderos propician condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos, también aportan las condiciones ideales para la proliferación de enfermedades y el desarrollo de plagas, que de no controlarse pueden acabar con la producción.

#### **b.5 DEPENDENCIA DEL MERCADO**

La mayoría de los productos agrícolas, principalmente las hortalizas y flores son altamente perecederos, por lo que se requiere tener un mercado seguro para su venta. Ello conlleva saber los gustos y preferencias de los consumidores.

### **1.2.5 TIPOS DE INVERNADEROS**

Según la conformación estructural, los invernaderos se pueden clasificar en:

- Planos o tipo parral.
- Tipo raspa y amagado.
- Asimétricos.
- Capilla (a dos aguas, a un agua)
- Doble capilla
- Tipo túnel o semicilíndrico.
- De cristal o tipo Venlo.

### a. INVERNADERO PLANO O TIPO PARRAL

Este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas, aunque no es aconsejable su construcción (Figura 1.2). La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal.



Figura 1.2: Invernadero plano o tipo parral.

- Estructura vertical: La estructura vertical está constituida por soportes rígidos que se pueden diferenciar según sean perimetrales (soportes de cerco situados en las bandas y los esquineros) o interiores (pies derechos).

Los pies derechos intermedios suelen estar separados unos 2 m en sentido longitudinal y 4m en dirección transversal, aunque también se presentan separaciones de 2x2 y 3x4.

Los soportes perimetrales tienen una inclinación hacia el exterior de aproximadamente  $30^\circ$  con respecto a la vertical y junto con los vientos que sujetan su extremo superior sirven para tensar las cordadas de alambre de la cubierta.

Estos apoyos generalmente tienen una separación de 2 m aunque en algunos casos se utilizan distancias de 1,5 m. Tanto los apoyos

exteriores como interiores pueden ser rollizos de pino o eucalipto y tubos de acero galvanizado.

- Estructura horizontal: La estructura horizontal está constituida por dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, implantadas manualmente de forma simultánea a la construcción del invernadero y que sirven para portar y sujetar la lámina de plástico.

Los invernaderos planos tienen una altura de cubierta que varía entre 2,15 y 3,5m y la altura de las bandas oscila entre 2 y 2,7 m. Los soportes del invernadero se apoyan en bloques troncos piramidales prefabricados de hormigón colocados sobre pequeños pozos de cimentación.

#### **a.1 VENTAJAS**

- Su economía de construcción.
- Su gran adaptabilidad a la geometría del terreno.
- Mayor resistencia al viento.
- Aprovecha el agua de lluvia en periodos secos.
- Presenta una gran uniformidad luminosa.

#### **a.2 DESVENTAJAS**

- Poco volumen de aire.
- Mala ventilación.
- La instalación de ventanas cenitales es bastante difícil.
- Demasiada especialización en su construcción y conservación.
- Rápido envejecimiento de la instalación.
- Poco o nada aconsejable en los lugares lluviosos.

- Peligro de hundimiento por las bolsas de agua de lluvia que se forman en la lámina de plástico.
- Peligro de destrucción del plástico y de la instalación por su vulnerabilidad al viento.
- Difícil mecanización y dificultad en las labores de cultivo por el excesivo número de postes, alambre de los vientos, piedras de anclaje, etc.
- Poco estanco al goteo del agua de lluvia y al aire ya que es preciso hacer orificios en el plástico para la unión de las dos mallas con alambre, lo que favorece la proliferación de enfermedades fúngicas.

#### **b. INVERNADERO EN RASPA Y AMAGADO**

Su estructura es muy similar al tipo parral pero varía la forma de la cubierta. Se aumenta la altura máxima del invernadero en la cumbre, que oscila entre 3 y 4,2 m, formando lo que se conoce como raspa.

En la parte más baja, conocida como amagado, se unen las mallas de la cubierta al suelo mediante vientos y horquillas de hierro que permite colocar los canalones para el desagüe de las aguas pluviales. La altura del amagado oscila de 2 a 2,8 m, la de las bandas entre 2 y 2,5 m.

La separación entre apoyos y los vientos del amagado es de 2x4 y el ángulo de la cubierta oscila entre 6 y 20°, siendo este último el valor óptimo. La orientación recomendada es en dirección este-oeste (Figura 1.3).



Figura 1.3: Invernadero en Raspa y Amagado.

### **b.1 VENTAJAS**

- Su economía.
- Tiene mayor volumen unitario y por tanto una mayor inercia térmica que aumenta la temperatura nocturna con respecto a los invernaderos planos.
- Presenta buena estanqueidad a la lluvia y al aire, lo que disminuye la humedad interior en periodos de lluvia.
- Presenta una mayor superficie libre de obstáculos.
- Permite la instalación de ventilación cenital situada a sotavento, junto a la arista de la cumbrera.

### **b.2 DESVENTAJAS**

- Diferencias de luminosidad entre la vertiente sur y la norte del invernadero.
- No aprovecha las aguas pluviales.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Al tener mayor superficie desarrollada se aumentan las pérdidas de calor a través de la cubierta.

### **c. INVERNADERO ASIMÉTRICO O INACRAL**

Difiere de los tipo raspa y amagado en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar. Para ello el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del sol, como se muestra en la figura 1.4. La inclinación de la cubierta debe ser aquella que permita que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta al mediodía solar durante el solsticio de invierno, época en la que el sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo deberá ser próximo a  $60^\circ$  pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se han tomado ángulo comprendidos entre los  $8$  y  $11^\circ$  en la cara sur y entre los  $18$  y  $30^\circ$  en la cara norte. La altura máxima de la cumbrera varía entre  $3$  y  $5$  m, y su altura mínima de  $2,3$  a  $3$  m. La altura de las bandas oscila entre  $2,15$  y  $3$  m. La separación de los apoyos interiores suele ser de  $2 \times 4$  m.



Figura 1.4: Invernadero Asimétrico o Inacral

#### **c.1 VENTAJAS**

- Buen aprovechamiento de la luz en la época invernal.
- Su economía.
- Elevada inercia térmica debido a su gran volumen unitario.
- Es estanco a la lluvia y al aire.

- Buena ventilación debido a su elevada altura.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento.

### **c.2 DESVENTAJAS**

- No aprovecha el agua de lluvia.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Tiene más pérdidas de calor a través de la cubierta debido a su mayor superficie desarrollada en comparación con el tipo plano.

### **d. INVERNADERO DE CAPILLA**

Los invernaderos de capilla simple tienen la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. La anchura que suele darse a estos invernaderos es de 12 a 16 metros. La altura en cumbre está comprendida entre 3,25 y 4 metros. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a  $25^\circ$  no ofrecen inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia.

La ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación (Figura 1.5).



Figura 1.5: Invernadero de Capilla

#### **d.1 VENTAJAS**

- Es de fácil construcción y de fácil conservación.
- Es muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta.
- La ventilación vertical en paredes es muy fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización sencilla. También resulta fácil la instalación de ventanas cenitales.
- Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia.
- Permite la unión de varias naves en batería.

La principal desventaja que presenta el invernadero tipo capilla, es que la ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación.

#### **e. INVERNADERO DE DOBLE CAPILLA**

El invernadero de doble capilla mostrado en la figura 1.6 está formado por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital que tienen en cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y suele ponerse en ellas malla mosquitera. Además también poseen ventilación vertical en las paredes frontales y laterales.

La principal desventaja que presenta este tipo de invernadero, es que no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y costosa que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas.

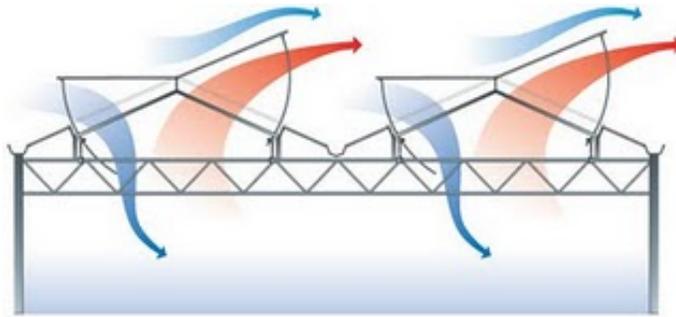


Figura 1.6: Invernadero de Doble Capilla

#### f. INVERNADERO TÚNEL O SEMICILÍNDRICO

El invernadero tipo túnel mostrado en la figura 1.7 se caracteriza por la forma de su cubierta semicilíndrica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas.

Los soportes son de tubos de hierro galvanizado y tienen una separación interior de 5x8 o 3x5 m. La altura máxima de este tipo de invernaderos oscila entre 3,5 y 5 m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2,5 a 4 m. El ancho de estas naves está comprendido entre 6 y 9 m y permiten el adosamiento de varias naves en batería. La ventilación es mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero.



Figura 1.7: Invernadero Túnel o Semicilíndrico.

### **f.1 VENTAJAS**

- Estructuras con pocos obstáculos en su estructura.
- Buena ventilación.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento y facilita su accionamiento mecanizado.
- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
- Fácil instalación.

### **f.2 DESVENTAJAS**

- Elevado costo.
- No aprovecha el agua de lluvia.

### **g. INVERNADERO DE CRISTAL O TIPO VENDELO**

Este tipo de invernadero, también llamado Venlo, es de estructura metálica prefabricada con cubierta de vidrio y se emplean generalmente en el Norte de Europa (Figura 1.8).

El techo de este invernadero industrial está formado por paneles de vidrio que descansan sobre los canales de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales. La anchura de cada módulo es de 3,2 m. Desde los canales hasta la cumbrera hay un solo panel de vidrio de una longitud de 1,65 m y anchura que varía desde 0,75 m hasta 1,6 m.

La separación entre columnas en la dirección paralela a las canales es de 3m. En sentido transversal está separado 3,2 m si hay una línea de columnas debajo de cada canal, o 6,4 m si se construye algún tipo de viga en celosía.



Figura 1.8: Invernadero de Cristal o Tipo Vendelo.

La principal ventaja es que posee buena estanqueidad lo que facilita una mejor climatización de los invernaderos.

#### **g.1 DESVENTAJAS**

- La abundancia de elementos estructurales implica una menor transmisión de luz.
- Su elevado costo.
- Naves muy pequeñas debido a la complejidad de su estructura.

#### **1.2.6 INVERNADERO INTELIGENTE**

En un invernadero inteligente se creará un espacio con el microclima apropiado para el óptimo desarrollo de una planta específica, por lo tanto, con el objeto de obtener la temperatura, la humedad relativa y la luminosidad del ambiente y con su posterior corrección se puede alcanzar alta productividad, en cualquier época del año, alargar el ciclo de cultivo, a bajo costo, en menos tiempo, con menor impacto ambiental, protegiéndolos de las lluvias, el granizo, las heladas o los excesos de viento que pudieran perjudicar el cultivo.

Un invernadero inteligente es aquel que mediante sensores, actuadores y software, pueden controlar todas las variables sin la intervención del hombre, logrando una producción más eficiente que la de un invernadero normal.

#### **a. VARIABLES DE CONTROL EN UN INVERNADERO INTELIGENTE**

Un invernadero inteligente es aquel que puede controlar automáticamente sus variables y modificarlas para poder tener el mayor rendimiento y un resultado óptimo a la hora de cultivar. Las variables son:

- Humedad
- Luz
- Riego
- Ventilación
- Temperatura
- Circulación de aire

#### **b. SISTEMA DE CONTROL CLIMÁTICO**

Para controlar el microclima en el interior de un invernadero se utiliza un sistema de control realimentado (Figura 1.9), que se compone de cuatro partes fundamentales:

- Proceso: Variable a controlar (Ej. Temperatura).
- Sistema de medida o elementos que realizan una estimación del valor de la variable a controlar y las demás variables que necesite el controlador (Ej. Sensor de temperatura).
- Controlador: Sistema que compara el valor actual de la variable a controlar con el valor deseado de ésta y toma las decisiones oportunas para que la diferencia entre estos dos valores sea nula. (Ej.

Computador y herramienta informática que controlen las variaciones de temperatura).

- Actuadores: Son los dispositivos al que el controlador ordena funcionar para mantener a la variable en los límites deseados. (Ej. Ventilación, calefacción, etc.).

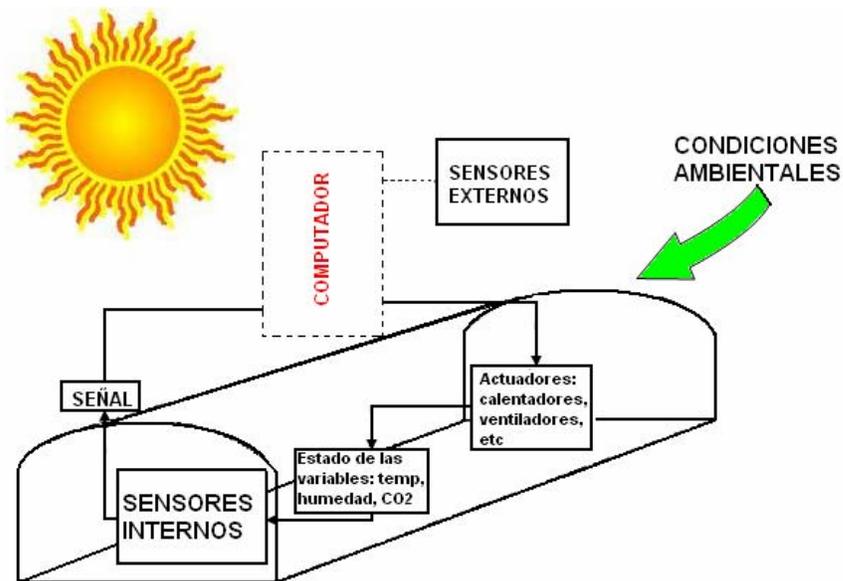


Figura 1.9: Sistema de Control Realimentado.

En un invernadero, se deben controlar todas las variables simultáneamente, climáticas y no climáticas; internas y externas al invernadero. Por tanto, al controlador deben llegar las señales de todos los sensores que miden las variables.

Una vez que el controlador recibe las señales procedentes de los sensores que le informan sobre el estado de las variables, comprueba que éstas se encuentren en los límites permitidos y da las órdenes oportunas a los actuadores para alcanzar el estado global deseado. Si una de las variables no se encuentra dentro de su intervalo permitido da el orden al actuador correspondiente para que actúe en consecuencia.

### 1.3 SISTEMAS DE RIEGO

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

#### 1.3.1 RIEGO CON ASPERSORES

Los aspersores mostrados en la figura 1.10, por lo general tienen un alcance superior a 6 m., es decir, son capaces de repartir el agua de 6 metros en adelante, según tengan más o menos presión y el tipo de boquilla. Los aspersores se dividen en:

- Emergentes: Se levantan del suelo cuando se abre el riego y cuando el riego de detiene, los aspersores se retraen.
- Móviles. Se acoplan al extremo de una manguera y se van pinchando y moviendo de un lugar a otro.



Figura 1.10: Riego por aspersion

### 1.3.2 RIEGO CON DIFUSORES

Son similares a los aspersores pero más pequeños. Reparten el agua a una distancia de entre 2 y 5 metros, según la presión y la boquilla que se utilice (Figura 1.11). El alcance se puede modificar abriendo o cerrando un tornillo que llevan muchos modelos en la cabeza del difusor. Se utilizan para zonas más estrechas. Por tanto, los aspersores para regar superficies mayores de 6 metros y los difusores para superficies pequeñas. Los difusores siempre son emergentes.



Figura 1.11: Riego con difusores

### 1.3.3 RIEGO POR GOTEO

Consiste en aportar el agua de manera localizada justo al pie de cada planta (Figura 1.12). Se encargan de ello los goteros o emisores. Estos pueden ser:

- Integrados en la propia tubería.
- De botón, que se pinchan en la tubería.

Lo goteros que se pinchan resulta más prácticos para jardineras o zonas donde las plantas estén más desperdigadas y se pincha en el lugar donde se necesiten. El riego por goteo tiene las siguientes ventajas:

- Ahorro de agua.

- Se mantiene un nivel de humedad en el suelo constante, sin encharcamiento.
- Se pueden usar aguas ligeramente salinas, ya que la alta humedad mantiene las sales más diluidas. Si se usa agua salina, hay que aportar una cantidad extra de agua para lavar las sales a zonas más profundas por debajo de las raíces.
- Con el riego por goteo se puede aplicar fertilizantes disueltos y productos fitosanitarios directamente a la zona radicular de las plantas.



Figura 1.12: Riego por goteo

El inconveniente más típico cuando se utiliza el riego por goteo, es que los emisores se atascan fácilmente, especialmente por la cal del agua. Se debe realizar un buen filtrado, si el agua es de pozo.

#### **1.3.4 RIEGO SUBTERRÁNEO**

El riego subterráneo es uno de los métodos más modernos. Se está usando incluso para césped en lugar de aspersores y difusores en pequeñas superficies enterrando un entramado de tuberías (Figura 1.13).



Figura 1.13: Riego Subterráneo

Este sistema de riego consiste en tuberías perforadas que se entierran en el suelo a una determinada profundidad, entre 5 y 50 cm. Según sea la planta a regar (hortalizas menos enterradas que árboles) y si el suelo es más arenoso o arcilloso. Entre las principales ventajas de este sistemas se tienen las siguientes:

- Menos pérdida de agua por no estar expuesto al aire.
- Menos maleza porque la superficie se mantiene seca.
- Más estética.
- Permite el empleo de aguas residuales depuradas sin la molestia de malos olores.
- Aumenta la duración de las tuberías por no ser expuestas al sol.
- Se evitan problemas de vandalismo.

En el riego subterráneo el principal inconveniente y que hace que haya que estudiar bien antes de su instalación, es que se atascan los puntos de salida del agua. En particular, por la cal. Si se dispone de agua caliza, no se recomienda el uso de este sistema.

## **1.4 CULTIVO DE ROSAS**

La rosa era considerada como símbolo de belleza por babilonios, sirios, egipcios, romanos y griegos. Aproximadamente 200 especies botánicas de rosas son nativas del hemisferio norte, aunque no se conoce la cantidad real debido a la existencia de poblaciones híbridas en estado silvestre.

Las primeras rosas cultivadas eran de floración estival, hasta que posteriores trabajos de selección y mejora realizados en oriente sobre algunas especies, fundamentalmente *Rosa gigantea* y *Rosa chinensis* dieron como resultado la "rosa de té" de carácter refloreciente. Esta rosa fue introducida en occidente en el año 1793 sirviendo de base a numerosos híbridos creados desde esta fecha.

### **1.4.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA**

Las flores más vendidas en el mundo son, en primer lugar, las rosas seguidas por los crisantemos, tercero los tulipanes, cuarto los claveles y en quinto lugar los liliun. Ninguna flor ornamental ha sido y es tan estimada como la rosa. A partir de la década de los 90 su liderazgo se ha consolidado debido principalmente a una mejora de las variedades, ampliación de la oferta durante todo el año y a su creciente demanda. Sus principales mercados de consumo son Europa, Alemania, Estados Unidos y Japón.

Los países Sudamericanos han incrementado en los últimos años su producción, destacando, México, Colombia y Ecuador. La producción se desarrolla igualmente en África del Este: Zimbabwe y Kenia.

Las cualidades deseadas de las rosas para corte, según los gustos y exigencias del mercado en cada momento, son:

- Tallo largo y rígido: 50 - 70 cm, según zonas de cultivo.
- Follaje verde brillante.
- Flores: apertura lenta, buena conservación en florero.
- Buena floración (rendimiento por pie o por m<sup>2</sup>).
- Buena resistencia a las enfermedades.
- Posibilidad de ser cultivados a temperaturas más bajas, en invierno.
- Aptitud para el cultivo sin suelo.

Clasificación de los principales cultivares:

- Rojas (40-60% de la demanda): First Red, Dallas, Royal Red, Grand Gala, Koba, Red Velvet.
- Rosas (20-40% de la demanda): Anna, Noblesse, Vivaldi, Sonia, Omega, Versilia.
- Amarillas: Golden Times, Texas, Starlite, Live,
- Cocktail 80.
- Naranjas: Pareo.
- Blancas: Virginia, Tineke, Ariana.
- Bicolores: Candia, Simona, Prophyta, La Minuette.

Multiflores (spray): Mini (diferentes colores), Golden Mini, Lidia (rosa), Nikita (rosa).

#### **1.4.2 PROPAGACIÓN DE CULTIVOS**

La propagación se puede llevar a cabo por semillas, estacas, injertos de varetas e injertos de yema, aunque es este último el método más empleado a nivel comercial.

La reproducción por semillas está limitada a la obtención de nuevos cultivares.

Las estacas se seleccionan a partir de vástagos florales a los que se ha permitido el desarrollo completo de la flor para asegurar que el brote productor de flores es del tipo verdadero. Además, los brotes sin flor son menos vigorosos, por lo que poseen menos reservas para el enraizamiento.

### **1.4.3 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS**

Para el cultivo de rosas es importante tener en cuenta los factores climáticos óptimos para el desarrollo de las plantas, ya que esto afecta directamente en su crecimiento y calidad de producción.

#### **a. TEMPERATURA**

Para la mayoría de los cultivares de rosa, las temperaturas óptimas de crecimiento son de 17°C a 25°C, con una mínima de 15°C durante la noche y una máxima de 28°C durante el día. Pueden mantenerse valores ligeramente inferiores o superiores durante períodos relativamente cortos sin que se produzcan serios daños, pero una temperatura nocturna continuamente por debajo de 15°C retrasa el crecimiento de la planta, produce flores con gran número de pétalos y deformes. Temperaturas excesivamente elevadas también dañan la producción, apareciendo flores más pequeñas de lo normal, con escasos pétalos y de color más cálido.

#### **b. ILUMINACIÓN**

El índice de crecimiento para la mayoría de los cultivares de rosa sigue la curva total de luz a lo largo del año. Una práctica muy utilizada en Holanda consiste en una irradiación durante 16 horas, pues de este modo mejora la producción invernal en calidad y cantidad. No obstante, a pesar de tratarse de una planta de día largo, es necesario el sombreado u

oscurecimiento durante el verano e incluso la primavera y el otoño, dependiendo de la climatología del lugar, ya que elevadas intensidades luminosas van acompañadas de un calor intenso. Se ha comprobado que en lugares con días nublados y nevadas durante el invierno, podría ser ventajosa la iluminación artificial de las rosas, debido a un aumento de la producción, aunque siempre hay que estudiar los aspectos económicos para determinar la rentabilidad.

### **c. VENTILACIÓN Y ENRIQUECIMIENTO EN CO<sub>2</sub>**

En muchas zonas las temperaturas durante las primeras horas del día son demasiado bajas para ventilar y, sin embargo, los niveles de CO<sub>2</sub> son limitantes para el crecimiento de la planta. Bajo condiciones de invierno en climas fríos donde la ventilación diurna no es económicamente rentable, es necesario aportar CO<sub>2</sub> para el crecimiento óptimo de la planta, elevando los niveles a 1.000 ppm. Del mismo modo, si el cierre de la ventilación se efectúa antes del atardecer, a causa del descenso de la temperatura, los niveles de dióxido de carbono siguen reduciéndose debido a la actividad fotosintética de las plantas.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que las rosas requieren una humedad ambiental relativamente elevada, que se regula mediante la ventilación y la nebulización o el humedecimiento de los pasillos durante las horas más cálidas del día.

La aireación debe poder regularse, de forma manual o automática, abriendo los laterales y las cumbreras, apoyándose en ocasiones con ventiladores interiores o incluso con extractores (de presión o sobrepresión). Ya que así se produce una bajada del grado higrométrico y el control de ciertas enfermedades.

#### **1.4.4 CULTIVO DE ROSAS EN INVERNADERO**

Con el cultivo de rosa bajo invernadero se consigue producir flor en épocas y lugares en los que de otra forma no sería posible, consiguiendo mejores precios. Para ello, estos invernaderos deben cumplir unas condiciones mínimas: tener grandes dimensiones, la transmisión de luz debe ser adecuada, la altura tiene que ser considerable y la ventilación en los meses calurosos debe ser buena. Además, es recomendable la calefacción durante el invierno, junto con la instalación de mantas térmicas para la conservación del calor durante la noche.

##### **a. PREPARACIÓN DEL SUELO**

Para el cultivo de rosas el suelo debe estar bien drenado y aireado para evitar encharcamientos, por lo que los suelos que no cumplan estas condiciones deben mejorarse en este sentido, pudiendo emplear diversos materiales orgánicos.

Las rosas toleran un suelo ácido, aunque el pH debe mantenerse en torno a 6. No toleran elevados niveles de calcio, desarrollándose rápidamente las clorosis debido al exceso de este elemento. Tampoco soportan elevados niveles de sales solubles, recomendando no superar el 0,15%.

##### **b. PLANTACIÓN**

La época de plantación va de noviembre a marzo. Esta se realizará lo antes posible a fin de evitar el desecamiento de las plantas, que se recortan 20 cm; se darán riegos abundantes (100lt de agua/m<sup>2</sup>), manteniendo el punto de injerto a 5 cm por encima del suelo.

En cuanto a la distancia de plantación la tendencia actual es la plantación en 4 filas (60 x 15 cm) o 2 filas (40 x 20 ó 60 x 12,5 cm) con pasillos al menos de 1m, es decir, una densidad de 6 a 8 plantas/m<sup>2</sup> cubierto. De este modo se consigue un mantenimiento más sencillo y menores inversiones.

### **c. FERTIRRIGACIÓN**

Actualmente la fertirrigación se realiza a través de riego, teniendo en cuenta el abonado de fondo aportado, en caso de haberse realizado. Posteriormente también es conveniente controlar los parámetros de pH y conductividad eléctrica de la solución del suelo así como la realización de análisis foliares.

El pH del suelo puede regularse con la adición de ácido y teniendo en cuenta la naturaleza de los fertilizantes. Así, por ejemplo, las fuentes de nitrógeno como el nitrato de amonio y el sulfato de amonio, son altamente ácidas, mientras que el nitrato cálcico y el nitrato potásico son abonos de reacción alcalina. Si el pH del suelo tiende a aumentar, la aplicación de sulfato de hierro da buenos resultados. El potasio suele aplicarse como nitrato de potasio, el fósforo como ácido fosfórico o fosfato monopotásico y el magnesio como sulfato de magnesio.

### **d. FORMACIÓN DE LA PLANTA Y PODA POSTERIOR**

Los arbustos de dos años ya tienen formada la estructura principal de las ramas y su plantación debe realizarse de forma que el injerto de yema quede a nivel del suelo o enterrado cerca de la superficie. Las primeras floraciones tenderán a producirse sobre brotes relativamente cortos y lo que se buscará será la producción de ramas y más follaje antes de que se establezca la floración, para lo cual se separan las primeras yemas

florales tan pronto como son visibles. Las ramas principales se acortan cuatro o seis yemas desde su base y se eliminan por completo los vástagos débiles. Puede dejarse un vástago florecer para confirmar la autenticidad de la variedad.

Hay que tener en cuenta que los botones puntiagudos producirán flores de tallo corto y éstos se sitúan en la base de la hoja unifoliada, la de tres folíolos y la primera hoja de cinco folíolos por debajo del botón floral del tallo. En la mitad inferior del tallo las yemas son bastante planas y son las que darán lugar a flores con tallo largo, por lo que cuando un brote se despunta es necesario retirar toda la porción superior hasta un punto por debajo de la primera hoja de cinco folíolos.

Posteriormente la poda se lleva a cabo cada vez que se cortan las flores, teniendo en cuenta los principios antes mencionados.

#### **e. RECOLECCIÓN**

Generalmente el corte de las flores se lleva a cabo en distintas condiciones, dependiendo de la época de recolección. Así, en condiciones de alta luminosidad durante el verano, la mayor parte de las variedades se cortan cuando los sépalos del cáliz son reflejos y los pétalos aún no se han desplegado. Sin embargo, el corte de las flores durante el invierno se realiza cuando están más abiertas, aunque con los dos pétalos exteriores sin desplegarse. Si se cortan demasiado inmaduras, las cabezas pueden marchitarse y la flor no se endurece, ya que los vasos conductores del pedicelo aún no están suficientemente lignificados.

En todo caso, siempre se debe dejar después del corte, el tallo con 2-3 yemas que correspondan a hojas completas. Si cortamos demasiado pronto, pueden aparecer problemas de cuello doblado, como

consecuencia de una insuficiente lignificación de los tejidos vasculares del pedúnculo floral.

#### **f. POSTCOSECHA**

En la postcosecha intervienen varios factores, en primer lugar hay que tener en cuenta que cada variedad tiene un punto de corte distinto y por tanto el nivel de madurez del botón y el pedúnculo va a ser decisivo para la posterior evolución de la flor, una vez cortada.

Una vez cortadas las flores los factores que pueden actuar en su marchites son: dificultad de absorción y desplazamiento del agua por los vasos conductores, incapacidad del tejido floral para retener agua y variación de la concentración osmótica intracelular.

Los tallos cortados se van colocando en bandejas o cubos con solución nutritiva, sacándolos del invernadero tan pronto como sea posible para evitar la marchites por transpiración de las hojas. Se sumergen en una solución nutritiva caliente y se enfrían rápidamente. Antes de formar ramos se colocan las flores en agua o en una solución nutritiva conteniendo 200 ppm de sulfato de aluminio o ácido nítrico y azúcar al 1,5 - 2%, en una cámara frigorífica a 2 - 4°C para evitar la proliferación de bacterias. En el caso de utilizar sólo agua, debe cambiarse diariamente.

### **1.5 SENSORES Y ACTUADORES**

Las nuevas tecnologías están facilitando que cada vez haya más sensores y actuadores en nuestro alrededor, capaces de procesar enormes cantidades de datos para ayudar a mejorar el funcionamiento de las fábricas, el control de los procesos productivos, el mantenimiento de las cosechas, o incluso para detectar terremotos.

### **1.5.1 SENSOR**

Un sensor es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc. todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

### **1.5.2 CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTO DEL SENSOR**

Las siguientes son algunas de las características más importantes de un sensor:

#### **a. SENSIBILIDAD**

La sensibilidad se define en términos de la relación entre la señal física de entrada y la señal de salida de la señal eléctrica. Como tal puede expresarse como la derivada de la función de transferencia con respecto a la señal física. Unidades típicas son:  $V / ^\circ K$ ,  $mV / kP$ , etc. Un termómetro presenta alta sensibilidad si ante un pequeño cambio de temperatura resulta una gran tensión de cambio.

#### **b. SPAN O RANGO DINÁMICO**

Al rango de entrada de las señales físicas que pueden ser convertidas en señales eléctricas por el sensor se le denomina como rango dinámico o span. Las señales que se encuentren fuera de este rango se espera que causen una gran e inaceptable imprecisión. El span es normalmente especificado por el proveedor de sensores como el rango sobre el cual se

espera que las características de funcionamiento del sensor, descritas en las hojas de datos, se apliquen.

### c. EXACTITUD O INCERTIDUMBRE

La incertidumbre se define generalmente como el más grande error esperado entre la señal de salida de un sensor y la señal de salida ideal. La exactitud es considerado generalmente por los Metrólogos como un indicador cualitativo del sensor, mientras que la incertidumbre es más bien un término cuantitativo. Por ejemplo un sensor puede tener mejor precisión que otro si su incertidumbre es de 1% en comparación con otros que cuenten con una incertidumbre del 3%.

### d. HISTÉRESIS

Algunos sensores no presentan la misma señal de salida cuando el valor de entrada del estímulo se presenta de manera cíclica ascendente-descendente (Figura 1.14). La amplitud del error esperado en términos de la cantidad medida se define como histéresis.

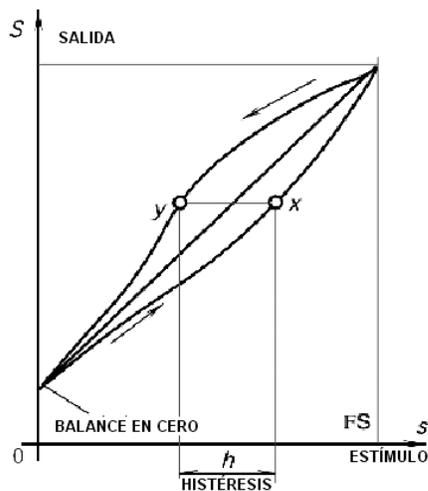


Figura 1.14: Histéresis

#### **e. NO LINEALIDAD**

Se le denomina así a la máxima desviación que presenta una función de transferencia lineal en función de un rango dinámico especificado. Existen varios métodos para determinar este error. Los más comunes comparan la función de transferencia con la "mejor línea recta" que se encuentra a mitad de camino entre las dos líneas paralelas que abarcan toda la función de transferencia sobre el rango dinámico del dispositivo. Esta elección de método de comparación es popular porque hace que la mayoría de los sensores se vean de una forma excelente.

#### **f. RUIDO**

El ruido se define como cualquier perturbación eléctrica o señal accidental no deseada que modifican la señal de salida de un sensor.

#### **g. RESOLUCIÓN**

La resolución de un sensor se define como la mínima fluctuación de la señal física a medir que provoca una señal de salida de este.

### **1.5.3 TIPOS DE SENSORES**

Los sensores son tan diversos como los principios físicos en los que se basan para realizar su medición. En la actualidad para medir cualquier variable física tenemos diversos tipos de sensores, que se detallan a continuación:

De acuerdo al tipo de acondicionamiento de señal utilizado se puede clasificar a los sensores en:

### a. SENSORES RESISTIVOS.

La señal de salida que genera este tipo de sensores es resistiva. En los circuitos de acondicionamiento de este tipo de sensores, es fundamental la consideración de las impedancias así como la disipación de energía en el propio sensor y en la electrónica asociada.

Los acondicionamientos de señal más usuales son:

- Divisor de tensión: El divisor de voltaje o de tensión es una herramienta fundamental utilizada cuando se desean conocer voltajes de resistencias específicas, cuando se conoce el voltaje total que hay en dos resistencias (Figura 1.15).

Es necesario considerar que el divisor de voltaje funciona para analizar dos resistencias, y que si se quieren determinar voltajes de más de dos resistencias utilizando el divisor de voltaje, deberá hacerse sumando resistencias aplicando paso a paso el divisor de voltaje de dos en dos, hasta llegar al número total de resistencias. Esto es muy útil porque en muchas ocasiones no es posible aplicar la Ley de Ohm debido a que sólo se tiene el valor de las resistencias, pero no se conoce el voltaje. Es entonces que se aplica el divisor de voltaje, con las siguientes fórmulas y de acuerdo al esquema mostrado a continuación:

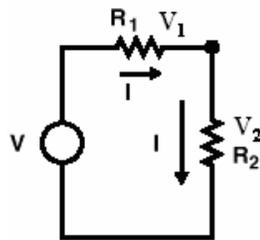


Figura 1.15: Conexión de un divisor de tensión

Las ecuaciones correspondientes al circuito anterior son las siguientes:

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V \quad \text{Ec.1.1}$$

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V \quad \text{Ec.1.2}$$

- Puente de Wheatstone: El circuito de la figura 1.16 ilustra un puente de Wheatstone, que se emplea para la medición precisa de una resistencia desconocida  $R_x$ , en términos de las resistencias conocidas  $R_a$ ,  $R_b$  y  $R_s$ .

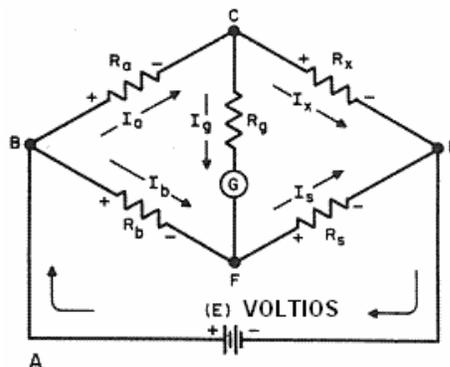


Figura 1.16: Conexión del puente de Wheatstone

La corriente del puente ( $I_g$ ) se mide con el galvanómetro (G) de resistencia interna  $R_g$ . Las resistencias conocidas se ajustan para una corriente cero en el galvanómetro, condición para la cual se dice que el puente está equilibrado. La condición de equilibrio del puente es caracterizada por la ecuación 1.3.

$$\frac{R_x}{R_s} = \frac{R_a}{R_b} \quad \text{Ec.1.3}$$

## **b. SENSORES QUE ENTREGAN TENSIÓN**

A este grupo pertenecen todos los sensores que ya entregan una tensión proporcional al parámetro físico en cuestión. Su acondicionamiento está orientado a la amplificación de la señal, así como a la adaptación de las impedancias.

Sin embargo, no siempre los sensores que entregan tensión presentan las condiciones ideales para su amplificación y/o adaptación de impedancias. Un caso particular muy significativo son los termopares, debido a la peculiaridad de que necesitan realizar compensaciones de “efectos de termopar” no deseados en las conexiones. El acondicionamiento de este tipo de sensores es muy especificado, se lo realiza, por ejemplo, a través de: amplificadores de carga, amplificadores de aislamiento, seguidores, etc.

## **c. SENSORES QUE ENTREGAN CORRIENTE**

Para este tipo de sensores, el acondicionamiento está orientado a la obtención de convertidores corriente / tensión. Un acondicionador a destacar es el llamado bucle de corriente de 4 a 20mA en procesos de control que si bien no están asociados generalmente al sensor resulta una técnica de transmisión muy utilizada, debido a las ventajas que presenta como son:

- La corriente al transmitirse en serie es menos susceptible a caídas.
- El establecimiento de 2 niveles permite detectar un tercer nivel como apertura del bucle (0 mA).

#### **d. SENSORES DIGITALES**

Este tipo de sensores entregan una información digital por lo que su acondicionamiento se orientará a la conexión a la familia lógica asociada. Entre éstos podemos destacar los siguientes:

- Codificadores: rotativos o selectores, entregan un código digital en función de un ángulo, desplazamiento o posición de micro interruptores.
- Encoders: son codificadores de posición que entregan impulsos en lugar de códigos. El acondicionamiento asociado consisten en contadores que cuenten el número de impulsos recibidos. Cabe destacar que los Encoders pueden indicar un sentido de giro mediante el uso de dos señales desfasadas. En acondicionamiento asociado se basa en la utilización de contadores UP/DOWN.
- Frecuencia: consiste en la entrega de una frecuencia proporcional al parámetro medido. La entrada de frecuencia es característica típica de los SAD.<sup>2</sup>
- Entradas / Salidas digitales: en la mayoría de los sistemas de adquisición de datos, así como en las tarjetas, módulos y demás elementos relacionados, será normal disponer de entradas/salidas digitales, puertos caracterizados por el número de bits, el sentido (I/O) y la electrónica asociada (TTL, colector abierto, opto acopladas, etc.)

---

<sup>2</sup> SAD: Sistema de adquisición de datos, conversión de frecuencia a voltaje F/V

A continuación, se hablará sobre los sensores de: temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, iluminación, CO<sub>2</sub>, que son los principales sensores que se aplicará en el proyecto.

#### e. SENSOR TEMPERATURA

A menudo la temperatura se define como aquella propiedad que miden los termómetros. También se introduce la temperatura basándose en alguna propiedad termométrica, por ejemplo la expansión de un líquido, un gas, la resistencia de un conductor, la tensión eléctrica generada por un par termoeléctrico (termocupla), etc. En la práctica existen numerosos tipos de sensores de temperatura o termómetros que, según la aplicación específica, pueden ser los más adecuados. En la tabla 1.1 se indican algunos tipos de termómetros y sensores de temperatura usuales junto a algunas de sus características más notables.

Tabla 1.1: Características de los principales sensores de temperatura

<b>Tipo de sensor</b>	<b>Rango nominal °C</b>	<b>Costo</b>	<b>Linealidad</b>	<b>Características Notables</b>
Termómetro de mercurio	-10 a 300	Bajo	Buena	Simple, lento y de lectura manual
Termorresistencia (Pt, Ni) RTD (Resistance Temperature Detectors)	-150 a 600	Medio	Alta	Exactitud
Termocupla	-150 a 1500	Bajo	Alta	Requiere referencia de temperatura
Termistor	-15 a 115	Medio	No lineal	Muy sensible

Los sensores de temperatura que más se utiliza en el control de procesos son: las termocuplas y los RTD, cuyas principales características se indican a continuación:

### **e.1 TERMOCUPLA**

La termocupla es una de los más simples y comunes métodos usados para determinar la temperatura de procesos. Cuando se requiere una indicación remota o cuando se necesita conocer la temperatura de varios puntos, este método es el más apropiado. En 1821 T.J. Seebeck descubrió que cuando se aplicaba calor a la unión de dos metales distintos, se generaba una fuerza electromotriz, la cual puede ser medida en otra junta (fría) de estos dos metales (conductores); estos conductores forman un circuito eléctrico y la corriente circula como consecuencia de la fuerza electromagnética generada. Esto es válido siempre y cuando las temperaturas en las dos uniones sean distintas (Figura 1.17).

Para una determinada combinación de materiales, el voltaje de salida (en milivoltios) varía en proporción directa a la diferencia de temperatura entre dichas uniones o juntas. Para que la medida corresponda a la temperatura real, la junta fría (físicamente localizada a la entrada del instrumento receptor) debe mantenerse constante, comúnmente referida a cero grados centígrados. Para lograrlo han aparecido en el tiempo varios métodos, siendo actualmente utilizada la electrónica para tal fin. La junta de medición (unión caliente) desde luego, estará ubicada en el lugar en donde se requiere medir temperatura.

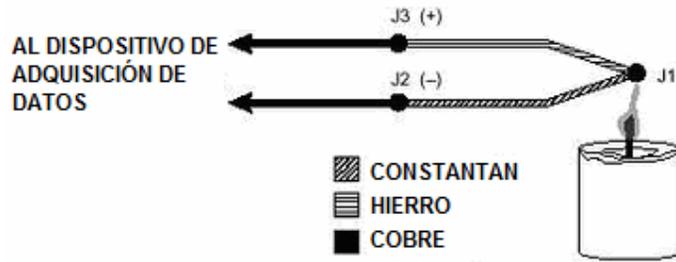


Figura 1.17: Efecto Seebeck

Para temperaturas moderadas (hasta alrededor de 260 °C), combinaciones de hierro y cobre, hierro y constantán (aleación de cobre y níquel) son usadas frecuentemente. A altas temperaturas (hasta alrededor de 1640 °C), los hilos son fabricados de platino o aleación de platino y rodio.



Figura 1.18: Diferentes tipos de termocuplas

A las termocuplas (Figura 1.18) se les designa comúnmente con una letra. Así por ejemplo, una termocupla tipo J es de hierro / constantán (la barra de separación es para indicar los materiales de cada hilo) y una de tipo K es de cromel / alumel (el cromel es una aleación de cromo y níquel y el alumel es de aluminio y níquel).

Existen varias combinaciones usadas en la fabricación de termocuplas y la selección adecuada de estos sensores depende de su rango de

utilización, salida en mV /°C y los errores máximos en la medición, además de las características mecánicas deseadas. Las termocuplas no siempre están en contacto directo con el proceso. A menudo se emplean elementos protectores que a la vez permiten remover una termocupla sin interrumpir el proceso. Tal es el caso de los termopozos.

## e.2 RTD's

Estos dispositivos cuyas siglas en inglés significan detectores resistivos de temperatura, han sido usados durante años y aún son muy populares en la actualidad (Figura 1.19). Se basan en el aumento de resistencia de un hilo conductor con el incremento de la temperatura. La magnitud de este cambio con respecto al cambio de temperatura en él, se llama "coeficiente térmico de resistencia" del material conductor.

Para la mayoría de metales puros, este es constante sobre cierto rango de temperatura. Por ejemplo, el coeficiente del platino es  $a = 0.00392$  ohmios/°C sobre un rango de 0°C a 100°C, teniendo una resistencia de 100 ohmios para una temperatura de 0°C, por lo que recibe el nombre de Pt -100. Para la mayoría de conductores, el coeficiente  $a$  es positivo.

Comúnmente los materiales empleados incluyen platino, níquel, cobre, níquel - hierro y tungsteno. Entre todos ellos, el platino es el más usado debido a su característica lineal sobre la mayor parte de su rango; también el níquel, por su gran coeficiente de resistencia, aunque no tiene una característica lineal. Para el Pt -100, se puede utilizar la siguiente fórmula para obtener la respuesta aproximada del sensor para una temperatura dada:

$$R = 100(1 + aT)$$

Ec.1.4

Siendo:

R = Resistencia (Ohmios)

a = Coeficiente térmico

T = Temperatura (°C)

Debido al diámetro tan pequeño del hilo utilizado en estos RTD (0.05 mm), su construcción incluye blindajes protectores contra choques mecánicos. A menudo las sondas de resistencia se fabrican con tres o cuatro hilos de salida con fines de eliminar los efectos de cambio de resistencia en los hilos de extensión por cambios de la temperatura ambiente. Los circuitos de medición comunes emplean puentes de Wheatstone.

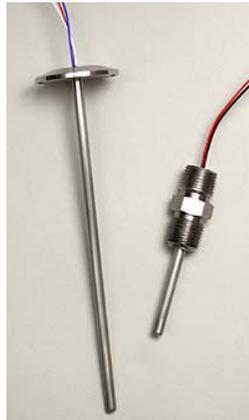


Figura 1.19: Sensores RTD con blindaje

#### **f. SENSOR DE HUMEDAD**

La humedad es un fenómeno natural, que se presenta a nivel molecular y se encuentra básicamente relacionada con la cantidad de moléculas de agua presentes en una determinada sustancia, la cual puede estar en estado sólido o gaseoso. Para la medición de esta magnitud física se

usan varios tipos de sensores (Figura 1.20), entre los más utilizados se tiene los siguientes:

**Mecánicos:** aprovechan los cambios de dimensiones que sufren cierto tipo de materiales en presencia de la humedad. Como por ejemplo: fibras orgánicas o sintéticas, el cabello humano.

**Basados en sales higroscópicas:** deducen el valor de la humedad en el ambiente a partir de una molécula cristalina que tiene mucha afinidad con la absorción de agua.

**Por conductividad:** la presencia de agua en un ambiente permite que a través de unas rejillas de oro circule una corriente. Ya que el agua es buena conductora de corriente. Según la medida de corriente se deduce el valor de la humedad.

**Capacitivos:** se basan sencillamente en el cambio de la capacidad que sufre un condensador en presencia de humedad.

**Infrarrojos:** estos disponen de 2 fuentes infrarrojas que lo que hacen es absorber parte de la radiación que contiene el vapor de agua.

**Resistivos:** aplican un principio de conductividad de la tierra. Es decir, cuanta más cantidad de agua hay en la muestra, mas alta es la conductividad de la tierra.



Figura 1.20: Sensores de humedad

### g. SENSOR DE HUMEDAD DEL SUELO

Se utiliza la conductividad de la tierra, la cual va a ser mayor mientras más sea la cantidad de agua presente en ella. Se introducen dos electrodos separados por cierta distancia, para luego ser sometidos a una diferencia de potencial constante. La corriente circulante será entonces proporcional a la cantidad de agua presente en la tierra (Figura 1.21).

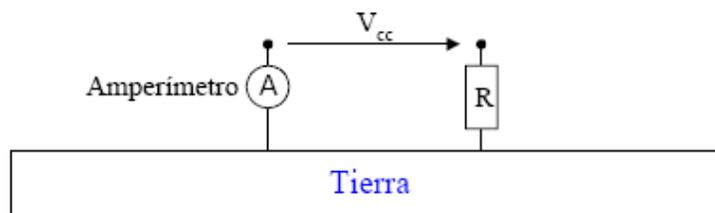


Figura 1.21: Principio de funcionamiento de los sensores de humedad del suelo

R es sólo una medida de protección en caso de corto circuito. La desventaja de este método es que si se agregan fertilizantes, o cambia la constitución de la mezcla, se tendrá que volver a calibrar el instrumento. Se recomienda además aplicar tiempos de medición cortos, dado a que los electrodos se pueden deteriorar. O para prevenir esta situación utilizar voltajes alternos, sin embargo se requerirá transformar la corriente alterna medida a una señal continua, en vista que la mayoría de los sistemas de adquisición de datos trabajan en modo CC.

Otra forma es utilizar la tierra (con agua) como dieléctrico, en este caso se deberán introducir las placas del condensador paralelamente en la tierra. La constante dieléctrica de la mezcla será directamente proporcional a la cantidad de agua presente en ella, variando de esa manera el valor C del condensador. Siguiendo el mismo procedimiento ya explicado, basta con

transformar el cambio de  $C$  a una señal de voltaje (puentes, osciladores o circuitos resonantes). La figura 1.22 ilustra una posible implementación.

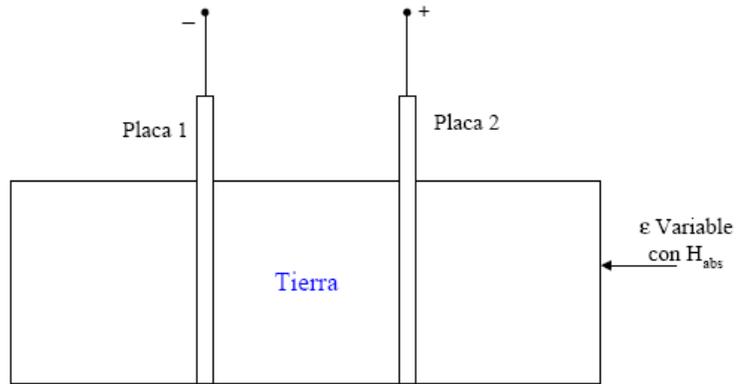


Figura 1.22: Sensor de humedad del suelo variando la capacitancia

#### h. SENSOR DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

El viento es el movimiento del aire que está presente en la atmósfera, especialmente, en la troposfera, producido por causas naturales.

Al sensor que se encarga de la medición de la dirección y velocidad del viento se lo llama anemómetro (Figura 1.23), que es un aparato meteorológico que se usa para la predicción del tiempo.

En meteorología, se usan principalmente los anemómetros de cazoletas o de molinete, especie de diminuto molino cuyas tres aspas se hallan constituidas por cazoletas sobre las cuales actúa la fuerza del viento; el número de vueltas indicará la velocidad del viento.

Para medir los cambios repentinos de la velocidad del viento, especialmente en las turbulencias, se recurre al anemómetro de filamento caliente, que consiste en un hilo de platino o níquel calentado eléctricamente: la acción del viento tiene por efecto enfriarlo y hace variar así su resistencia; por consiguiente, la corriente que atraviesa el hilo es proporcional a la velocidad del viento.



Figura 1.23: Anemómetro de molinete

## **i. SENSOR DE ILUMINACIÓN**

La construcción de este tipo de sensores, se encuentra basada en el empleo de una fuente de señal luminosa (lámparas, diodos LED, diodos láser etc.) y una célula receptora de dicha señal, como pueden ser fotodiodos, fototransistores o LDR etc.

Este tipo de sensores, se encuentra basado en la emisión de luz, y en la detección de esta emisión realizada por los fotodetectores.

Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

El sensor de luz más común es el LDR -Light Dependant Resistor o Resistor dependiente de la luz-.Un LDR es básicamente un resistor que cambia su resistencia cuando cambia la intensidad de la luz (Figura 1.24). Según la forma en que se produzca esta emisión y detección de luz, podemos dividir este tipo de captadores en: captadores por barrera, o captadores por reflexión.

Captadores por barrera: Estos detectan la existencia de un objeto, porque interfiere la recepción de la señal luminosa.

Captadores por reflexión: La señal luminosa es reflejada por el objeto, y esta luz reflejada es captada por el captador fotoeléctrico, lo que indica al sistema la presencia de un objeto.

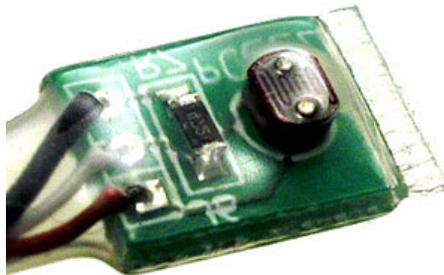


Figura 1.24: Sensor de luminosidad

#### **j. SENSOR DE CO<sub>2</sub>**

Los sensores comúnmente usados para satisfacer los requerimientos de calidad de aire en el área de trabajo y aplicaciones de seguridad son los sensores electroquímicos, sensores catalíticos, sensores de estado sólido, sensores infrarrojos y detectores de fotoionización. Uno de los sensores más usados para la medición de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire son los infrarrojos.

Para gases cuyas moléculas tienen de dos o más átomos distintos absorben la radiación infrarroja en largos de ondas específicas. Esta energía absorbida causa que se incremente la temperatura de las moléculas de gas. El cambio de temperatura se mide como una concentración de gas (Figura 1.25).



Figura 1.25: Funcionamiento del sensor infrarrojo

El monitoreo usando un sensor infrarrojo se logra midiendo la interacción de la radiación infrarroja con las moléculas de gas. Esto es diferente a la mayoría de las otras tecnologías en las cuales los sensores están directamente en contacto con el gas objetivo, que puede causar fallas tempranas. Con sensores infrarrojos, los componentes principales están protegidos por aparatos ópticos y, por esto, el sensor puede ser usado en forma continua, expuesto a altas concentraciones de gas.

Los sensores al no estar expuestos directamente al gas, no se queman o se saturan/fallan, ni se alteran debido a una prolongada exposición al gas. Estos problemas son generalmente asociados con otro tipo de sensores. Además, estos son construidos comúnmente para satisfacer requerimientos anti explosivos.

Los sensores infrarrojos son ideales para aplicaciones de altas concentraciones de hidrocarburos, incluyendo rangos combustibles. También son monitores efectivos para medir el dióxido de carbono.

#### 1.5.4 ACTUADORES

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar

un elemento de control final. Las características a considerar para el uso de actuadores son:

- Potencia.
- Controlabilidad
- Peso y volumen.
- Precisión.
- Velocidad.
- Mantenimiento.
- Costo.

#### **a. TIPOS DE ACTUADORES**

Existen varios tipos de actuadores vinculados con las distintas aplicaciones que se requieren para el desarrollo de automatismos, entre ellos se tiene los siguientes:

- Electrónicos
- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico.

Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

### **a.1 ACTUADORES ELECTRÓNICOS**

Los actuadores electrónicos que se muestran en la figura 1.26 también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots. Los servomotores CA sin escobillas se utilizan como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.



Figura 1.26: Actuadores electrónicos

### **a.2 ACTUADORES HIDRÁULICOS**

Los actuadores hidráulicos (Figura 1.27), que son los de mayor antigüedad, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, funcionan en base a fluidos a presión. Existen tres grupos:

- Cilindro hidráulico
- Motor hidráulico
- Motor hidráulico de oscilación



Figura 1.27: Actuadores hidráulicos

### a.3 ACTUADORES NEUMÁTICOS

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos (Figura 1.28). Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad.

En esta clasificación aparecen los fuelles y diafragmas, que utilizan aire comprimido y también los músculos artificiales de hule, que últimamente han recibido mucha atención.

- De efecto simple.
- Cilindro neumático.
- Actuator neumático de efecto doble.
- Con engranaje.
- Motor neumático con veleta.
- Con pistón.
- Con una veleta a la vez.
- Multiveleta.

- Motor rotatorio con pistón.
- De ranura vertical.
- De émbolo.
- Fuelles, diafragma y músculo artificial.



Figura 1.28: Actuadores neumáticos

#### a.4 ACTUADORES ELÉCTRICOS

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador (Figura 1.29).



Figura 1.29: Actuadores eléctricos

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

Dentro de los actuadores eléctricos pueden distinguirse tres tipos:

- Motores de corriente continua (DC):  
Controlados por inducción  
Controlados por excitación
- Motores de corriente alterna (AC):  
Síncronos  
Asíncronos
- Motores Paso a Paso.

## 1.6 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

PLC (Programmable Logic Controller), es decir: Controlador Lógico Programable (Figura 1.30). Es un dispositivo usado para controlar, este control se realiza sobre la base de una lógica, definida a través de un programa interno en el cual se definirá la secuencia de acciones que se realizarán según los requerimientos de un proceso específico.



Figura 1.30: Controlador lógico programable

### **1.6.1 CAMPOS DE APLICACIÓN**

Debido a las características de un PLC el campo de aplicaciones para este elemento es muy grande. Sus reducidas dimensiones, la facilidad de montaje, la capacidad de almacenar y modificar programas para diferentes aplicaciones, hacen que la eficacia de los PLC sea apreciable en procesos donde se producen necesidades como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.
- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.
- Chequeo de Programas.
- Señalización del estado de procesos.

### **1.6.2 VENTAJAS DEL PLC**

Dentro de las ventajas de la utilización de un PLC se puede mencionar entre otras, las siguientes:

- Menor tiempo en la elaboración de un proyecto, en especial por no requerir de cableado amplio, los elementos a utilizar son reducidos.
- Se puede modificar su funcionamiento, variando el programa y sin modificar el cableado.
- Ocupa espacio reducido.

- Menor costo de mano de obra en la instalación y de mantenimiento.
- Mayor fiabilidad del sistema.
- Puede gobernar más de una máquina.
- Si la máquina a la que controla el PLC queda fuera de servicio, éste puede ser utilizados en otra máquina.

### **1.6.3 INCONVENIENTES DEL PLC**

Como inconvenientes se puede mencionar los siguientes:

- Se requiere de un programador capacitado.
- El costo inicial suele ser alto en algunos casos.
- Si se produce un daño en el PLC se pierde el proceso de control.

Como podemos observar los inconvenientes son mínimos comparado con las ventajas de usar un PLC, se debe tomar en cuenta que a medida que avanza la tecnología, la utilización de estos elementos aumenta notablemente y en el futuro, la programación será más sencilla y por ende los costos iniciales bajarán apreciablemente.

### **1.6.4 ESTRUCTURAS DE LOS PLC'S**

En los PLC's se puede encontrar dos estructuras importantes que son las siguientes:

- Estructura Externa
- Estructura Interna

## **a. ESTRUCTURA EXTERNA**

El término estructura externa o configuración externa de un Controlador Lógico Programable industrial se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido.

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura compacta: Se distingue por tener todos sus elementos (fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc.) en un mismo bloque. En cuanto a su programación puede hacerse con una unidad fija o enchufarle mediante cable, también existe la posibilidad de programar al PLC con un computador de igual manera con la ayuda de cable y conector.
- Estructura semimodular (Estructura Americana): Se caracteriza por separar las E/S del resto del Controlador Lógico Programable, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S .

Son los Controladores Lógicos Programables de gama media los que suelen tener este tipo de estructura.

- Estructura modular (Estructura Europea): Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el PLC como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S.

La sujeción de los mismos se hace por riel DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

Son los PLC de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su constitución.

## b. ESTRUCTURA INTERNA

Los autómatas programables (PLC), se componen esencialmente de tres bloques, como se puede apreciar en la figura 1.31.

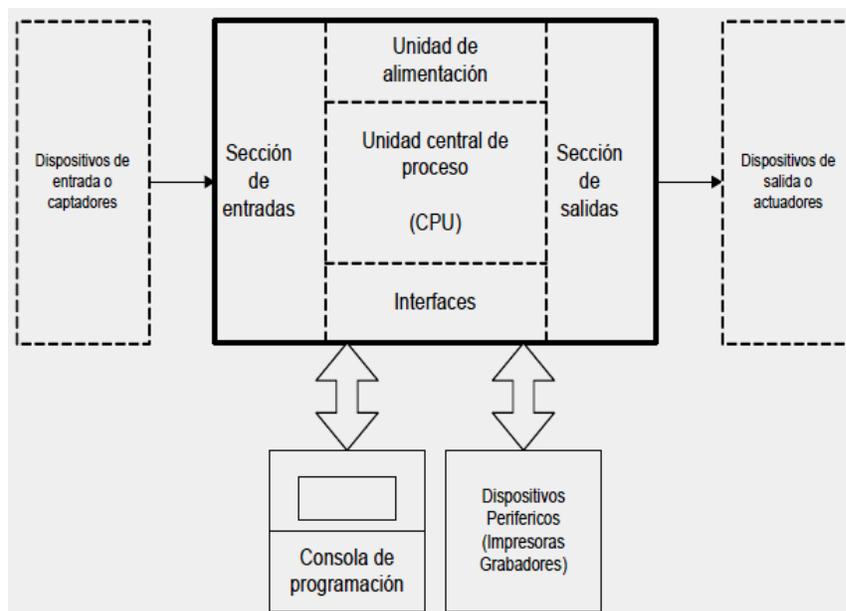


Figura 1.31: PLC con sus periféricos y unidad de alimentación.

- La sección de entradas: Mediante una interfaz, adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada, esto es de pulsadores, finales de carrera, sensores, etc. Además tiene la función de protección de los circuitos

internos del PLC, lo cual se consigue separando eléctricamente la parte interna con las entradas.

- La unidad central de procesos o CPU: Es por así decirlo, la parte inteligente del PLC, y es la que se encarga de verificar las entradas, entenderlas y enviar una acción hacia las salidas.
- La sección de salidas: Mediante una interfaz trabaja de forma inversa a las entradas, ya que decodifica la señal de la CPU y en base a esto comanda a contactores, arrancadores, relés, electro válvulas, etc. También existe una separación eléctrica entre las partes internas del PLC y las salidas conectadas a los elementos exteriores, es decir existe un aislamiento de protección.
- La unidad de alimentación: Es la fuente de alimentación que adapta la tensión red de 110 Vac a 60 Hz, a la de funcionamiento de los circuitos electrónicos internos que por lo general es de 24 Vcc.
- La unidad de programación: Es la unidad que nos permite introducir el programa, puede ser un pequeño teclado con un visualizador similar al de una calculadora.
- Los dispositivos periféricos: Son elementos auxiliares que realizan una función específica, aumentan el campo de aplicación del PLC, pero no intervienen directamente ni en la elaboración ni ejecución de un programa, pueden ser, una impresora, una unidad de grabado en cinta entre otros.
- Interfaces: Son las que permiten conectar a la CPU con los equipos periféricos.

### **1.6.5 MEMORIAS**

Se llama memoria a cualquier dispositivo que nos permite almacenar información en forma de bits (ceros y unos). Existen diferentes tipos de memorias, entre ellas se puede mencionar:

- Memoria RAM (Random Access Memory): Memoria de acceso aleatorio o de lectura escritura, en esta se puede leer y escribir por medios eléctricos, pero es de naturaleza volátil, es decir si le falta energía sus datos desaparecen.
- Memoria ROM (Read Only Memory): Memoria de solo lectura, en ellas únicamente se puede leer el contenido pero no se las puede escribir, vienen grabadas desde fábrica, no son volátiles, su información permanece aún en ausencia de energía.
- Memoria PROM (Programmable ROM): Es una memoria ROM programable, a la cual se la puede escribir una sola vez, el borrado no se lo puede hacer, es no volátil.
- Memoria EPROM (Erasable PROM): Es una memoria que puede ser programada y borrada varias veces, es no volátil, su programación se la hace por medios eléctricos pero su borrado tiene dos opciones: Por medio de rayos ultravioletas UV-EPROM o por medios eléctricos EEPROM.

A las memorias se las utiliza de diferentes maneras, entre ellas se menciona, las maneras como son usadas en los PLC:

- Memoria de usuario: Es donde graba el programa el usuario, es decir graba las instrucciones de lo que desea que el PLC haga por él, estas instrucciones son leídas y ejecutadas por el microprocesador, ya que estas instrucciones pueden ser modificadas si se desea, se las guarda en la RAM, y ya que esta memoria es de tipo volátil, se protege la información con una memoria sombra EEPROM, y en otros casos por una batería tapón que entrega a la RAM la energía suficiente para que su información no se pierda.
- Memoria de la tabla de datos: También es de tipo RAM, en ella se encuentran por un lado, la imagen de los estados de las entradas y

salidas y, por otro, los datos numéricos y variables internas, como contadores, temporizadores, marcas, etc.

- Memoria y programa del Sistema: Esta memoria que junto al microprocesador componen la CPU, se encuentra dividida en dos áreas: La memoria del sistema que usa memoria RAM, y la que corresponde al programa de sistema o firmware, que es un programa fijo y por tanto debe estar en una memoria no volátil, puede ser ROM o EPROM.
- Memorias EPROM y EEPROM: Aparte de otras tantas aplicaciones que se les puede dar a estas memorias dentro de PLC se las utiliza como memorias copia para grabación y archivo de programas de usuario.

Los chips de memoria suelen estar organizados en octetos, es decir en grupos de 8 bits (binarydigits) llamados Bytes, las palabras se componen de 16 bits o lo que es lo mismo de 2 bytes. Cada palabra o registro define una instrucción o dato numérico o un grupo de estados de E/S. La cantidad de palabras que puede almacenar una memoria se la expresa en Kbytes y cada Kbytes constituye 1024 bytes.

### 1.6.6 TAMAÑO DE LOS PLC'S

El tamaño de un PLC depende del número de entradas/salidas y de la memoria de usuario como se muestra en la tabla 1.2:

Tabla 1.2: Tamaño de PLC's

<b>Gama</b>	<b>Número de E/S</b>	<b>Memoria de usuario</b>
<b>Baja</b>	Hasta 128	Hasta 4K
<b>Media</b>	De 128 a 512	Hasta 16K
<b>Alta</b>	Más de 512	Más de 100K

Antes de empezar a trabajar con un PLC se debe ponerlo a punto, es decir realizar el proceso necesario para poder realizar la programación y comprobar su funcionamiento en la CPU y en las E/S, luego de haber realizado esto podemos ponerlo en servicio, es decir realizar todas las conexiones necesarias para poner a funcionar la maquinaria o proceso.

## **1.7 AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS**

En un proceso productivo no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de estos sistemas, los indicadores principales son los siguientes:

- Requerimientos de un aumento en la producción
- Requerimientos de una mejora en la calidad de los productos
- Necesidad de bajar los costos de producción
- Escasez de energía
- Encarecimiento de la materia prima
- Necesidad de protección ambiental
- Necesidad de brindar seguridad al personal
- Desarrollo de nuevas tecnologías

La automatización solo es viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían obtener al automatizar, estas son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema.

Los sistemas automatizados se conforman de dos partes: parte de mando y parte operativa.

- Parte de Mando: Es la estación central de control o autómeta. Es el elemento principal del sistema, encargado de la supervisión, manejo, corrección de errores y comunicación.

- Parte Operativa: Es la parte que actúa directamente sobre la máquina, son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice las acciones necesarias para su operación, por ejemplo: motores, cilindros, compresoras, bombas, relés, etc.

### **1.7.1 VENTAJAS**

La automatización de un proceso frente al control manual del mismo proceso, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico, pudiéndose resaltar las siguientes:

- Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso, esta dependerá de la eficiencia del sistema implementado.
- Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.
- Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos (fabricación flexible y multifabricación).
- Se obtiene un conocimiento más detallado del proceso, mediante la recopilación de información y datos estadísticos del proceso.
- Se obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento y rendimiento de los equipos y máquinas que intervienen en el proceso.
- Factibilidad técnica en procesos y en operación de equipos.
- Factibilidad para la implementación de funciones de análisis, optimización y autodiagnóstico.
- Aumento en el rendimiento de los equipos y facilidad para incorporar nuevos equipos y sistemas de información.
- Disminución de la contaminación y daño ambiental.

- Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.
- Aumento en la seguridad de las instalaciones y la protección a los trabajadores.

### **1.7.2 EXIGENCIAS AL AUTOMATIZAR**

Existen ciertos requisitos de suma importancia que debe cumplirse al automatizar un sistema, de no cumplirse con estos se estaría afectando las ventajas de la automatización, y por tanto no se podría obtener todos los beneficios que esta brinda, estos requisitos son los siguientes:

- **Compatibilidad electromagnética:** Debe existir la capacidad para operar en un ambiente con ruido electromagnético producido por motores y máquina de revolución. Para solucionar este problema generalmente se hace uso de pozos a tierra para los instrumentos, estabilizadores ferro-resonantes para las líneas de energía, en algunos equipos ubicados a distancias grandes del tablero de alimentación se hace uso de celdas apantalladas.
- **Expansibilidad y Escalabilidad:** Es una característica del sistema que le permite crecer para atender las ampliaciones futuras de la planta, o para atender las operaciones no tomadas en cuenta al inicio de la automatización.
- **Manutención:** Se refiere a tener disponible un grupo de personal capacitado, que brinde el soporte técnico adecuado cuando se lo requiera, de manera rápida y confiable
- **Sistema abierto:** Los sistemas deben cumplir los estándares y especificaciones internacionales. Esto garantiza la interconectividad y compatibilidad de los equipos a través de interfaces y protocolos,

también facilita la interoperabilidad de las aplicaciones y el traslado de un lugar a otro.

### **1.7.3 ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN AUTOMATIZADA**

Un sistema automatizado cuenta con una serie de componentes que hacen posible la operación de un proceso o planta, entre estos se encuentran los siguientes:

- Máquinas: Son los equipos mecánicos que realizan los procesos de traslado o transformación de los productos o materia prima.
- Accionadores: Son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje o embalaje. Pueden ser: eléctricos, neumáticos e hidráulicos.
- Pre accionadores: Se usan para comandar y activar los accionadores. Por ejemplo, contactores, switches, variadores de velocidad, distribuidores neumáticos, etc.
- Captadores: Son los sensores y transmisores, encargados de captar las señales necesarias para conocer el estado del proceso, y luego enviarlas a la unidad de control.
- Interfaz hombre-máquina: Permite la comunicación entre el operario y el proceso, puede ser una interfaz gráfica de computadora, pulsadores, teclados, visualizadores, etc.
- Elementos de mando: Son los elementos de cálculo y control que administran el proceso, se denominan autómatas, y conforman la unidad de control.

### **1.8 RED AS-I**

La red de sensores y actuadores se sitúa en la parte más baja de la pirámide de control (Figura 1.32), conectando a los sensores y actuadores

con el maestro del nivel de campo. Los maestros pueden ser autómatas o PCs situados en los niveles bajos de control, o pasarelas que comuniquen la red AS-Interface con otras redes de nivel superior, como Profibus o DeviceNet.

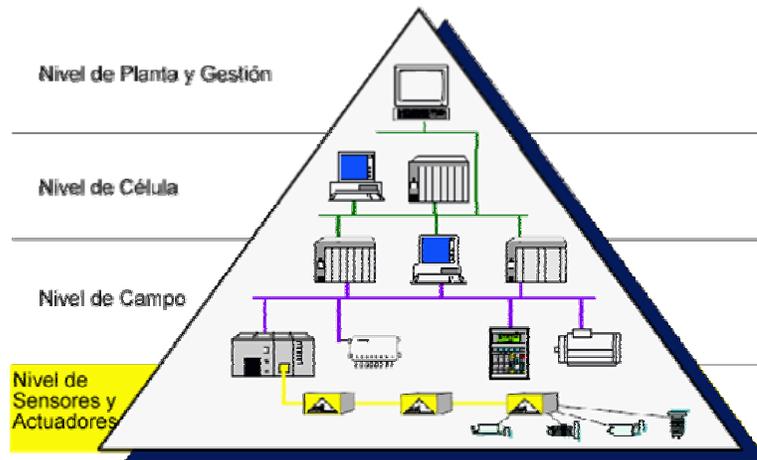


Figura 1.32: Red AS-i en la pirámide de control.

### 1.8.1 BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL AS-I.

El bus AS-Interface es una red estándar, robusta y suficientemente flexible, que cumple con todos los requerimientos para un bus de comunicación industrial. Está especialmente diseñada para el nivel “más bajo” del proceso de control. La red AS-Interface representa “los ojos y los oídos” para el control del proceso, pero utilizando técnicas de comunicación industrial.

### 1.8.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Las Características Principales de AS-Interface son:

- Ideal para la interconexión de sensores y actuadores binarios.
- A través del cable AS-i se transmiten datos y alimentación.

- Cableado sencillo y económico. Se puede emplear cualquier cable bifilar de  $2 \times 1.5 \text{ mm}^2$  no trenzado ni apantallado.
- El cable específico para AS-i, el Cable Amarillo, es autocicatrizante y está codificado mecánicamente para evitar su polarización incorrecta.
- Gran flexibilidad de topologías, que facilita el cableado de la instalación.
- Sistema monomaestro, con un protocolo de comunicación con los esclavos muy sencillo.
- Ciclo del bus rápido. Máximo tiempo de ciclo 5ms con direccionamiento estándar y 10ms con direccionamiento extendido.
- Hasta 124 sensores y 124 actuadores binarios con direccionamiento estándar.
- Hasta 248 sensores y 186 actuadores binarios con direccionamiento extendido.
- Longitud máxima de cable de 100 m uniendo todos los tramos, o hasta 300 m con repetidores.
- La revisión 2.1 del estándar facilita la conexión de sensores y actuadores analógicos.
- Transmisión por modulación de corriente que garantiza un alto grado de seguridad.
- Detección de errores en la transmisión y supervisión del correcto funcionamiento de los esclavos por parte del maestro de la red.
- Cables auxiliares para la transmisión de energía: Cable Negro (24 V DC) y Rojo (220 V AC).
- Grado de Protección IP-65/67 para ambientes exigentes.
- Cumple la normativa IP-20 para aplicaciones en cuadro.
- Temperaturas de funcionamiento entre  $-25^{\circ}\text{C}$  y  $+85^{\circ}\text{C}$ .

### 1.8.3 TOPOLOGÍAS DE RED DEL BUS DE COMUNICACIÓN AS-I

La red AS-Interface se puede montar como una instalación eléctrica estándar. Gracias al robusto principio de funcionamiento sobre el que se asienta, no hay limitaciones en cuanto a la estructura. La red AS-Interface se puede montar en árbol, línea o estrella, como se puede observar en la figura 1.33.

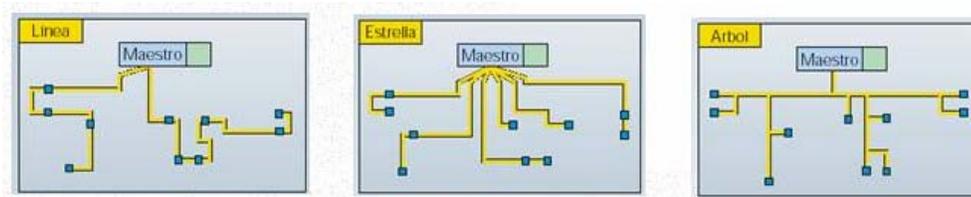


Figura 1.33: Topologías de Red.

### 1.8.4 COMPONENTES DEL BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL AS-I.

Los componentes básicos para la conformación de la red AS-i son:

#### a. MAESTRO AS-I

El maestro de una red AS-Interface es el encargado de recibir todos los datos que viajan a través de la red y enviarlos al PLC correspondiente (Figura 1.34).

Este dispositivo es el que organiza todo el tráfico de datos y en caso de que fuera necesario pone los datos de los sensores y actuadores a disposición del PLC o de un sistema de bus superior (por ejemplo, PROFIBUS), a través de las pasarelas.



Figura 1.34: Maestro AS-i

Además de todo esto, los maestros envían parámetros de configuración a los esclavos y supervisan la red constantemente suministrando datos de diagnóstico, por lo que son capaces de reconocer fallos en cualquier punto de la red, indicar de qué tipo de fallo se trata y determinar el esclavo que lo originó. Los Maestros AS-i pueden ser de dos tipos:

- Estándar
- Extendidos

En el primer caso, podrán direccionar 31 esclavos de tipo estándar. En el segundo caso, el maestro será capaz de direccionar hasta 62 esclavos extendidos, aunque por supuesto también permite la conexión de esclavos estándar.

#### **b. ESCLAVOS AS-I.**

Los esclavos pueden ser módulos de E/S descentralizados, conectados con el programa de control del PLC. El esclavo de AS-Interface reconoce los bits de datos enviados por el maestro y le devuelve sus propios datos (Figura 1.35).

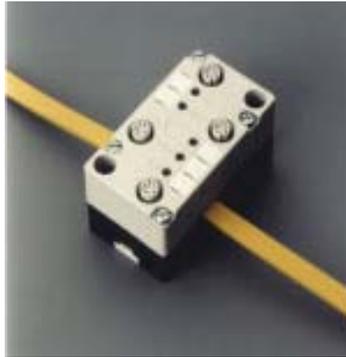


Figura 1.35: Esclavo AS-i

Hay esclavos de AS-Interface de todos los tipos posibles: Módulos normales (módulos digitales, módulos analógicos, módulos neumáticos, etc.) o módulos inteligentes (arrancadores de motor, columnas de señalización, botoneras, etc.). En un bus AS-i pueden conectarse hasta 62 esclavos.

### **c. CABLE AS-I**

El cable AS-i se ha diseñado como cable bifilar engomado, el perfil especial impide que se puedan conectar estaciones con la polaridad incorrecta.

El cable plano amarillo es el estándar, su geometría es fija y asimétrica, se encarga de transmitir los datos de toda la red y la alimentación a los sensores conectados en la misma. Para los actuadores se necesita una alimentación auxiliar (tensión auxiliar de 24 V DC o 230 V AC), para el cable de alimentación auxiliar a 24 V DC se utiliza un cable de color negro, y para el cable de alimentación auxiliar a 230 V AC se utiliza el mismo cable pero en color rojo (Figura 1.36).



Figura 1.36: Cable AS-I.

No es necesario cortar, pelar ni atornillar el cable. Para este tipo de conexión se dispone de módulos de acoplamiento en técnica de perforación de aislamiento. El cable AS-i es auto cicatrizante. Esto significa que los agujeros producidos por las cuchillas de contacto en el revestimiento de goma del cable se cierran por sí mismos, restableciendo el grado de protección IP67. En caso de montaje del cable en un módulo AS-i, el propio cable hermetiza el orificio de entrada.

#### **d. FUENTE DE ALIMENTACIÓN**

La fuente de alimentación para la red AS-Interface suministra una tensión entre 29,5 V DC y 31,6 V DC (Figura 1.37). Utiliza el acoplamiento integrado de datos y alimentación, es decir, permite transmitir datos y suministra energía a los sensores conectados en la red. Para ello, los datos transmitidos en la red AS-Interface se envían en forma de impulsos, también se encarga de modular la tensión continua en la red. Las salidas de la red se alimentan a través del cable negro perfilado. Para este cable se puede utilizar una fuente de alimentación normal de 24 V DC que cumpla con la especificación PELV (cable de protección a tierra).



Figura 1.37: Fuente de Alimentación AS-i.

#### e. MÓDULOS AS-INTERFACE

Existen dos tipos de módulos que se pueden conectar a la red AS-Interface:

- **Módulos Activos:** Son aquellos módulos que integran un chip AS-i, por lo que poseen una dirección en la red (debe ser asignada con un direccionador o por el maestro). Al poseer una dirección, tendrán asignados 4 bits de entradas y 3 ó 4 bits de salidas según se emplee direccionamiento extendido o estándar, respectivamente. Estos módulos se emplean para conectar sensores y actuadores no AS-i, es decir, sensores y actuadores binarios convencionales.
- **Módulos Pasivos:** Estos módulos no poseen electrónica integrada, es decir, sólo proporcionan medios para cambiar el tipo de cable, por ejemplo de AS-i a M12, para realizar bifurcaciones en la red en topologías de tipo árbol o como un medio de conexión de sensores y actuadores AS-i con chip integrado. Estos módulos no poseen dirección de red, ya que serán los dispositivos con electrónica AS-i integrada los que la posean.

Cada módulo que forma parte de una red AS-Interface se divide en dos partes:

- Módulo de Acoplamiento: Proporcionan una interfaz electromecánica con el cable AS-i. La parte inferior es adecuada para su acoplamiento a un carril normalizado, mientras que la parte superior posee las cuchillas de penetración para el cable AS-i.
- Módulo de Usuario: Estos módulos son específicos según la aplicación para la que estén destinados. Existen módulos de usuario que son simples recubrimientos del cable para la realización de bifurcaciones, hasta otros que integran un chip AS-i para la conexión de sensores y actuadores binarios. En este caso, el módulo de usuario también poseerá LEDs de diagnóstico de la red.

El procedimiento para la correcta instalación de los módulos AS-i (Figura 1.38) es el siguiente:

- Colocar el riel DIN (35 mm) en el lugar donde se desea instalar el/los módulo/s.
- Colocar el Módulo de Acoplamiento sobre el perfil normalizado.
- Encajar el Cable en la guía del módulo de acoplamiento. Si se emplease alimentación auxiliar, colocar igualmente el cable negro o rojo sobre su guía.
- Taponar los orificios no utilizados con Prensaestopas.
- Situar el Módulo de Usuario y atornillarlo, lo que hará que las cuchillas penetren en el cable AS-i.
- Si el montaje es correcto se asegura un grado de protección IP65 ó IP67 en función de las características de los módulos.

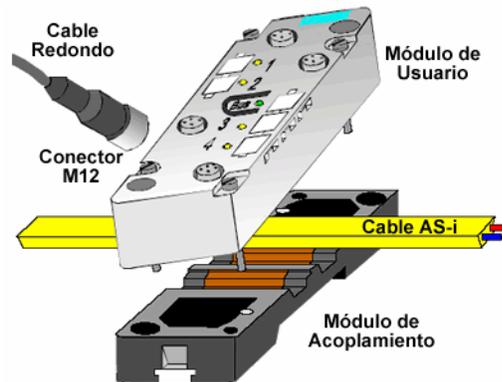


Figura 1.38: Instalación de módulos AS-i.

## f. MÓDULOS DE PROTECCIÓN

Frente al peligro que en una red supone una sobretensión eléctrica proveniente de descargas atmosféricas, contactos con cables de potencia o sobretensiones de la red de transporte de energía eléctrica, surge la necesidad de proteger a todos los dispositivos que componen la red. Para ello, existen módulos de Protección contra Sobretensiones. Un módulo de protección contra una sobretensión tiene un funcionamiento muy sencillo, el cual se reduce en derivar a tierra cualquier sobretensión detectada por dicho dispositivo dentro de la red mediante un cable que está fijado al módulo y a la tierra de la instalación.

Existen otros dispositivos cuya función es detectar algún defecto que se derive a tierra en algún cable de la red AS-i y en sensores o actuadores alimentados por dicho cable. Estos módulos son los denominados módulos de detección de defecto a tierra.

## g. PASARELAS

Si se tienen estructuras de automatización complejas, la red AS-Interface se puede conectar a un sistema de bus superior (por ejemplo,

PROFIBUS). Para esto se necesita una pasarela, por ejemplo el DP/AS-i-Link 20E de Siemens, la cual funciona como maestro de AS-Interface, pero como esclavo del sistema de bus superior. La red AS-Interface se encarga de suministrar sus señales binarias al sistema de bus superior para su posterior tratamiento en el programa de PLC.

#### **h. REPETIDOR Y EXTENSOR**

La red AS-Interface funciona sin problemas hasta una longitud de 300 metros (sin repetidor hasta 100 metros). En caso de que la instalación necesite más de 100 metros, se puede ampliar la red con 2 repetidores en serie hasta un máximo de 300 metros, 100 metros por cada nuevo segmento. El repetidor que se muestra en la figura 1.39 trabaja como un amplificador de señal. Los esclavos se pueden conectar en cada uno de los 3 segmentos de la red AS-Interface. Cada segmento necesita su propia fuente de alimentación. Los beneficios del uso de un Repetidor son:

- Mayores posibilidades de aplicación y mayor libertad en la concepción de instalaciones gracias a la posibilidad de prolongar el segmento AS-Interface.
- Reducción de los tiempos de parada y servicio técnico en caso de defecto.

Cuando en una Red AS-i un dispositivo que actúa como maestro está alejado del resto de sensores y actuadores, puede ser necesario añadir un Extensor. Éste, es un componente pasivo que tiene como función duplicar la longitud máxima que puede tener el cableado de un sensor o actuador en un segmento AS-Interface, es decir, tiene la capacidad de ampliar un tramo de red de 100 a 200 metros.



Figura 1.39: Repetidor AS-i.

## i. TERMINAL DE DIRECCIONAMIENTO

Los esclavos por defecto traen almacenada la dirección '0'. Como cada esclavo en una Red AS-i necesita de una dirección propia, (ya que en el caso de que varios de ellos tengan una misma dirección se producirán errores en la red) se necesita de un dispositivo capaz de asignar a cada esclavo una dirección única. Esa tarea es la labor del terminal de direccionamiento (Figura 1.40).

El terminal de direccionamiento reconoce al esclavo y le asigna una dirección comprendida entre la 01 y la 31. Además, incorporan un conector M12 para sensores o actuadores inteligentes. Otras características que tienen los Terminales de Direccionamiento son:

- Realizan pruebas de funcionamiento a los esclavos.
- Diagnósticos para sensores digitales y analógicos.
- Son capaces de detectar la completa configuración del sistema.
- Tienen memoria.
- Hacen la función de pasarela con el PC.



Figura 1.40: Terminal de Direccionamiento AS-i.

## 1.9 SISTEMAS HMI SCADA

SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition), es decir: adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: supervisión, control de calidad, control de producción, mantenimiento, etc.

En este tipo de sistemas usualmente existe un ordenador, que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Cada uno de los items de SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de datos) involucran muchos subsistemas, por ejemplo, la adquisición de los datos puede estar a cargo de un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual toma las señales y las envía a las estaciones remotas usando un protocolo determinado, otra forma podría ser que una computadora realice la adquisición vía un hardware especializado y luego esa información la transmita hacia un equipo de radio vía su puerto serial, y así existen muchas otras alternativas.

### **1.9.1 PRESTACIONES DE UN SCADA**

Un paquete SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema las siguientes prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones para ordenadores, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco e impresora, etc.

Existen diversos tipos de sistemas SCADA dependiendo del fabricante y sobre todo de la finalidad con que se va a hacer uso del sistema, por ello

antes de decidir cuál es el más adecuado hay que tener presente si cumple o no ciertos requisitos básicos:

- Todo sistema debe tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta.
- La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso.
- Deben permitir la adquisición de datos de todo equipo, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario.

### **1.9.2 FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA SCADA**

Un sistema SCADA debe tener entre sus funciones principales las que se detallan a continuación:

- Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
- Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada,

analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.

- Visualización gráfica dinámica: El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.
- Generación de reportes: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- Representación de señales de alarma: A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- Almacenamiento de información histórica: Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.
- Programación de eventos: Está referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

### **1.9.3 ELEMENTOS DEL SISTEMA HMI SCADA**

Un sistema SCADA está conformado por los siguientes elementos como se observa en la figura 1.41.

- Interfaz Operador Máquina: Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta.

Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.

- Unidad Central (MTU): Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.). También se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- Unidad Remota (RTU): Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta.
- Sistema de Comunicaciones: Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.
- Transductores: Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos.

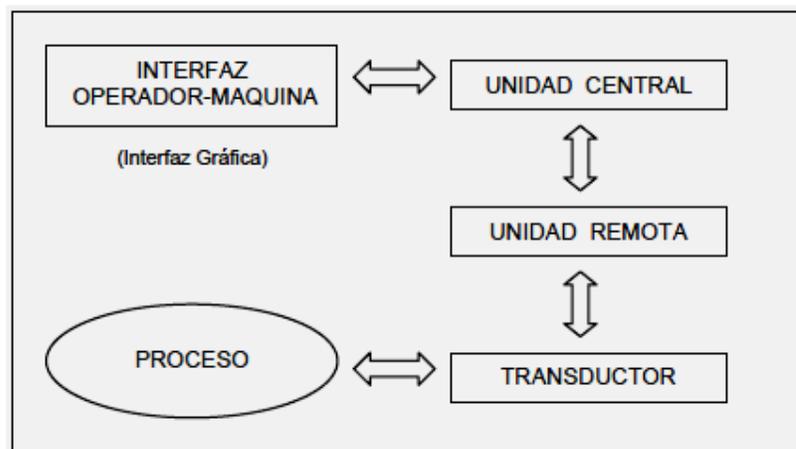


Figura 1.41: Elementos de un Sistema SCADA

## **CAPÍTULO 2**

### **DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se realizará la identificación de las variables físicas que intervienen en el monitoreo y control de un Sistema de Antiheladas, Regadío y Ventilación de un invernadero de cultivo de rosas.

Se analizará también los distintos rangos de valores que cada variable debe tener, a fin de asegurar el mejoramiento de la producción de rosas.

Éstos rangos de valores, estarán seleccionados, para las condiciones climáticas de la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, que corresponde a la zona geográfica en la que se desea crear el prototipo de invernadero, que en un futuro constituirá una referencia importante para aumentar la producción de flores la zona central del país.

Seguidamente se realizará una descripción detallada de las características relevantes de los principales elementos que han sido seleccionados para la implementación del Sistema de Antiheladas, Regadío y Ventilación del Invernadero, así como se expondrá las distintas condiciones de diseño que han sido consideradas para la selección de dichos componentes.

Se indicará además la estructura del sistema, mediante el análisis de las diferentes etapas que lo conforman, así como también se presentará los

distintos diagramas de conexionado que fue necesario realizar, para la implementación física de éste sistema.

Finalmente se describirá el diseño del sistema HMI, haciendo énfasis en las principales acciones que los actuadores que conforman parte del sistema deberán realizar, en función de las señales que reciban los cada uno de los sensores que conforman el sistema.

El diseño permitirá que, de manera automatizada se realicen todas y cada una de las acciones que sean necesarias, a fin de que las condiciones climáticas que se tengan dentro del invernadero, sean las más óptimas y aseguren en todo momento una producción de rosas de alta calidad.

## **2.2 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES FÍSICAS**

Las variables físicas que van a ser controladas para la automatización del invernadero deben cumplir con ciertas condiciones, para esto se ha realizado un análisis de las variables mostrando como referencia los valores óptimos para crecimiento favorable de los cultivos

El análisis de las variables también se muestra los daños que se pueden causar en el cultivo por alto o bajo nivel de concentración de cada variable en el microclima que se pretende crear.

Estas consideraciones manifestadas en la tabla 2.1 serán tomadas en cuenta para la programación del controlador y además para la configuración de alarmas por nivel alto o bajo en las interfaces de la HMI.

Tabla 2.1: Análisis de las variables físicas

<b>VARIABLE</b>	<b>VALORES ÓPTIMOS</b>	<b>DAÑO POR NIVEL ALTO</b>	<b>DAÑO POR NIVEL BAJO</b>
Temperatura	17 – 22 °C	Alteración de permeabilidad.	Estrés térmico.
Humedad del suelo	10 – 20 cB	Destrucción de pelos radiculares.	Marchitamiento de las plantas.
Humedad Relativa	60 – 75 %	Podredumbre.	Reducción de fotosíntesis.
CO <sub>2</sub>	500 – 800 ppm	Aumento de plagas.	Contaminación de la planta por tóxicos.
Luminosidad	15 horas continuas	Estrés hídrico.	Etiolación en el tallo.

## 2.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES

### 2.3.1 SELECCIÓN DEL PLC

La gran mayoría de automatismos industriales cuenta con un autómata que realiza las operaciones de control de un sistema, es por esta razón que en este caso también se ha elegido realizar las acciones de control con el uso de PLC por su robustez frente a los ambientes agresivos que se encuentran en el campo. Para el control del sistema se decidió usar como plataforma Siemens Simatic S7-200 CPU 226 que se muestra en la figura 2.1.

Este PLC dispone de las prestaciones apropiadas de acuerdo con las necesidades que se tiene para la creación del sistema, el dispositivo

cuenta con las siguientes características que se aplican de forma satisfactoria en el proyecto:

- Alimentación 110 VAC.
- 24 Entradas digitales.
- 16 Salidas digitales tipo relé.
- Comunicación AS-i
- Memoria de Programa 24 KB.
- Lenguaje de Programación: KOP, FUP, AWL.



Figura 2.1: Siemens Simatic S7-200 CPU 226

### 2.3.2 SELECCIÓN DE COMPONENTES DE LA RED AS-I

Para la automatización del invernadero inteligente se ha requerido el uso de sensores y actuadores, con el objetivo de economizar costos de cableado se ha decidido realizar una red de sensores y actuadores que cumplan con las siguientes características necesarias para poder levantar el sistema automatizado:

- Transmisión de energía y datos por un solo cable.
- Comunicación en tiempo real.
- Interconexión de esclavos de diferentes clases.

- Longitud de bus de 100m sin repetidor.
- Alto número de entradas y salidas.

Los componentes de la red AS-i implementada en el invernadero inteligente son los mostrados en la tabla 2.2

Tabla 2.2: Componentes usados en la red AS-i

Elemento	Cantidad
Maestro AS-i	1
Módulo digital K60	2
Módulo analógico K60	2
Módulo digital S45	4
Distribuidores K45	4
Fuente AS-i	1
Cable AS-i	50 m

### 2.3.3 SENSOR FINAL DE CARRERA

El final de carrera (figura 2.2) o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") es un dispositivo eléctrico, neumático o mecánico situados al final del recorrido de un elemento móvil.

Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados



Figura 2.2: Sensor final de carrera

Para poder detectar la posición de ventanas, puerta y sistema de riego foliar, se ha decidido usar finales de carrera, esta selección se realizó de acuerdo con las aplicaciones de uso y especificaciones técnicas que se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Características requeridas de los finales de carrera

<b>CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Número de finales de carrera (FC)	8
Aplicación de cada FC	FC ventana 1 abierta FC ventana 1 cerrada FC ventana 2 abierta FC ventana 2 cerrada FC foliar inicio FC foliar fin FC puerta abierta FC puerta cerrada
Tipo de accionamiento	Mecánico – Rodillo medio
Velocidad de operación	0.01 ~ 1 m/s
Corriente máxima que soporta	15 A con 120 VAC

#### **2.3.4 SENSOR DE TEMPERATURA PT100**

Es un sensor de temperatura, que está formado por un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

Normalmente las Pt100 industriales (figura 2.3) se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).



Figura 2.3: Sensor PT100 con vaina y cabezal

Se decidió usar este sensor de temperatura puesto que presenta las características técnicas mostradas en la tabla 2.4, que son apropiadas para su operación de acuerdo con las necesidades del proyecto, una de las características más importante es que el rango de medición es adecuado para la medición de temperatura en el interior del invernadero y en el calefactor.

Tabla 2.4: Características técnicas PT100

Tipo de sensor	Resistencia de platino 100Ω a 0°C
Rango de temperatura operativo	0 – 400 °C
Material del cuerpo	Incomel 600
Exactitud	0.5 °C
Conexión	3 cables (RTD, RTD, compensación)

La Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

### 2.3.5 TRANSMISOR DE TEMPERATURA SITRANS TH100

SITRANS TH100 (figura 2.4) es un convertidor de temperatura, fabricado por el grupo SIEMENS, que puede utilizarse para la medida de temperatura con termo resistencias Pt100. Su tamaño compacto permite instalarlo en un cabezal tipo B (DIN 43729) o mayor.



Figura 2.4: Transmisor SITRANS TH100

La señal que es suministrada por la PT100 (conexión a 2,3, o 4 hilos) es transformada para entregar a su salida una señal de salida de 4 a 20 mA independiente de la carga. La tabla 2.5 muestra las características técnicas que se consideraron para selección del transmisor, las más importantes son: el voltaje de alimentación y la señal de salida.

Tabla 2.5: Características técnicas SITRANS TH100

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Entrada (sensores compatibles)	Termorresistencias PT100
Salida	4 – 20 mA
Alimentación	8.5 a 36 Vcd
Tipo de conexión	2,3 o 4 hilos
Señal de fallo (en caso de rotura del sensor)	3.6 ... 23mA, ajustable de forma continua (valor por defecto 3.84 o 22.8 mA)
Temperatura ambiente	- 40 ° C a +85° C
Grado de protección	IP40
Humedad relativa del aire	98%, con condensación
Software para la parametrización	SIPROM T, combinado con el módem para SITRANS TH1007TH200
Condiciones de software para SIPROM T	Windows ME, 2000 y XP; solo en combinación con el módem RS232 aún se puede utilizar Windows 95, 98 y 98SE

### **2.3.6 SENSOR - TRANSMISOR DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA DWYER MODELO 657-1**

El transmisor modelo 657-1 (figura 2.5) tiene dos canales de 4-20 mA para producir señales de salida separadas de humedad relativa y temperatura. Tiene una exactitud del  $\pm 2\%$  para mediciones de humedad y del  $\pm 3\%$  para temperatura.



Figura 2.5: Transmisor DWYER 657-1

El sensor utilizado en la serie 657-1 tiene un sensor de humedad de película de polímero integrada con tecnología de vanguardia, y un sensor de temperatura de platino de película delgada, para asegurar gran confiabilidad y estabilidad durante muchos años de servicio continuo.

El conexionado básico de los canales de este transmisor, se muestran en la figura 2.6:

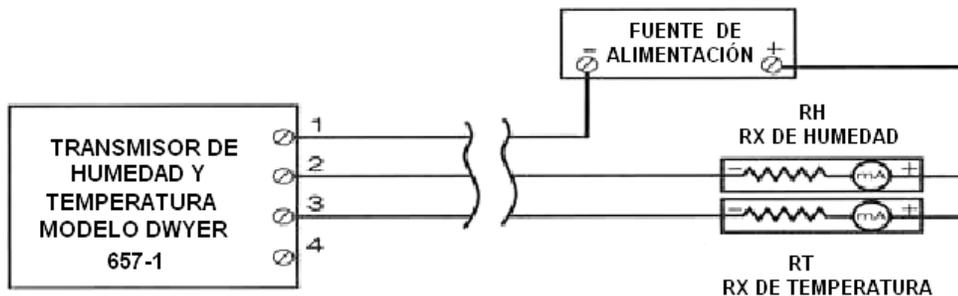


Figura 2.6: Diagrama de conexionado del transmisor DWYER 657-1

Para la selección del sensor – transmisor de humedad, se verificó que las características técnicas mostradas en la tabla 2.6 satisfacen las necesidades de medición de humedad relativa en el invernadero.

El criterio de selección se orientó en las prestaciones de mayor importancia, como son: rango de medición, voltaje de alimentación y señal de salida; todas estas se ajustan correctamente a los requerimientos del sistema

Tabla 2.6: Características técnicas DWYER 657-1

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Servicio	Detección de humedad y temperatura en el aire
Intervalo de humedad relativa (RH)	±2% (10 – 90% RH) ±3% (0 al 10% y 90 al 100% RH)
Intervalo de temperatura	±1 ° F (0.5 ° C)
Límites de temperatura de operación	32 a 158 ° F (0 a 70 ° C)
Límites de presión de operación	1 PSI (0.07 BAR)
Alimentación	10 – 35 VCD
Señal de salida	2 canales cada uno de 4 a 20 mA. Lazo de alimentación en el canal de RH (Humedad relativa)
Conexiones eléctricas	4 terminales de tornillo (Fig. 2.6)

### 2.3.7 SENSOR DE CO<sub>2</sub> AIRSENSE MODELO 310E

El sensor modelo AIRSENSE 310 mostrado en la figura 2.7, es un analizador infrarrojo no dispersivo para medir la concentración de CO<sub>2</sub> en los sistemas de ventilación y en espacios interiores. Su rango de medición está en el orden de 0 - 2000 ppm, que permite cubrir el rango necesario para vigilar el cumplimiento de ASHRAE<sup>3</sup>.

Este sensor viene empaquetado en una caja compacta que se puede instalar en cualquier lugar de una manera discreta y sencilla.

<sup>3</sup> American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado)



Figura 2.7: Sensor de CO<sub>2</sub> AIR SENSE modelo 310E

Este sensor ofrece las prestaciones adecuadas para satisfacer las necesidades del proyecto. Para la selección del dispositivo se analizaron que las características técnicas mostradas en la tabla 2.7, a continuación se indican las opciones de configuración que pueden ser aplicadas en el sistema:

- Una salida de tensión de 0 – 10 Vcd, la tensión de salida aumenta linealmente de 0 voltios en el umbral de salida de baja a 10 voltios en el umbral de alto rendimiento. Los rangos que vienen seteados por defecto son: umbral de salida baja a 0 ppm y umbral de alto rendimiento a 2000 ppm.
- Una salida de corriente estándar de 4 a 20 mA, ésta se incrementa linealmente a partir de 4 mA en el umbral de salida de baja a 20 mA en el umbral de alto rendimiento. Los valores de umbral que vienen por defecto de fábrica son: umbral de salida baja a 0 ppm y umbral de alto rendimiento a 2000 ppm. Si la resistencia total entre las dos terminales de salida excede el máximo de resistencia de bucle especificado ( $R_L \leq 500\Omega$ ), la corriente de salida puede ser erróneamente para bajas y altas concentraciones de CO<sub>2</sub>.

- Un contacto de relé que puede ser configurado para abrirse o cerrarse por encima de un punto de set point ajustable por el usuario.

Tabla 2.7: Características técnicas AIRSENSE 310E

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Principio de operación	Analizador infrarrojo no dispersivo (NDIR)
Desviación típica por año	±75 ppm (@ 1200ppm)
Precisión	±5% de lectura o 75 ppm (Lo que sea mayor)
Intervalo recomendado de calibración	5 años
Tiempo de respuesta	Menos de 1 minuto
Rango de temperatura de operación	0 a 50 ° C
Rango De humedad de operación	0 a 90% (Humedad relativa RH sin condensación)
Requisitos de alimentación	20 – 28 VRMS AC 18 – 30 VCD
Consumo de potencia	Menor a 2 W a 24 VCD
Ajustes de calibración	Únicamente SPAN (OFFSET eléctricamente anulado)
Voltaje de salida (lineal)	0 – 10 VCD estándar
Corriente de salida (lineal)	4 - 20 mA (RL ≤ 500 Ω)
Tiempo de vida útil	10 años

Para elegir si a la salida se desea tener una señal de voltaje o de corriente, existe un selector que se configura a través de jumpers, como se muestra en la figura 2.8, esta configuración se la realiza de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

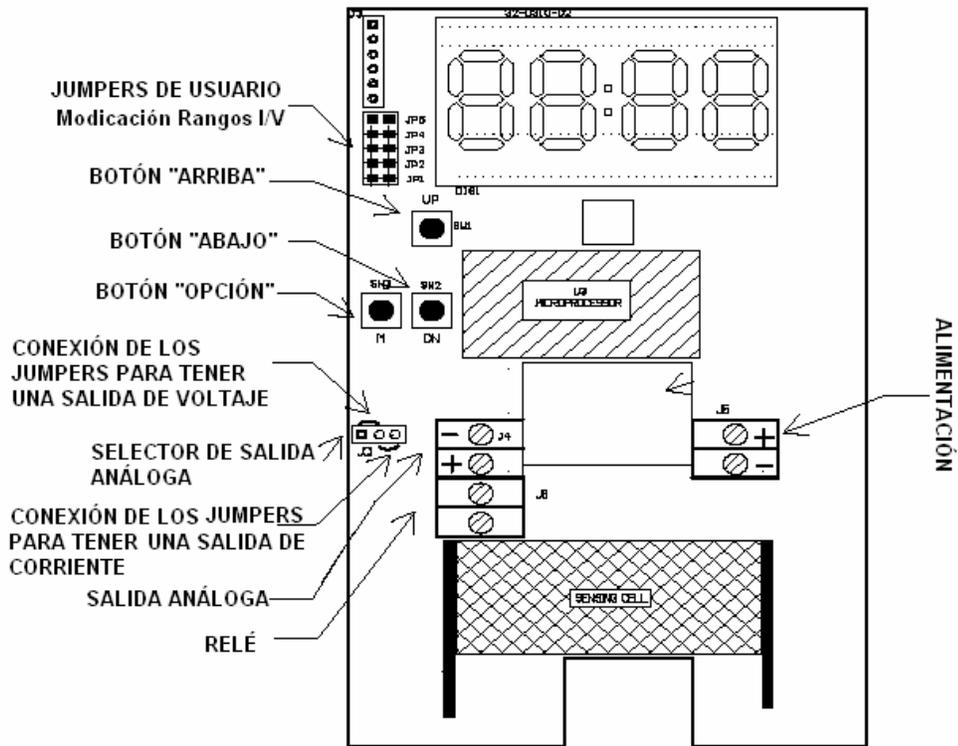


Figura 2.8: Esquema de la localización de componentes de AIR SENSE modelo 310E

### 2.3.8 ANEMÓMETRO DAVIS 7911

El anemómetro modelo DAVIS 7911 mostrado en la figura 2.9, permite medir de forma precisa la velocidad y dirección del viento. Está fabricado con componentes de alta calidad, resistentes a vientos extremos. La veleta está balanceada a mano para una óptima estabilidad y precisión. El rango y la precisión del sensor han sido testados en un túnel de viento, lo que garantiza su buen funcionamiento. Éste anemómetro incluye 12 m de cable estándar y todo lo necesario para su montaje en un tubo, poste de madera, mástil de antena, o estructuras similares. Las prestaciones del sensor mencionadas son las adecuadas para satisfacer la necesidad de la medición de la dirección del viento en la zona que se encuentra el invernadero.



Figura 2.9: Anemómetro DAVIS 7911

El circuito que mide la velocidad es un simple interruptor que se cierra en cada revolución. La dirección del viento se mide con un potenciómetro de 20 KΩ aproximadamente, Cuando la dirección cambia, existe variación de resistencia, por lo que la salida es una señal de resistencia diferente para cada orientación de la aguja de dirección. La figura 2.10 muestra el conexionado interno del sensor.

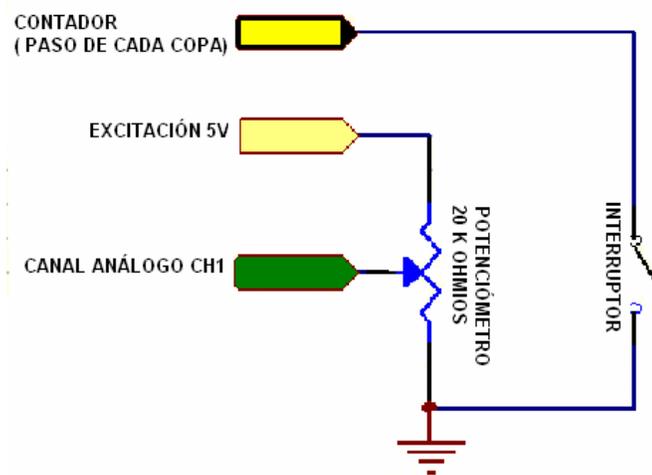


Figura 2.10: Esquema interno y conexionado del Anemómetro DAVIS 7911

La tabla 2.8 muestra algunas características técnicas adicionales, en las que se basa la selección del componente para su instalación en el invernadero.

Tabla 2.8. Características técnicas anemómetro DAVIS 7911

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Servicio	Velocidad del viento (copas e interruptor magnético) Dirección del viento (veleta y potenciómetro)
Longitud del cable de conexión	12 metros
Rango de la velocidad del viento	0 – 80 m/s
Resolución de la velocidad del viento	0.1 m/s
Precisión de la velocidad del viento	±5%
Rango de la dirección del viento	0 – 360°
Resolución de la dirección del viento	1°
Precisión de la dirección del viento	±7°
Señal de salida de la velocidad del viento	Interruptor magnético (Señal PWM)
Señal de salida de la dirección del viento	Potenciómetro (Señal Analógica)

### 2.3.9 SENSOR DE HUMEDAD DEL SUELO WATERMARK W5SS

El sensor WATERMARK W5SS mostrado en la figura 2.11, permite realizar la medición de la humedad de la tierra y el control de la frecuencia y dosis de los riegos. Su principio de funcionamiento se basa en medir la fuerza que las plantas hacen para extraer el agua del suelo. Basta con enterrar el sensor en la tierra a la profundidad adecuada.

El sensor de humedad de la tierra de cultivo WATERMARK puede utilizarse en todos los cultivos y con todos los métodos de riego. Se adapta a casi todos los suelos que normalmente se cultivan, hasta los más arcillosos. Puede reflejar tensiones comprendidas entre 10 y 200 cB<sup>4</sup>.



Figura 2.11: Sensor de humedad del suelo WATERMARK W5SS

Para la utilización de este componente en la desarrollo del proyecto, se realizaron los siguientes criterios de selección basados en las características técnicas del sensor:

- Presenta una construcción robusta en acero inoxidable y plásticos especiales para una larga vida sin problemas.

---

<sup>4</sup> cB Centibares, unidad métrica de presión utilizada tradicionalmente en la agricultura como unidad de la tensión del agua del suelo (la presión del agua en las raíces de las plantas)

- No requiere mantenimiento y pueden dejarse en el suelo durante temporadas enteras ya que tampoco es sensible al frío. No precisa de calibración ni ajuste.
- La resistencia a lo largo del par de electrodos colocados dentro de la cubierta del sensor, varía de acuerdo al contenido de humedad.
- Responde rápidamente a los cambios de humedad del suelo. Lleva incorporado 150 metros de cable.
- El uso de éste tipo de sensores, permite: eliminar estimaciones, ahorrar agua, reducir costes de bombeo, suprimir los lavados de nitrógeno debido a riegos demasiado copiosos e innecesarios.

La tabla 2.9 muestra las características técnicas del sensor, que son factor importante para la selección del dispositivo.

Tabla 2.9: Características técnicas WATERMARK W5SS

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Corriente de consumo	< 1 mA
Rango de la señal de salida	550 – 28000 $\Omega$
Rango de medida	0 – 200 cb

La interpretación de las lecturas de humedad en el suelo, se lo realiza según la textura del suelo, para esto se muestran los valores de las lecturas y su interpretación en la tabla 2.10.

Tabla 2.10. Interpretación de la humedad del suelo

<b>LECTURA (cb)</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
0 – 10	Suelo saturado
10 – 30	Suelo con suficiente humedad. Excepto los suelos de arena gruesa que empiezan a secarse
30 - 60	Margen normal para iniciar el riego excepto en los suelos muy arcillosos
60 - 80	Margen normal para iniciar el riego en los suelos muy arcillosos
80 +	El suelo se está secando peligrosamente

La profundidad a la que se debe colocar el sensor, depende de la profundidad de las raíces del cultivo, la cual depende a su vez, de la profundidad y textura del suelo. El criterio adecuado es el de situar el sensor en la zona radicular (capa del suelo que contiene raíces de plantas) efectiva. Para el caso de cultivos de enraizamiento somero, como lo son las rosas, la zona radicular efectiva es menor a 35 cm.

El sensor puede ser sujetado a una estaca o pasar a través de un tubo, como se observa en la figura 2.12, se debe tener cuidado que los electrodos estén aislados correctamente para que la medición realizada sea la correcta.

Es imprescindible que el sensor esté siempre bien humedecido en el momento de su colocación, además, a fin de evitar cualquier daño que podría provocarse en la membrana exterior del sensor por su roce con partículas secas y abrasivas, es conveniente que el suelo también esté bien húmedo.

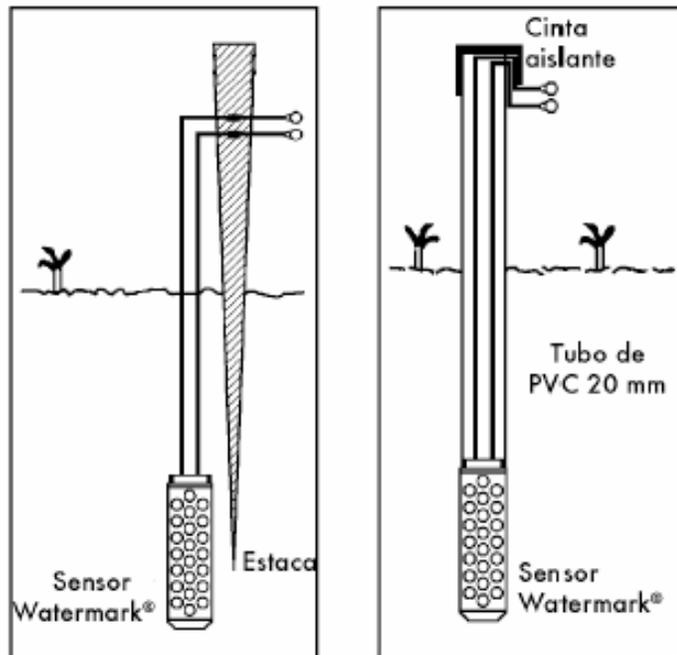


Figura 2.12: Instalación del sensor de humedad del suelo WATERMARK W5SS

Utilizando dos sensores a diferentes profundidades de la zona radicular, como se muestra en la figura 2.13, se conocerá de manera más efectiva cuando y cuánto hay que regar, mediante el siguiente análisis:

- Si el sensor más superficial indica sequedad, mientras el más profundo marca la existencia de humedad suficiente, pueden aplicarse los riegos en ciclos más cortos (mayor frecuencia y menor volumen) para humedecer la parte superior del sistema radicular.
- Si el sensor más profundo indica falta de agua, se darán riegos más copiosos, capaces de humedecer estos niveles del terreno.

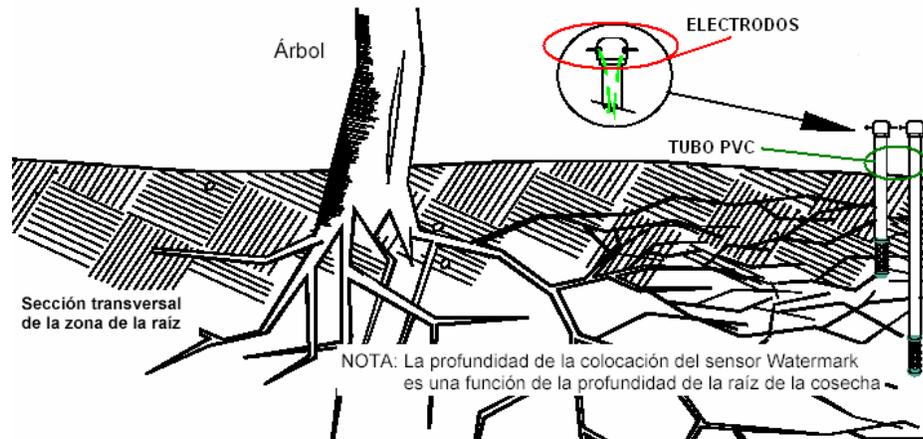


Figura 2.13: Instalación de dos sensores de humedad a distinta profundidad

### 2.3.10 SENSOR DE LUMINOSIDAD

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento. Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada.

Entre los principales elementos fotoeléctricos que se utilizan en la práctica tenemos: fotodiodos, fotorresistencias, fototransistores, células fotovoltaicas (figura 2.14).

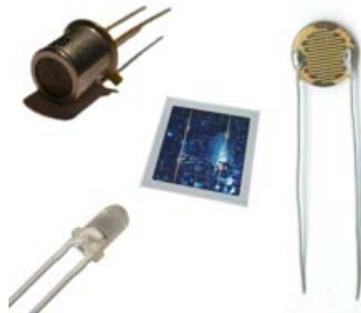


Figura 2.14: Sensores fotoeléctricos

El sensor de luz más común es el LDR - Light Dependant Resistor o Resistor dependiente de la luz (figura 2.15). Un LDR es básicamente un resistor que cambia su resistencia cuando cambia la intensidad de la luz.

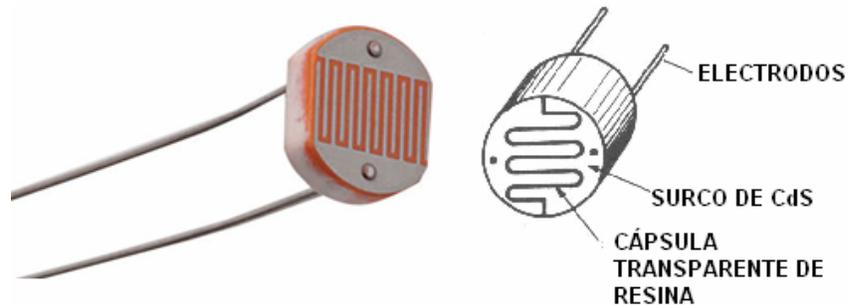


Figura 2.15: Fotorresistencia

Existen varios sensores para la medición de niveles de iluminación, para la medición de luz en el proyecto se usará como sensor una fotorresistencia, ya que las características técnicas mostradas en la tabla 2.11 se aplican adecuadamente a los requerimientos del sistema, además se consideraron los siguientes criterios:

- Facilidad de acondicionamiento para obtener una señal de salida estándar (4 – 20mA).
- Bajo costo, y buena disponibilidad en el mercado.
- La variación del valor de la resistencia tiene cierto retardo, si se pasa de oscuro a iluminado o viceversa. Esto limita a no usar los LDR en aplicaciones en las que la señal luminosa varía con rapidez. El tiempo de respuesta típico de un LDR está en el orden de una décima de segundo.

- Las fotorresistencias tienen un efecto de memoria a la luz; es decir, su resistencia específica depende de la intensidad y duración de una exposición y al tiempo transcurrido desde una posición anterior.

Tabla 2.11. Características técnicas de una fotorresistencia

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Servicio	Cantidad de iluminación
Tipo de sensor	Resistivo
Resistencia de oscuridad (Después de 20 segundos)	$10^4 \Omega \leq R_D \leq 10^9 \Omega$
Resistencia de iluminación (100 Lux)	$10 \Omega \leq R_I \leq 5 \times 10^3 \Omega$
Disipación máxima	50mW – 1W
Voltaje máximo	600V

### 2.3.11 MOTOR UNIVERSAL

El motor universal (figura 2.16) es un tipo de motor que puede ser alimentado con corriente alterna o con corriente continua, es indistinto. Sus características principales no varían significativamente, sean alimentados de una forma u otra. Por regla general, se utilizan con corriente alterna.



Figura 2.16: Motor Universal

Para la selección adecuada de los motores eléctricos a utilizar en el proyecto, se debe considerar aspectos que son relevantes tales como: potencia, tensión, velocidad, frecuencia. Las características requeridas para este caso son las mostradas en la tabla 2.12:

Tabla 2.12 Características requeridas de los motores eléctricos

<b>CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Número de motores	4
Aplicación de cada motor	2 ventanas laterales del invernadero 1 regadío foliar 1 puerta del invernadero
Tipo de motor	Universal
Tensión	110VAC
Frecuencia	60Hz
Potencia mecánica	0.18 KW o ¼ HP
Velocidad	100 RPM

Los motores universales que se encontró en el mercado y que se ajustan a las necesidades para el proyecto, tienen las características que se muestran en la tabla 2.13:

Tabla 2.13 Características del motor universal seleccionado

<b>CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Tensión	110VAC
Corriente	0.5A
Frecuencia	60Hz
Potencia mecánica	0.18 KW o ¼ HP
Velocidad	1200 RPM

Debido a que no se pueden obtener motores con la velocidad requerida (100 RPM), ya que es muy baja, es necesario seleccionar un elemento reductor de velocidad (figura 2.17).



Figura 2.17: Reductor de velocidad

Las características del reductor elegido son las que se muestran en la tabla 2.14:

Tabla 2.14 Características del reductor seleccionado

<b>CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Potencia	0.25 HP
Velocidad de entrada	1200 RPM
Velocidad de salida	120 RPM
Potencia mecánica	0.18 KW o ¼ HP
Relación de reducción	10:1
Tipo	Coaxial

Como se aprecia en la tabla 2.14 la relación de reducción es 10:1, siendo esta la característica principal para la elección del reductor, ya que la velocidad de salida proporcionada por el componente es de 120 RPM, esta velocidad es aceptable para la implementación en el sistema.

### **2.3.12 ELECTROBOMBA DE AGUA HIDROS QB-60**

Para la selección de la bomba de agua (figura 2.18) se tomaron en cuenta los criterios mostrados a continuación:

Es utilizada exclusivamente para bombear agua limpia y fluidos que no sean químicamente agresivos a los componentes de la bomba. No se puede utilizar para líquidos con impurezas como: aguas servidas, líquidos barrocos, etc. Es muy confiable, simple de usar, silenciosa y prácticamente libre de mantenimiento.

Esta electrobomba ha sido diseñada para el uso doméstico en la casa o en el jardín, para el drenaje de inundaciones, transferencia de líquidos, drenaje de tanques, toma de agua de pozos, drenaje de botes, sistemas de regadío, etc.



Figura 2.18: Electrobomba de agua HIDROS QB-60

Las características técnicas de la bomba de agua mostradas en la tabla 2.15 satisfacen las necesidades que requiere el sistema de riego para la implantación en el invernadero, por esta razón se escogió la Electrobomba de agua HIDROS QB-60 para elevar la presión de agua en la línea de riego.

Tabla 2.15. Características técnicas electrobomba HIDROS QB-60

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Uso	Elevación y extracción de agua
Alimentación	110/220 VCA – 60Hz
Potencia	0.5 HP 0.37 KW
Amperaje (1 – 220V)	1.9 A
Velocidad del motor	2850 RPM
Caudal máximo	40 litros / minuto
Altura manométrica máxima	30 metros
Capacidad máxima de succión	8 metros
Peso	5.5 Kg.
Temperatura máxima del agua	35 ° C

### 2.3.13 ELECTROVÁLVULA BERMAD S-390-2

Es una válvula solenoide normalmente cerrada NC de dos vías  $\frac{3}{4}$  " (figura 2.19). La marca BERMAD diseña y produce equipos destinados específicamente para acciones de riego. En el caso de la válvula solenoide de la serie S, que se está aplicando en éste proyecto, puede ser utilizada para las siguientes aplicaciones: riego por aspersión, jardinería residencial, campos de golf, sistemas de abastecimiento de agua, viveros, máquinas de riego pivotes, sistemas de riego por goteo y sistemas de filtración.

Presenta las siguientes ventajas, en base a las que se escogió el componente:

- Baja sensibilidad a fluctuaciones de voltaje y agua turbia.

- Baja temperatura de operación.
- Ahorro en el costo de cables eléctricos, debido a la sección reducida que se requiere.
- Este tipo de válvulas, requieren de energía eléctrica mínima y pueden ser accionadas con baterías de baja potencia.



Figura 2.19: Electroválvula BERMAD Serie 390-2

Las características técnicas de la electroválvula mostradas en la tabla 2.16 satisfacen las necesidades que requiere el sistema de riego para la implantación en el invernadero.

Tabla 2.16. Características técnicas electroválvula BERMAD S-390-2

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Voltaje de operación	12 V AC/DC $\pm$ 10% 24 V AC/DC $\pm$ 10%
Presión máxima	10 BAR (140 PSI)
Temperatura de operación (Agua)	5 ° C – 70° C (23 ° F – 160 ° F)
Conexiones	Hembra 1/8 NPT

### 2.3.14 ELECTROVÁLVULA GENEBRE 4030-31

Es una válvula solenoide normalmente cerrada NC de dos vías (figura 2.20), con acción directa adaptada para la intercepción de los fluidos compatibles con los materiales que están construidas. No necesitan una presión mínima para su funcionamiento.



Figura 2.20: Electrovalvula GENEBRE 4030-31

Las características técnicas de la electroválvula mostradas en la tabla 2.17 satisfacen las necesidades que requiere el sistema de calefacción y generador de CO<sub>2</sub> para la implantación en el invernadero.

Tabla 2.17. Características técnicas electroválvula BERMAD GENEBRE 4030-31

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Viscosidad máxima admisible	53 cSt 7 ° E <sup>5</sup>
Caudal	3,3 Litros/minuto
Potencia	8 W
Presión máxima	0 bar
Presión máxima	14 bar

<sup>5</sup> cSt Unidad de viscosidad (centi Stoke), 1 St = 0.001 m<sup>2</sup>/s.

<sup>°</sup> E Grados Engler Unidad de temperatura usada en Europa Continental.

### 2.3.15 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Los distintos equipos que son utilizados en el proyecto necesitan estar protegidos, por lo que se ha considerado conveniente el uso de los siguientes componentes: relés, contactores, guardamotores e interruptores termomagnéticos.

Los relés que se han seleccionado para el proyecto están referenciados con la tabla 2.18.

Tabla 2.18: Características de los relés seleccionados

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Número de relés	2
Aplicación de cada relé	1 para la electroválvula del regadío foliar 1 para la electroválvula del regadío por goteo
Bobina	Voltaje de control AC: 24VAC
Contactos	Voltaje de línea: 250VAC
	Corriente de carga: 10A

Un contactor (figura 2.21) es de constitución parecida a la del relé pero tiene la capacidad de soportar grandes cargas en sus contactos principales, aunque la tensión de alimentación de su bobina sea pequeña.



Figura 2.21: Contactor industrial de 120 VAC

Principalmente consta de 10 bornes de conexión (esto variará según el modelo y marca):

- 2 para la alimentación de la bobina.
- 2 para un contacto abierto o cerrado usado en el circuito de control (contacto auxiliar). Este contacto se puede suplementar con bloques específicos de contactos que se asocian físicamente al contactor; pueden ser NC-NC; NC-NO-NO-NC; NO-NO, etc.
- 6 para la conmutación de las líneas de potencia (Contactos principales).

Para la selección de los contactores usados en el sistema se tomaron en cuenta los siguientes criterios de selección:

- Tensión de alimentación de la bobina: Esta puede ser continua o alterna, siendo esta última la más habitual, y con tensiones de 120 VAC, 24 VAC o 220 VAC.
- Número de veces que el circuito electromagnético va a abrir y cerrar. Se puede necesitar un contactor que cierre una o dos veces al día, o quizás otro que esté continuamente abriendo y cerrando sus

contactos. Hay que tener en cuenta el arco eléctrico que se produce cada vez que esto ocurre y el consiguiente deterioro.

- Corriente que consume el motor de forma permanente (corriente de servicio).

Los contactores que se han seleccionado para el proyecto se muestran en la tabla 2.19.

Tabla 2.19: Características de los contactores seleccionados

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Número de contactores	10
Aplicación de cada contactor	1 del paro de emergencia 1 de apertura de la puerta 1 de cierre de la puerta 1 de apertura de la ventana 1 1 de cierre de la ventana 1 1 de apertura de la ventana 2 1 de cierre de la ventana 2 1 del motor de riego foliar, sentido de giro derecho. 1 del motor de riego foliar, sentido de giro izquierdo 1 de la bomba
Bobina	Tensión: 110 – 120 VAC
	Frecuencia: 50 – 60 Hz
Contactos principales	Tensión: 400 VAC
	Corriente: 17A
	Potencia: 7.5 KW

La figura 2.22 muestra un guardamotor, es un disyuntor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a sobre - intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores. Al guardamotor electromecánico, también se lo suele llamar como arrancador.



Figura 2.22: Guardamotor industrial.

Las características principales de los guardamotors, al igual que de otros interruptores automáticos magneto-térmicos, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo.

Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

Los criterios en base a los cuales se seleccionaron los guardamotors son los siguientes:

- Protección de la instalación.
- Protección contra cortocircuitos.

- Protección del motor.
- Amplio rango de compensación de la temperatura ambiente.
- Protección de fallo de fase.

Los guardamotores que se han seleccionado para la protección de los motores se muestran en la tabla 2.20.

Tabla 2.20. Características de los guardamotores.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Número de guardamotores	4
Aplicación de cada guardamotor	1 del motor de la puerta 1 del motor de la venta 1 1 del motor de la ventana 2 1 motor del riego foliar
Rango de corriente	0.7 – 1 A
Corriente de cortocircuito	12 A

Además de proteger a los motores, es necesario considerar que la electrobomba que se está utilizando en el proyecto también debe ser protegida, por lo que se añade un quinto guardamotor, el mismo que tiene las características que se muestra en la tabla 2.21.

Tabla 2.21: Características del guardamotor para la electrobomba.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Rango de corriente	1.8 – 2.5 A
Corriente de cortocircuito	12 A

El interruptor termomagnético (figura 2.23) es un medio de protección y desconexión a base de elementos mecánicos termomagnéticos de fácil accionamiento y de rápida respuesta a la falla eléctrica, ensamblados en caja moldeada.



Figura 2.23: Interruptor termomagnético industrial.

Son utilizados para la protección de alimentadores en general contra sobrecargas y cortocircuitos. También garantizan la protección contra descargas peligrosas por tensiones excesivas de contacto originadas por defectos de aislamiento. Son especialmente convenientes para elevadas intensidades de arranque (Lámparas de gas aislado, Motores, etc.).

Entre sus características más relevantes, se citan las siguientes:

- Elevada capacidad de ruptura
- Buena limitación de la corriente y selectividad
- Disponible en versiones monopolar, bipolar y tripolar
- Los bornes combinados permiten la conexión simultánea de barras colectoras y de conductores
- Buena limitación de la corriente y selectividad
- Disponible en versiones monopolar, bipolar y tripolar
- Los bornes combinados permiten la conexión simultánea de barras colectoras y de conductores

Debido a su función de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, los interruptores termomagnéticos son dispositivos de fundamental importancia para un ejercicio fiable y seguro de las instalaciones eléctricas.

La selección de los interruptores termomagnéticos se lo realizó de la siguiente manera:

- Un interruptor para la etapa de control, con las siguientes características:

Tabla 2.22: Características del interruptor termomagnético – etapa de control

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Tensión de contactos	230 VAC
Corriente de cortocircuito	10 A
Número de polos	2

- Un interruptor general cuyas características son:

Tabla 2.23: Características del interruptor termomagnético – general

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Tensión de contactos	380 VAC
Corriente de cortocircuito	63 A
Número de polos	3

- Tres interruptores para: el PLC, la fuente de 24V y la fuente ASI, las características son las siguientes:

Tabla 2.24: Características del interruptor termomagnético – PLC y fuentes

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Tensión de contactos	400 VAC
Corriente de cortocircuito	3 A
Número de polos	2

## 2.4 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES DE LOS SENSORES

Los sensores de humedad del suelo, dirección del viento e iluminación no tienen sus salidas normalizadas (4 – 20 mA). Para obtener estos valores, es necesario agregar una etapa de acondicionamiento de señales, para lo cual se utilizará amplificadores operacionales.

### 2.4.1 ACONDICIONAMIENTO DEL ANEMÓMETRO

El anemómetro DAVIS 7911, entrega una variación de resistencia de 0 a 20 KΩ, de acuerdo a la dirección del viento (ángulo de 0 a 360 °). Debido a que los esclavos analógicos pueden interpretar una señal estándar de 4 a 20mA se ha optado por implementar el circuito de acondicionamiento mostrado en la figura 2.24 y figura 2.25, De acuerdo con los siguientes cálculos de diseño:

*Divisor de tensión*

$$V_1 = \frac{V_T \cdot SENSOR}{R_D + SENSOR}$$

$$V_1 = \frac{12v(20K\Omega)}{10K\Omega + 20K\Omega}$$

$$V_1 = 8v$$

Convertor de nivel

$$A = \frac{Vo_2 - Vo_1}{Vin_2 - Vin_1}$$

$$A = \frac{5 - 1}{8}$$

$$A = 0.5$$

$$A = \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_2 = R_4 = R_5 = 10K\Omega$$

$$R_1 = \frac{10K\Omega}{0.5}$$

$$R_1 = 20K\Omega$$

$$B = Vo_1 - AVin_1$$

$$B = 1 - (0.5 * 0)$$

$$B = 1$$

$$B = \frac{R_2}{R_3} V_{cc}$$

$$R_3 = \frac{R_2}{B} V_{cc}$$

$$R_3 = \frac{10}{1} 12$$

$$R_3 = 120K\Omega$$

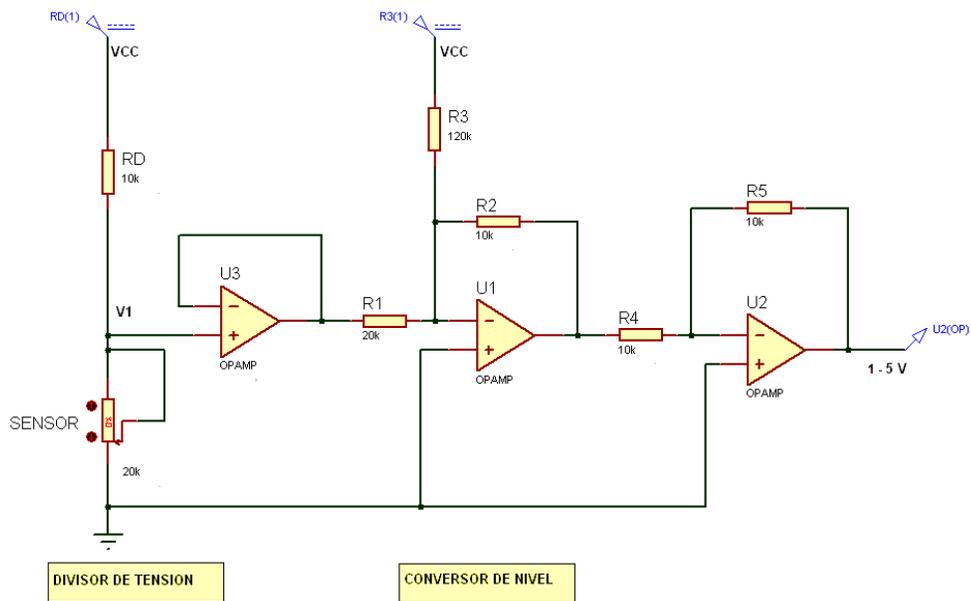


Figura 2.24: Circuito de acondicionamiento (señal 1 – 5v)

### Conversor Voltaje/Corriente

$$R = \frac{V_{O1}}{I_{\min}} \qquad R = \frac{V_{O2}}{I_{\max}}$$
$$R = \frac{1\text{v}}{4\text{mA}} \qquad R = \frac{5\text{v}}{20\text{mA}}$$
$$R = 250\Omega \qquad R = 250\Omega$$

$$R = R_6 = R_7 = R_8 = R_9$$

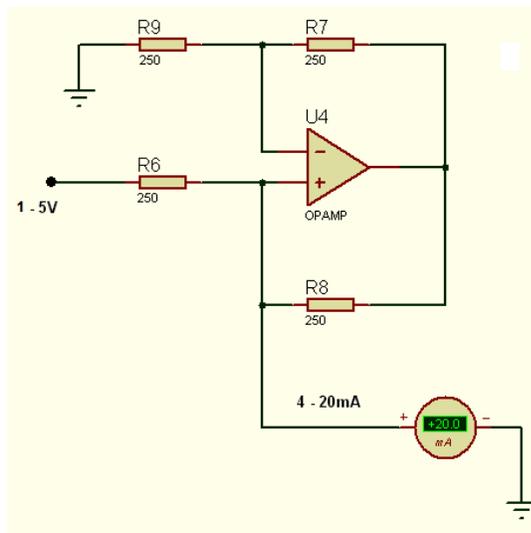


Figura 2.25: Conversor de Voltaje/Corriente

## 2.4.2 ACONDICIONAMIENTO DE LOS SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO

El sensor de humedad de suelo WATERMARK, entrega una variación de resistencia de 550 a 28000  $\Omega$ , de acuerdo a la concentración de humedad en el suelo (0 a 200 cB). Debido a que los esclavos analógicos pueden interpretar una señal estándar de 4 a 20mA se ha optado por implementar el circuito de acondicionamiento para cada sensor de humedad mostrado en la figura 2.26 y figura 2.27. De acuerdo con los siguientes cálculos de diseño:

### Divisor de tensión

$$V_1 = \frac{V_T \cdot \text{SENSOR}}{R_D + \text{SENSOR}}$$

$$V_1 = \frac{12v(28K\Omega)}{14K\Omega + 28K\Omega}$$

$$V_1 = 8v$$

### Convertor de nivel

$$A = \frac{V_{O2} - V_{O1}}{V_{in2} - V_{in1}}$$

$$A = \frac{5 - 1}{8}$$

$$A = 0.5$$

$$A = \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_2 = R_4 = R_5 = 10K\Omega$$

$$R_1 = \frac{10K\Omega}{0.5}$$

$$R_1 = 20K\Omega$$

$$B = V_{O1} - AV_{in1}$$

$$B = 1 - (0.5 * 0)$$

$$B = 1$$

$$B = \frac{R_2}{R_3} V_{CC}$$

$$R_3 = \frac{R_2}{B} V_{CC}$$

$$R_3 = \frac{10}{1} 12$$

$$R_3 = 120K\Omega$$

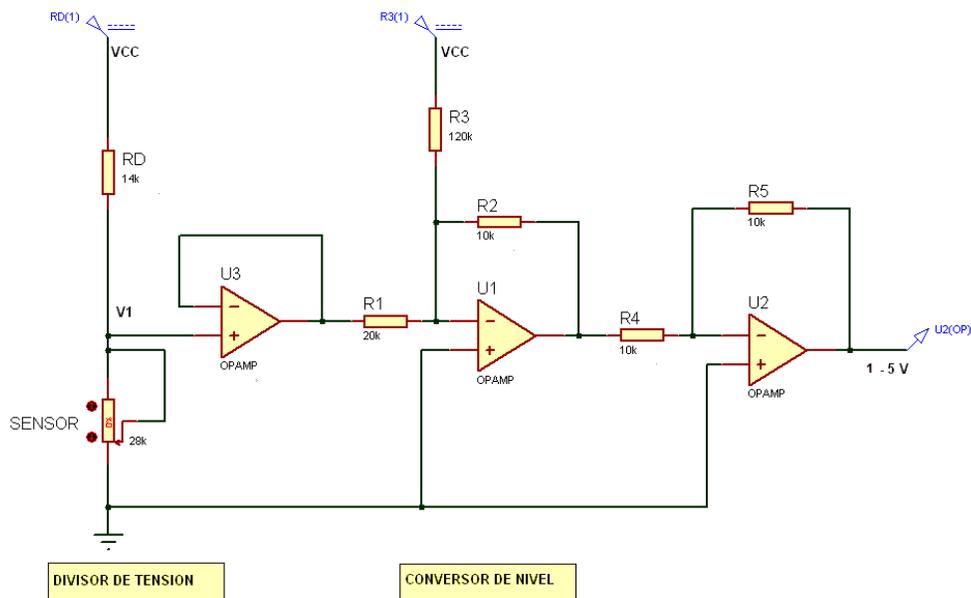


Figura 2.26: Circuito de acondicionamiento (señal 1 – 5v)

### Conversor Voltaje/Corriente

$$R = \frac{V_{O1}}{I_{\min}} \qquad R = \frac{V_{O2}}{I_{\max}}$$
$$R = \frac{1\text{v}}{4\text{mA}} \qquad R = \frac{5\text{v}}{20\text{mA}}$$
$$R = 250\Omega \qquad R = 250\Omega$$

$$R = R_6 = R_7 = R_8 = R_9$$

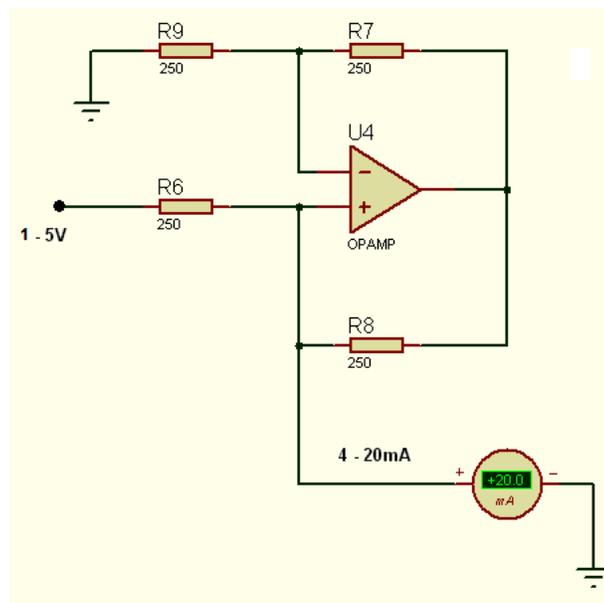


Figura 2.27: Conversor de Voltaje/Corriente

### 2.4.3 ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE LUMINOSIDAD

El sensor de luminosidad LDR, entrega una variación de resistencia de 50 a 1000000  $\Omega$ , de acuerdo a la intensidad luminosa en el ambiente. Debido a que los esclavos analógicos pueden interpretar una señal estándar de 4 a 20mA se ha optado por implementar el circuito de acondicionamiento mostrado en la figura 2.28 y figura 2.29, De acuerdo con los siguientes cálculos de diseño.

*Divisor de tensión*

$$V_1 = \frac{V_T \cdot \text{SENSOR}}{R_D + \text{SENSOR}}$$

$$V_1 = \frac{12v(1M\Omega)}{0.5M\Omega + 1M\Omega}$$

$$V_1 = 8v$$

*Convertor de nivel*

$$A = \frac{V_{O2} - V_{O1}}{V_{in2} - V_{in1}}$$

$$A = \frac{5 - 1}{8}$$

$$A = 0.5$$

$$A = \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_2 = R_4 = R_5 = 10K\Omega$$

$$R_1 = \frac{10K\Omega}{0.5}$$

$$R_1 = 20K\Omega$$

$$B = V_{O1} - AV_{in1}$$

$$B = 1 - (0.5 * 0)$$

$$B = 1$$

$$B = \frac{R_2}{R_3} V_{CC}$$

$$R_3 = \frac{R_2}{B} V_{CC}$$

$$R_3 = \frac{10}{1} 12$$

$$R_3 = 120K\Omega$$

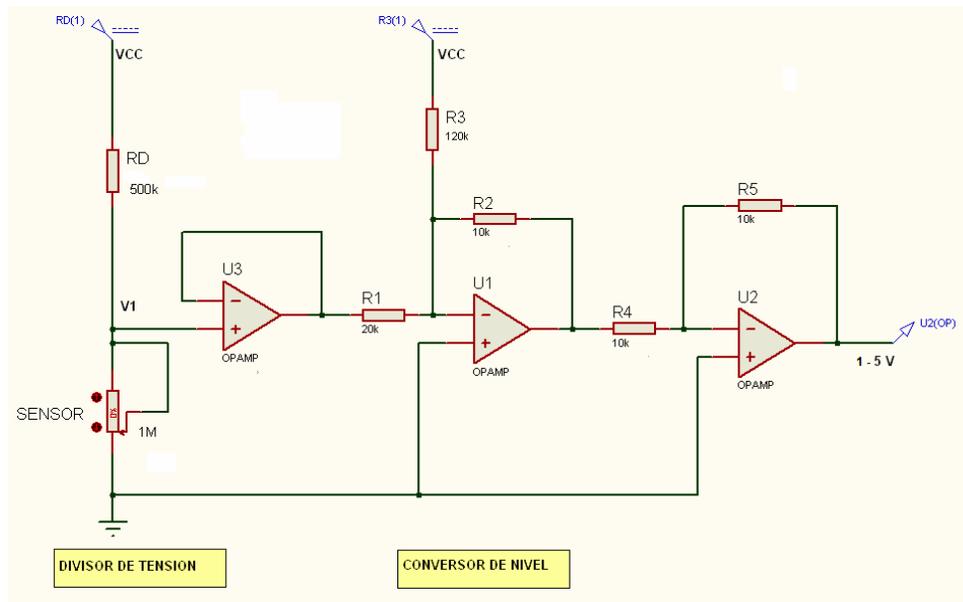


Figura 2.28: Circuito de acondicionamiento (señal 1 – 5v)

### Conversor Voltaje/Corriente

$$R = \frac{V_{O1}}{I_{\min}} \qquad R = \frac{V_{O2}}{I_{\max}}$$
$$R = \frac{1\text{v}}{4\text{mA}} \qquad R = \frac{5\text{v}}{20\text{mA}}$$
$$R = 250\Omega \qquad R = 250\Omega$$

$$R = R_6 = R_7 = R_8 = R_9$$

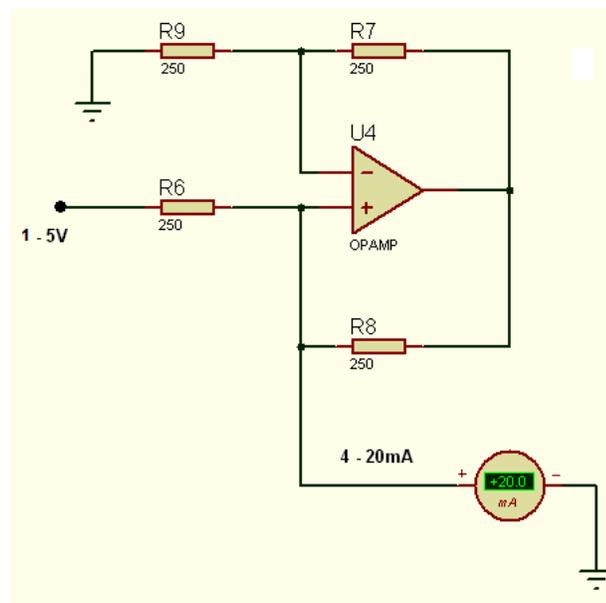


Figura 2.29: Conversor de Voltaje/Corriente

## 2.5 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El sistema cuenta con dos modos de funcionamiento: modo de control manual y modo de control automático, para lo cual el tablero de control cuenta con un selector que indica el tipo de modo en el que se encuentra el sistema, de la misma manera la HMI también cuenta con esta característica, como se muestran en las figuras 2.30 y 2.31.

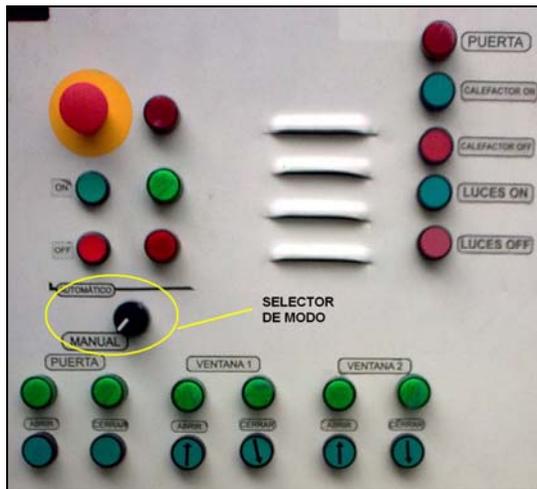


Figura 2.30: Selector de modo mediante tablero de control

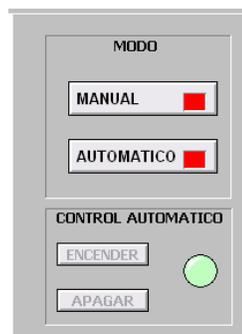


Figura 2.31: Selector de modo mediante HMI

### 2.5.1 MODO MANUAL

Cuando el sistema se encuentra en modo manual el proceso puede ser operado mediante el uso de los botones ubicados en el panel y los botones desplegados en la pantalla del HMI que se habilitarán cuando este modo sea activado, con lo que se consigue encender y apagar: riego, calefacción, iluminación, CO<sub>2</sub>.

## **2.5.2 MODO AUTOMÁTICO**

Para el funcionamiento del sistema en modo automático se requiere la información sobre las variables de sistema, valores consigna (SP) o tipo de cultivo y los principales parámetros que se controlan en un invernadero, como se detallan a continuación.

### **a. CONTROL DE TEMPERATURA**

El control de la temperatura interna del invernadero se basa en la lectura del sensor de temperatura (PT100) ubicado en el centro de la estructura (figura 2.32) y el manejo de las ventanas laterales del invernadero, bajo las siguientes condiciones que posteriormente serán usadas como base para la programación del controlador.

Si la temperatura es mayor a la proporcionada por el usuario, se inicia la apertura de ventanas dependiendo de la dirección del viento hasta llegar a una temperatura ambiente menor a la indicada en el valor consigna (SP).

Para el control de temperatura no se tomó como una opción usar la calefacción para aumentar la temperatura en el invernadero, debido a que el consumo de energía es demasiado alto con relación al beneficio que proporciona.

Muchos cultivos crecen mejor cuando las temperaturas nocturnas son menores a las diurnas. Excepcionalmente ciertas plantas pueden morir si se exponen a temperaturas altas en la noche, es por esta razón que el sistema de calefacción se utiliza en el invernadero solamente como un complemento para el sistema anti helada, más no para mantener una temperatura constante durante todo el día.



Figura 2.32: Ubicación del sensor de temperatura

#### **b. CONTROL DE HUMEDAD DEL SUELO**

El control de la humedad del suelo en el invernadero se basa en la lectura de los sensores de humedad (WATERMARK) ubicados en el centro del área de cultivo a 20cm y 40cm de profundidad (figura 2.33), y el manejo del riego mediante goteo, bajo las siguientes condiciones.

Si la humedad del suelo es mayor a la proporcionada por el usuario, se suspende el riego mediante goteo, hasta que la humedad del suelo en el invernadero sea menor a la indicada en el valor consigna (SP).

Si la humedad del suelo es menor a la proporcionada por el usuario, se inicia el riego mediante goteo, hasta que la humedad del suelo en el invernadero sea mayor a la indicada en el valor consigna (SP).

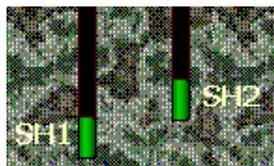


Figura 2.33: Ubicación de sensores de humedad del suelo

### c. CONTROL DE HUMEDAD RELATIVA

El control de la humedad relativa interna del invernadero se basa en la lectura del sensor de humedad relativa (DWYER) ubicado en el centro de la estructura (figura 2.34) y el manejo del riego mediante goteo, bajo las siguientes condiciones.

Si la humedad relativa es mayor a la proporcionada por el usuario, se suspende el riego mediante goteo, hasta que la humedad relativa en el ambiente sea menor a la indicada en el valor consigna (SP).

Si la humedad relativa es menor a la proporcionada por el usuario, se inicia el riego mediante goteo, hasta que la humedad relativa en el ambiente sea mayor a la indicada en el valor consigna (SP).



Figura 2.34: Ubicación del sensor de humedad relativa

Estas condiciones están relacionadas directamente con la humedad del suelo puesto que con una humedad del suelo alta la humedad relativa también se incrementa.

#### **d. CONTROL DE CO<sub>2</sub>**

El control del nivel de CO<sub>2</sub> interno del invernadero se basa en la lectura del sensor de CO<sub>2</sub> (AIRSENSE) ubicado en el centro de la estructura (figura 2.35) y el manejo de: calefactor y una electroválvula ubicada en el escape del sistema de calefacción, bajo las siguientes condiciones.

Si el nivel de CO<sub>2</sub> es menor al proporcionado por el usuario, se arranca el sistema de calefacción y se abre la electroválvula del escape hasta llegar a un nivel de CO<sub>2</sub> en el ambiente mayor al indicado en el valor consigna (SP), el sistema se vuelve a encender solamente cuando el nivel de CO<sub>2</sub> desciende nuevamente.



Figura 2.35: Ubicación del sensor de CO<sub>2</sub>

#### **e. CONTROL DE LUMINOSIDAD**

El control de la luminosidad interna del invernadero se basa en la lectura del sensor de luminosidad (LDR) ubicado en la parte superior de la estructura (figura 2.36) y el manejo de luminarias, bajo las siguientes condiciones.

De acuerdo con la ubicación geográfica de nuestro país las horas de luz en el día son aproximadamente de 12 a 13 horas, por lo que una vez que el sensor indica una baja luminosidad se encienden las luces durante 2 horas, puesto que lo recomendado para la mayoría de cultivos es contar con 14 a 15 horas continuas de buena iluminación durante el día, las luminarias se vuelven a encender el siguiente día una vez que haya descendido nuevamente el nivel de iluminación.



Figura 2.36: Ubicación del sensor de luminosidad

#### **f. SISTEMA ANTI HELADA**

El control del sistema anti helada se basa en la lectura de dos sensores de temperatura (PT100) ubicados en el centro de la estructura y otro en el interior del calefactor, así como la operación del riego foliar y del calefactor, bajo las siguientes condiciones que posteriormente serán usadas como base para la programación del controlador.

Si la temperatura se aproxima al valor consigna (SP) para el arranque del sistema anti helada, se enciende el calefactor para intentar mantener el invernadero a una temperatura superior a la que se produce la helada, si no se consigue mantener la temperatura interna del invernadero y se llega a una temperatura en igual al valor consigna de helada, se apaga el calefactor y se enciende el riego foliar que es la mejor forma de evitar que los cultivos sean dañados por las bajas temperaturas.

## 2.6 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

Para una mejor comprensión y con el fin de plantear una solución al problema se ha considerado necesario representar el sistema mediante un diagrama de bloques de la figura 2. 37.

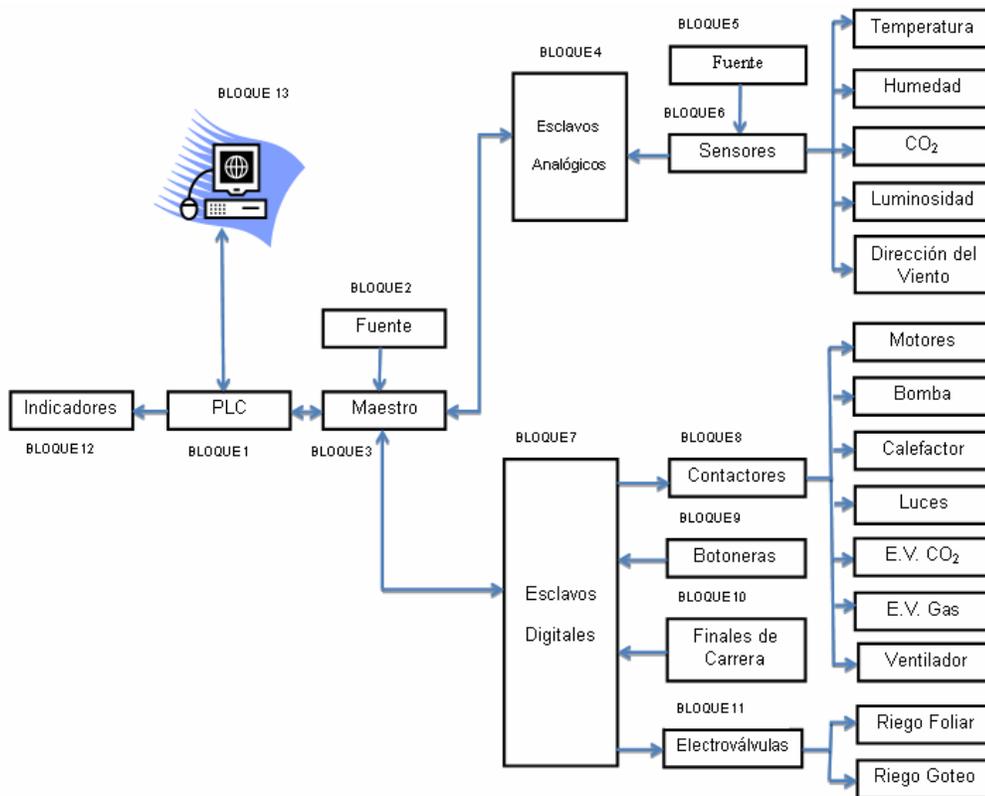


Figura 2.37: Diagrama de bloques del sistema.

**Bloque 1.-** Representa el autómata programable utilizado para el proyecto, se encarga de controlar el funcionamiento de los sistemas de riego, ventilación, iluminación, calefacción y CO<sub>2</sub>. Además gestiona la comunicación con la HMI y estado de alarmas que son monitoreadas mediante un computador.

**Bloque 2.-** Fuente AS-I: La fuente proporciona energía a todos los módulos que intervienen en la red AS-I.

**Bloque 3.-** Maestro: El maestro se encarga de gestionar la transmisión y recepción de datos entre el PLC y la red, así como la organización de tráfico de datos en el bus de campo.

**Bloque 4.-** Esclavos analógicos: Estos módulos se encargan de recoger datos analógicos de los sensores y los envía al maestro de la red.

**Bloque 5.-** Fuente SITOP: Esta fuente proporciona energía a los sensores analógicos y a la vez permite la transmisión de información de los mismos hacia los esclavos analógicos.

**Bloque 6.-** Sensores: Se utilizan los sensores de: temperatura, humedad del suelo, humedad relativa, nivel de CO<sub>2</sub>, luminosidad y dirección del viento, que envían datos a los esclavos analógicos.

**Bloque 7.-** Esclavos digitales: Estos módulos se encargan de recoger datos digitales de los dispositivos digitales (finales de carrera, botones) y enviar señales a los contactores y actuadores utilizados en el invernadero.

**Bloque 8.-** Contactores: Son utilizados para operar los elementos de potencia, en este caso: motores, bomba, chispa de encendido de calefactor, luces, electroválvula de gas, electroválvula de CO<sub>2</sub> y ventilador.

**Bloque 9.-** Botoneras: Estos elementos permiten la operación manual del sistema mediante el modo local.

**Bloque 10.-** Finales de carrera: Estos sensores permiten identificar la posición en la que se encuentran las ventanas, puerta y carro de riego foliar.

**Bloque 11.-** Electroválvulas: Cuando se energizan con 24 VAC permiten el paso de agua a través de las tuberías a los sistemas de riego: foliar y goteo.

**Bloque 12.-** Indicadores: Estos elementos muestran en modo local el estado de los procesos que se están ejecutando en el invernadero.

## 2.7 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Para el completo funcionamiento de un invernadero inteligente se diseñó un sistema de riego que puede proporcionar agua a los cultivos mediante goteo y foliar (en caso de producirse una helada), además el sistema de riego tiene la capacidad de fertilización mediante un tanque auxiliar o por un inyector venturi. De acuerdo con los parámetros establecidos por los fabricantes de los dispositivos de riego como: nebulizadores y mangueras de goteo, la presión de agua óptima en la línea de riego debe ser de 2 BAR (29 PSI). Con el fin de plantear una solución a los requerimientos se diseñó e implementó el sistema de riego mostrado en la figura 2.38.

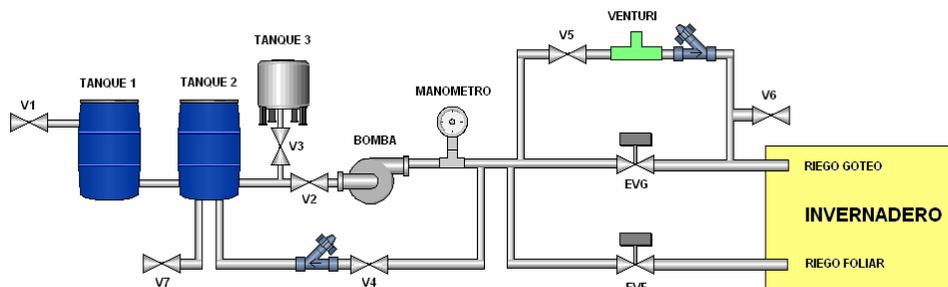


Figura 2.38: Sistema de riego

**Bomba.-** La bomba permite elevar la presión del agua para el correcto funcionamiento de los elementos de riego.

**Manómetro.-** Este instrumento permite visualizar la presión en PSI del agua en la línea.

**Vénturi.-** El venturi es un inyector que funciona en base al diferencial de presión que existe en la línea de agua y se utiliza para la fertilización de los cultivos.

**Tanque 1, Tanque 2.-** Estos tanques se utilizan para el almacenamiento de agua que será utilizada por la bomba para el riego.

**Tanque 3.-** Este tanque es utilizado para almacenar la mezcla de agua y fertilizantes que se usarán en el cultivo.

**V1.-** La válvula 1 se utiliza para el llenado de los tanques con agua proporcionada por las tuberías preinstaladas de la ESPE-L.

**V2.-** La válvula 2 se utiliza para dejar pasar agua a la bomba, como procedimiento de seguridad esta válvula debe estar abierta siempre para no producir daños a la bomba.

**V3, V5.-** La válvula 3 se utiliza para dejar pasar los fertilizantes a la línea de riego mediante el tanque auxiliar. La válvula 5 deja pasar los fertilizantes por goteo mediante el inyector venturi.

**V4.-** La válvula 4 se utiliza para controlar la presión en la línea de riego mediante la recirculación de agua en el sistema.

**V6, V7.-** La válvula 6 y la válvula 7 se utilizan como tomas auxiliares de agua o para vaciado de los tanques.

### 2.7.1 FUNCIÓN DEL RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo o riego localizado es un método de irrigación utilizado para la optimización de agua y fertilizantes mediante el uso de cintas o mangueras con goteros (figura 2.39).

Este proceso de irrigación inicia cuando el nivel de humedad en el suelo es baja o cuando es activado manualmente por el operador de acuerdo con la programación establecida en el controlador y dependiendo del valor consigna (SP) señalado en la HMI.



Figura 2.39: Riego por goteo

### 2.7.2 FUNCIÓN DEL RIEGO FOLIAR

El riego foliar o riego por aspersion es un método de irrigación utilizado para incrementar la humedad en el suelo, en este caso con el uso de nebulizadores (figura 2.40) que crean una niebla fina para no causar daños en los cultivos.

Este proceso de irrigación inicia cuando la temperatura desciende hasta producirse la helada o es activado manualmente por el operador de acuerdo con la programación establecida en el controlador y dependiendo del valor consigna (SP) señalado en la HMI. Este tipo de riego no es recomendable usarlo cuando la temperatura interior del invernadero es alta, por lo que en modo automático se usa solamente para el sistema anti-helada.



Figura 2.40: Riego Foliar (Anti helada)

## 2.8 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

Para la implementación del sistema automatizado se determinó que el control ON-OFF es el más adecuado para la aplicación por las siguientes características.

Las variables (temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, luminosidad) que se desean controlar tienen una velocidad de cambio lenta, por esta razón el control utilizado solamente enciende o apaga los actuadores dependiendo del valor consigna (SP) y el valor actual de cada variable.

### **2.8.1 DISEÑO DE LAS ACCIONES DE CONTROL**

En la actualidad en toda planta o proceso industrial se cuenta con un control local (campo) desde un panel, y con un control remoto (control-room) mediante una HMI.

#### **a. CONTROL LOCAL.**

Para el control en modo local se pueden realizar las siguientes acciones desde el panel.

- Paro manual por emergencia o falla.
- Selección de control manual o automático.
- Arranque de modo automático.
- Apertura y cierre manual de: ventanas y puerta.
- Inicio manual de riego por goteo y foliar.
- Encendido manual de: calefactor y luces.
- Señalización de procesos en curso.
- Alarma visual por puerta abierta.

#### **b. CONTROL REMOTO.**

Para el control en modo remoto se pueden realizar las siguientes acciones desde la HMI.

- Visualización de las variables de proceso en pantalla principal y en detalle.
- Ingreso de valores consigna (SP) para cada variable.
- Control manual de: ventanas y puerta, riego, temperatura, luminosidad, CO<sub>2</sub>.

- Selección de modo manual y automático.
- Visualización y reconocimiento de alarmas por alto o bajo nivel de las variables.
- Graficas en tiempo real e histórico de cada variable.
- Protección de acceso a la HMI mediante el ingreso de contraseña para Operador y Supervisor.

## 2.8.2 DISEÑO DE CONTROL MEDIANTE PLC.

Para el desarrollo del control mediante PLC se procede con la realización del programa de control mediante el uso del software STEP 7 MicroWIN SP8 versión 4.0, este software dispone tres lenguajes para la programación de PLC: KOP, AWL y FUP, se decidió usar lenguaje KOP.

Este es el lenguaje más apropiado para la aplicación por su estructura didáctica (ladder), de fácil comprensión para el programador, para el usuario y para realizar tareas de mantenimiento.

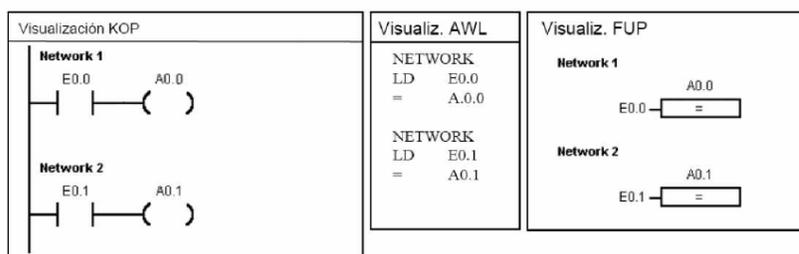


Figura 2.41: Lenguajes de programación STEP 7 MicroWIN

La programación del controlador se efectúa conforme los requerimientos especificados en el funcionamiento del sistema y tomando en cuenta las características detalladas en las acciones de control.

### 2.8.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL

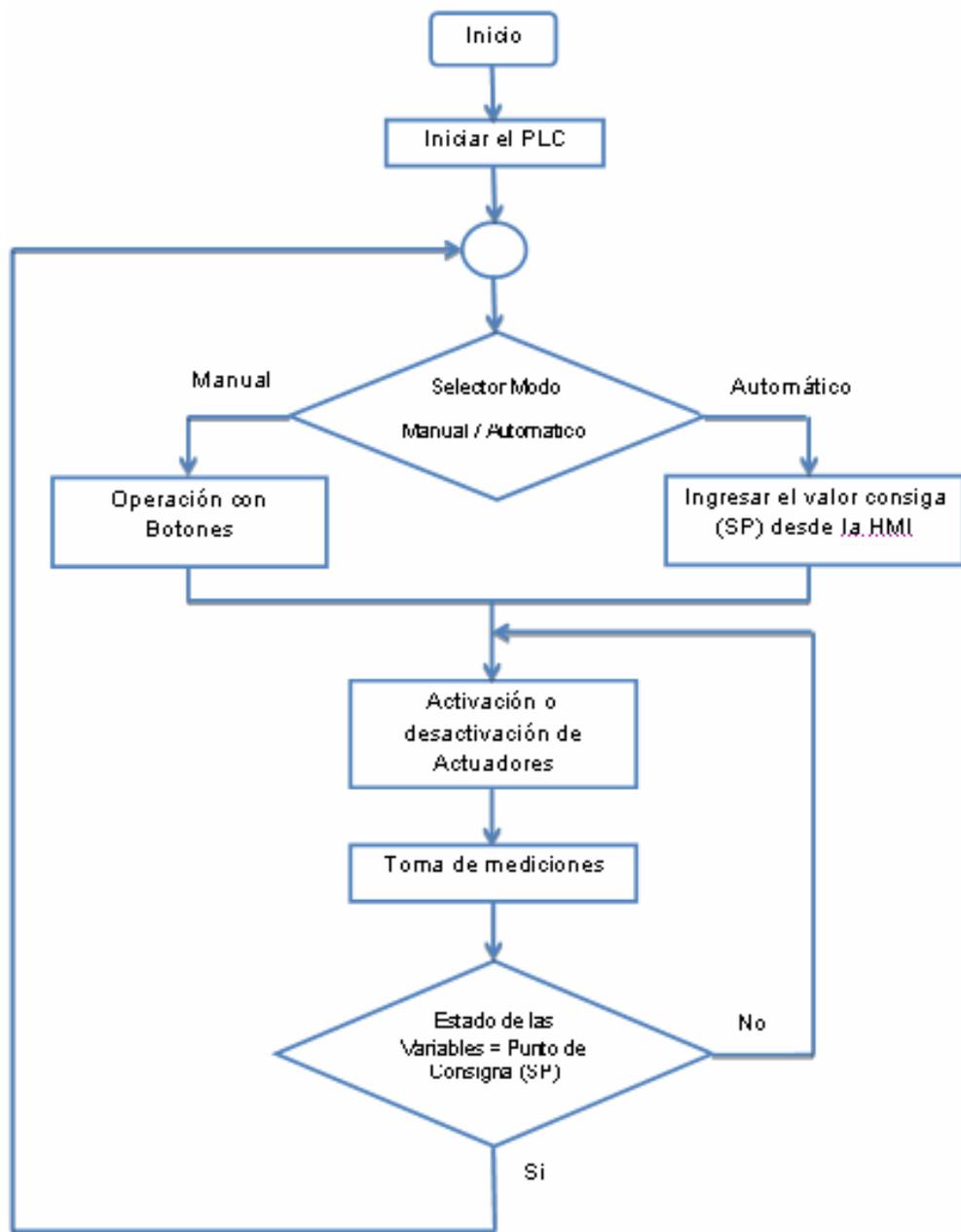


Figura 2.42: Diagrama de flujo del sistema de control

Conforme con la estructura y funcionamiento del sistema, el algoritmo de control se compone de funciones y tareas que se detallan a continuación:

Iniciar el PLC

**Iniciar controlador y SP**

**Establecer comunicación con S7-200 y la HMI**

**Velocidad de transmisión 9.6 kbps**

**Protocolo PPI**

**Interfaz RS-485**

Fin de la tarea

Ingresar valor consigna / Operación con botoneras

**Si el selector está en modo automático**

**Leer valores consigna de la HMI**

**Si el selector está en modo manual**

**Realizar operaciones ordenadas por las botoneras de la HMI o del tablero de control**

Fin de la tarea

Activar o desactivar actuadores

**Mientras los sensores muestren un nivel distinto al valor consigna, hacer:**

**Activar o desactivar actuadores dependiendo del requerimiento del sistema**

Fin de la tarea

Toma de mediciones

**Leer datos de los sensores y verificar estado de los actuadores.**

**Mostrar en la HMI**

Fin de la tarea

Verificar estado de las variables

**Si las variables igualan los valores consiga**

**Regresar a inicio**

**Si las variables son distintas a los valores consigna**

**Regresar a control de actuadores**

Fin de la tarea

#### **2.8.4 CONFIGURACIÓN DEL ASISTENTE AS-I**

Este asistente del software MicroWIN Step 7 ayuda con la configuración de la lógica de intercambio de datos de los esclavos analógicos y digitales de la red con el programa principal de control, además el asistente de configuración suministra los símbolos mapeados a las direcciones AS-I de entradas y salidas.

En la tabla 2.25 y tabla 2.26 se describe la dirección, tipo y ubicación de cada una de las entradas y salidas que componen la red de sensores y actuadores del sistema, esta información será usada para el direccionamiento y la posterior configuración en el asistente AS-i, además

esta tabla servirá como referencia para la programación en el controlador.

Tabla 2.25 Descripción de entradas y salidas de esclavos AS-i en el tablero

ESC.	FUNCIÓN	DIRECCIÓN	ENTRADA	SALIDA	TIPO	UBICACIÓN
S45	MOTOR PUERTA ABRE	10		1	DIGITAL	TABLERO
S45	MOTOR PUERTA CIERRA	10		2	DIGITAL	TABLERO
S45	MOTOR MV1 ABRE	10		3	DIGITAL	TABLERO
S45	MOTOR MV1 CIERRA	10		4	DIGITAL	TABLERO
S45	AUTOMÁTICO ON	10	1		DIGITAL	TABLERO
S45	AUTOMÁTICO OFF	10	2		DIGITAL	TABLERO
S45	BOTÓN ABRIR PUERTA	10	3		DIGITAL	TABLERO
S45	BOTÓN CERRAR PUERTA	10	4		DIGITAL	TABLERO
S45	MOTOR MV2 ABRE	11		1	DIGITAL	TABLERO
S45	MOTOR MV2 CIERRA	11		2	DIGITAL	TABLERO
S45	MOTOR RIEGO INICIO	11		3	DIGITAL	TABLERO
S45	MOTOR RIEGO FINAL	11		4	DIGITAL	TABLERO
S45	BOTÓN ABRIR MV1	11	1		DIGITAL	TABLERO
S45	BOTÓN CERRAR MV1	11	2		DIGITAL	TABLERO
S45	BOTÓN ABRIR MV2	11	3		DIGITAL	TABLERO
S45	BOTÓN CERRAR MV2	11	4		DIGITAL	TABLERO
S45	BOMBA DE AGUA	12		1	DIGITAL	TABLERO
S45	ELECTROVÁLVULA GOTEO	12		2	DIGITAL	TABLERO
S45	ELECTROVÁLVULA FOLIAR	12		4	DIGITAL	TABLERO
S45	BOTÓN FOLIAR ON	12	1		DIGITAL	TABLERO
S45	BOTÓN FOLIAR OFF	12	2		DIGITAL	TABLERO
S45	BOTÓN GOTEO ON	12	3		DIGITAL	TABLERO
S45	BOTÓN GOTEO OFF	12	4		DIGITAL	TABLERO
S45	ELECTROVÁLVULA GAS	13		1	DIGITAL	TABLERO
S45	VENTILADOR	13		2	DIGITAL	TABLERO
S45	CHISPA CALEFACTOR	13		3	DIGITAL	TABLERO
S45	ELECTROVÁLVULA CO2	13		4	DIGITAL	TABLERO
S45	SELECTOR MANUAL	13	1		DIGITAL	TABLERO
S45	SELECTOR AUTOMÁTICO	13	2		DIGITAL	TABLERO

Tabla 2.26 Descripción de entradas y salidas de esclavos AS-i en el campo

ESC.	FUNCIÓN	DIRECCIÓN	ENTRADA	SALIDA	TIPO	UBICACIÓN
K60	FC MV1 ARRIBA	14	1		DIGITAL	CAMPO
K60	FC MV1 ABAJO	14	2		DIGITAL	CAMPO
K60	FC MV2 ARRIBA	14	3		DIGITAL	CAMPO
K60	FC MV2 ABAJO	14	4		DIGITAL	CAMPO
K60	FC RIEGO (INICIO)	15	1		DIGITAL	CAMPO
K60	FC RIEGO (FINAL)	15	2		DIGITAL	CAMPO
K60	FC PUERTA ABIERTA	15	3		DIGITAL	CAMPO
K60	FC PUERTA CERRADA	15	4		DIGITAL	CAMPO
K60	HUMEDAD RELATIVA	20	1		ANALÓGICO	CAMPO
K60	HUMEDAD SUELO 1	20	2		ANALÓGICO	CAMPO
K60	HUMEDAD SUELO 2	20	3		ANALÓGICO	CAMPO
K60	ANEMÓMETRO	20	4		ANALÓGICO	CAMPO
K60	CO2	21	1		ANALÓGICO	CAMPO
K60	LUMINOSIDAD	21	2		ANALÓGICO	CAMPO
K60	TEMP. CALEFACTOR	21	3		ANALÓGICO	CAMPO
K60	TEMP. INVERNADERO	21	4		ANALÓGICO	CAMPO

Para la configuración de esclavos de entrada y salida, primero se debe direccionar cada esclavo AS-i con ayuda de un “Direccionador AS-i” o también se pueden direccionar con ayuda del asistente AS-i, para esto se tomara como referencia la información mostrada en la tabla 2.25 y tabla 2.26, luego se debe realizar el procedimiento de configuración de software mostrado a continuación:

1. Abrir el software MicroWIN Step7 y en el menú Herramientas seleccionar la opción “Asistente AS-i...”, (figura 2.43).

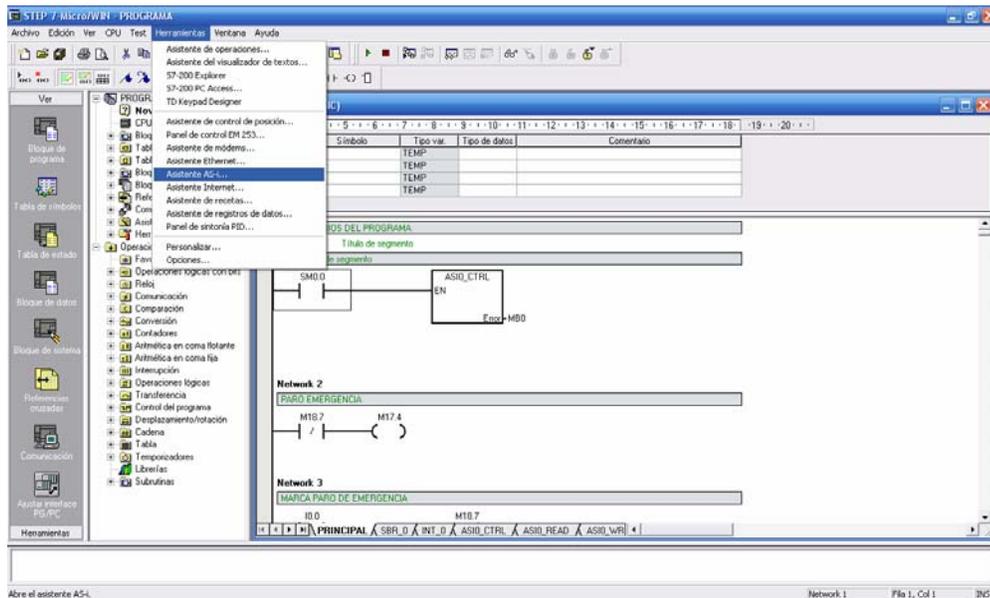


Figura 2.43: Iniciar Asistente AS-i

2. Al iniciar el asistente aparece una nueva pantalla en donde se selecciona “Mapear esclavos AS-i” para poder acceder a los datos de los esclavos AS-i, (figura 2.44).

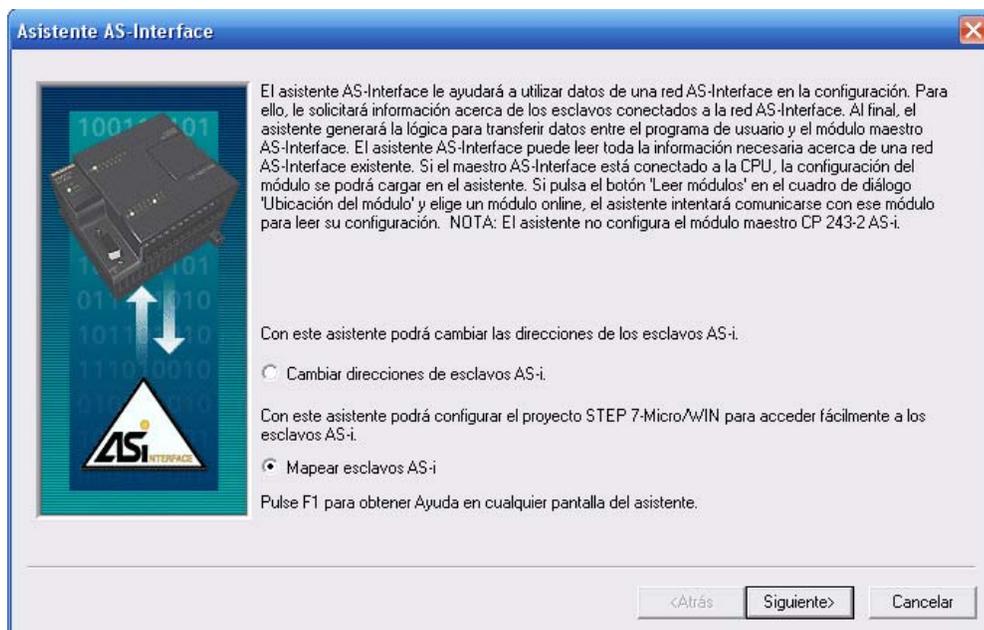


Figura 2.44: Selección de configuración de esclavos AS-i

3. Luego de configurar todos los parámetros solicitados por el asistente se debe indicar la dirección de red de cada esclavo digital y el número de entradas y salidas si es el caso, esto va a generar los símbolos que se usarán en la programación, (figura 2.45).

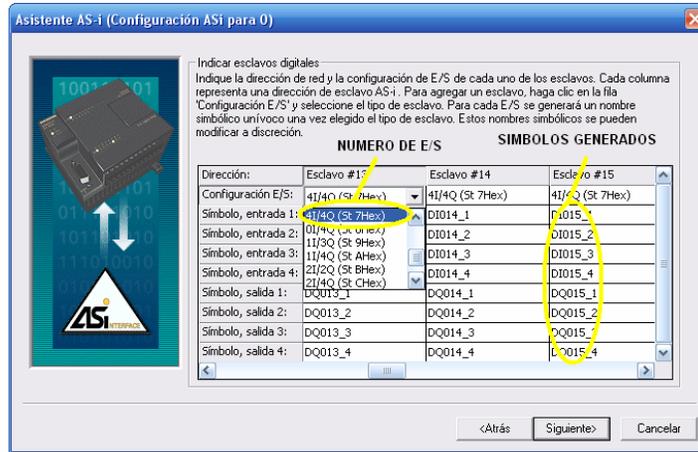


Figura 2.45: Configuración de esclavos digitales

4. Una vez que se han configurado los esclavos digitales pulsar siguiente y configurar los esclavos analógicos de la misma forma que los digitales, (figura 2.46)

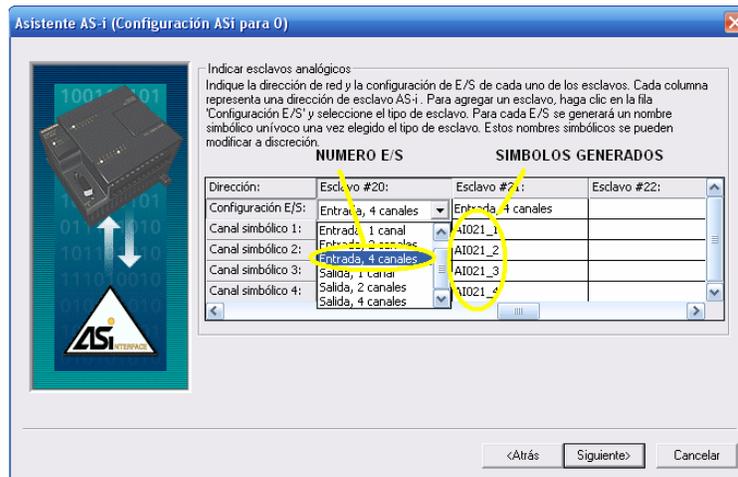


Figura 2.46: Configuración de esclavos analógicos

5. Cuando se termina la configuración de esclavos digitales y analógicos ya esta finalizada la configuración del asistente y se puede utilizar los símbolos generados para la programación del controlador

### **2.8.5 VARIABLES COMPARTIDAS EN LA COMUNICACIÓN CON LA HMI**

Para que exista comunicación entre las variables del PLC y la HMI se debe realizar un proceso de comunicación para que tanto los valores escalados de los sensores como los valores consigna de la HMI puedan intercambiarse con el PLC para realizar acciones de control y supervisión.

Para el intercambio de variables entre el PLC y la HMI se puede utilizar el software “PC ACCESS Versión 1.0 SP4”, que tiene como característica principal soportar el cumplimiento de OPC (OLE for Process Control) es una interfaz abierta que permite intercambiar datos de forma estandarizada entre aplicaciones de automatización/PLCs, aparatos de campo y aplicaciones basadas en PCs, tales como HMI o aplicaciones ofimáticas.



Figura 2.47: Software PC Access

En este software se creará una aplicación para administrar las variables compartidas, siguiendo el proceso a continuación:

1. En el software PC Access ir al menú Archivo/Nuevo y escribir un nombre para la nueva aplicación, en este caso se llamará “INVERNADERO”, como se muestra en la figura 2.48.

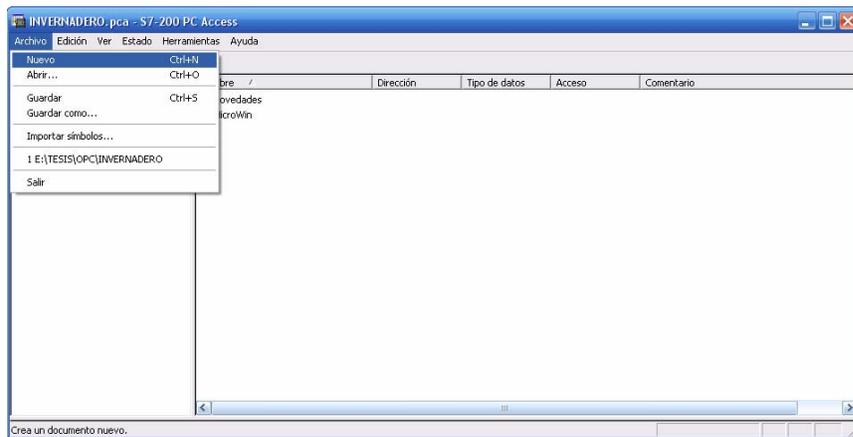


Figura 2.48: Crear nueva aplicación en PC Access

2. Una vez creada la aplicación dar clic derecho en “MicroWin (USB)” y seleccionar Nuevo PLC, en este caso se llamará “PROGRAMA”, (Ver figura 2.49)

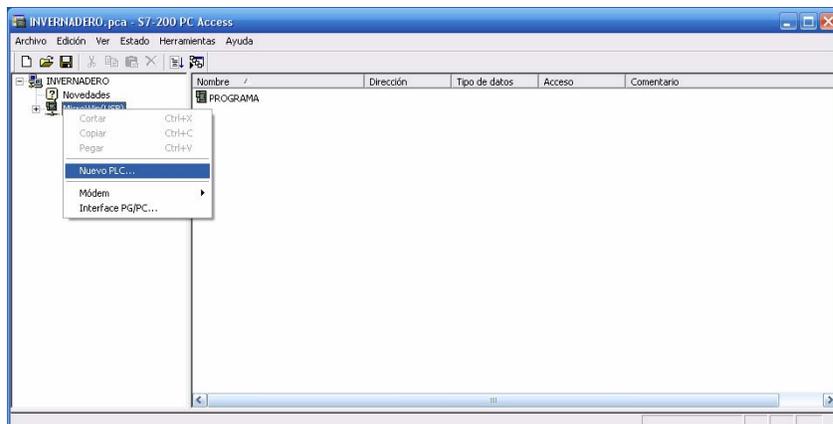


Figura 2.49: Crear nuevo PLC

3. En el nuevo PLC creado dar clic derecho y seleccionar Nuevo/Carpeta, que se llamará “USUARIO1”, en esta carpeta se crearán todos los “ítems” o variables compartidas entre el PLC y la HMI, (figura 2.50).

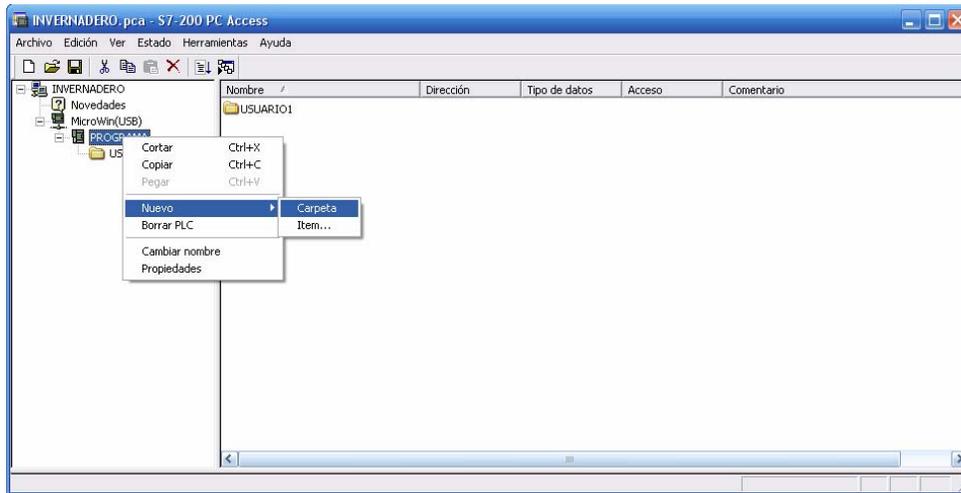


Figura 2.50: Crear nueva carpeta

4. Una vez creada la carpeta “USUARIO1” dar clic en esta, y en la pantalla ubicada en la derecha iniciar la creación de las variables compartidas dando clic derecho y seleccionar “Nuevo ítem”, (Ver figura 2.51).

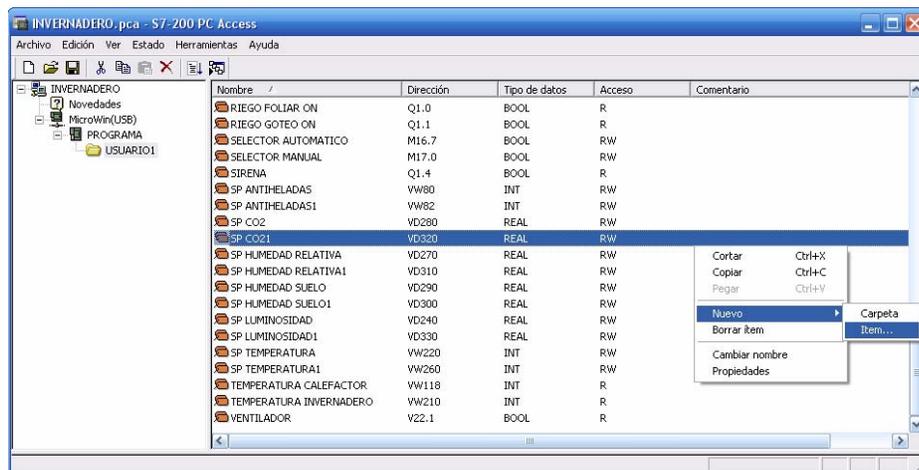


Figura 2.51: Crear nuevo ítem

5. Luego de haber creado el nuevo ítem aparecerá una pantalla en donde se debe configurar los parámetros de la variable, (figura 2.52).

Propiedades del ítem

Nombre simbólico:

Nombre:

ID: MicroWin.PROGRAMA.USUARIO1.TEMPERATURA CALEFACTOR

Dirección en la memoria:

Dirección:

Tipo de datos:

Unidades de ingeniería:

Máxima:

Mínima:

Descripción:

Comentario:

Aceptar Cancelar

Figura 2.52: Parámetros de la variable

Los parámetros más importantes en las propiedades del “ítem” son los siguientes:

En “Nombre” se escribe un nombre que describe el “ítem” o variable compartida.

En “Dirección” se escribe la dirección que tiene el “ítem” o la variable en el programa del PLC y se define el tipo de acceso a la misma, puede ser: lectura, escritura o ambas.

En “Tipo de datos” se escribe el tipo de dato del “ítem”, esta se configura automáticamente de acuerdo con la “dirección” escrita.

## **2.9 DISEÑO DE LA HMI.**

Una Interfaz Humano – Máquina es un conjunto de componentes que permiten al operador interactuar con un proceso por medio de imágenes que se relacionan con el proceso real. Las HMI que son desarrolladas en un computador necesitan un software que posibilite el monitoreo o el control de supervisión de un proceso. La información del proceso es conducida al HMI por medio de tarjetas de entrada/salida instaladas en el computador, PLCs u otros dispositivos que interactúan con un computador.

Para que la HMI sea una herramienta de control supervisorio se requiere: adquirir datos, visualizar y supervisar la secuencia del proceso, todo esto se realizará desde el monitor de un computador. Para el desarrollo de este proyecto se utilizó el software InTouch 10.1 de Wonderware Corporation.

### **2.9.1 SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN: INTOUCH 10.1**

El software InTouch 10.1 proporciona una sola visión integrada de todos sus recursos de control e información, consta básicamente de dos elementos: WINDOWMAKER Y WINDOWVIEWER.

WINDOWMAKER es el sistema de desarrollo de las aplicaciones, el que permite utilizar todas las herramientas para la creación de ventanas animadas e interactivas conectadas a otros sistemas de entrada/salida externos u otras aplicaciones de MS Windows.

WINDOWVIEWER es el sistema runtime utilizado para poder ejecutar las aplicaciones desarrolladas con el sistema WINDOWMAKER.

## 2.9.2 CONFIGURACIÓN DE SOFTWARE PARA LA HMI

Para la creación de la HMI es necesario contar con los siguientes programas que ayudaran con la creación y comunicación de variables de entrada/salida y la creación de pantallas de visualización: InTouch 10.1, OPCLink y OPCTag Creator. Estos programas se ejecutan en MS Windows XP SP3.

### a. CONFIGURACIÓN EN OPCLINK

La comunicación con aplicaciones externas es gestionada por un cliente OPC que en este proyecto será realizado con el software OPCLink, este se comunicará con el servidor OPC que en nuestro caso es PC Access de “Siemens” y con InTouch de “Wonderware”.

Para iniciar la configuración de este software seleccionar Configure/Topic Definition y seleccionamos “New”, aquí se debe configurar los parámetros requeridos en la pantalla, (figura 2.53).

The image shows a software configuration window titled "OPCLink Topic Definition". It contains the following fields and controls:

- Topic Name: [Text Input]
- Node Name: [Text Input] ... [Browse]
- OPC Server Name: [Dropdown] [Browse]
- OPC Path: [Text Input] [Browse]
- Update Interval: [Text Input] 1000 ms [Enable access to update interval]
- Poke asynchronously:  [Mode After Poke: None]
- Transaction Timeout: [Text Input] 180000 ms
- Poke mode:  Control mode,  Transition mode,  Full optimization
- Lifecycle Settings:  Lifecycle, Timeout: [Text Input] 0 ms

Buttons: OK, Cancel, Browse, Help.

Figura 2.53: Ventana de configuración de Topic

En “Topic Name” se escribe un nombre cualquiera que luego será usado en InTouch como “Access Name”.

En “Node Name” se deja el campo vacío.

En “OPC Server” la aplicación detecta los servidores OPC que se encuentran instalados, es este caso seleccionamos S7200.OPC Server

En “OPC Path” se pulsa el botón “Browse” ubicado a la derecha de la pantalla y se selecciona la dirección donde están las variables como se muestra en la figura 2.54.

Los otros campos de configuración se dejan por defecto.

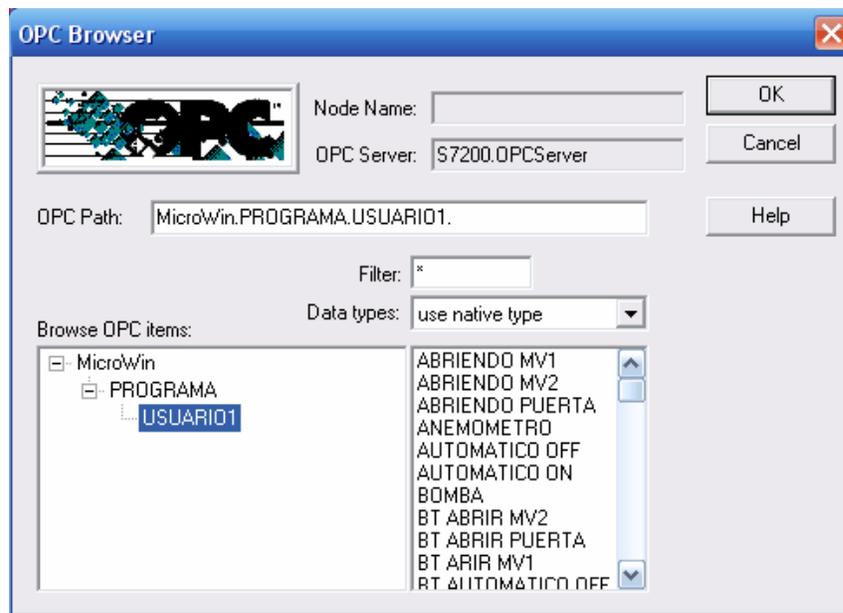


Figura 2.54: Selección de la dirección de las variables

Una vez realizado este procedimiento se guarda la configuración creada en un archivo de extensión “cfg”, que luego será usada para generar las variables en InTouch.

## b. CONFIGURACIÓN EN OPCTAG CREATOR

Para la configuración de OPCTag Creator abrir el software InTouch y en la parte izquierda de la pantalla en el menú “Tools” desplegar OPC y abrir la herramienta TagCreator, (figura 2.55).



Figura 2.55: Ventana principal de OPCTag Creator

En la ventana principal pulsar “Configure”, que muestra la ventana de configuración de parámetros, (figura 2.56).

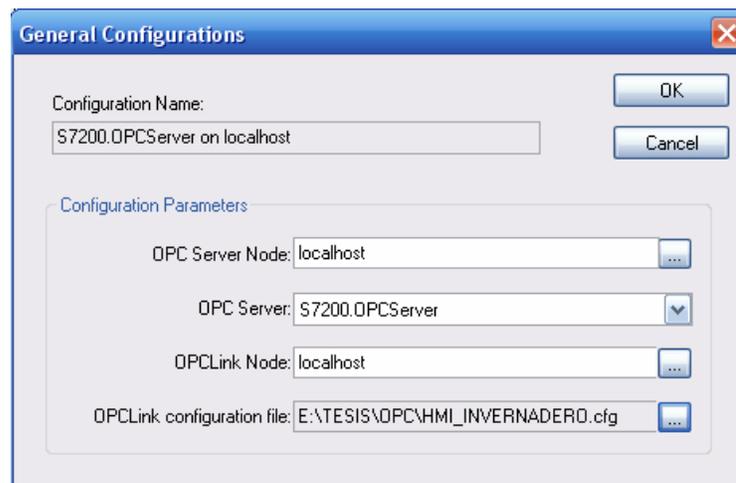


Figura 2.56: Ventana de configuración de parámetros

En “OPC Server Node” seleccionar el computador en el que se encuentra el servidor OPC, en este caso como no existe ninguna red seleccionar “localhost”.

En “OPC Server” seleccionar el servidor OPC que se quiera utilizar, en este caso “S7200.OPCServer”.

En “OPCLink Node” dejar el campo por defecto.

En “OPCLink configuration file” seleccionar la ubicación del archivo de configuración creado con el software “OPCLink”, luego pulsar “OK”, ahora ya esta terminada la configuración.

Una vez terminado el anterior proceso, en la ventana principal de Tag Creator ya se pueden crear los “tags” para las variables de entrada/salida, esto se puede realizar de forma automática para todas las variables al pulsar el botón “Autogen...” o de forma personalizada una variable a la vez al pulsar el botón “Create Tag...”, (figura 2.55).

### **2.9.3 DISEÑO DE LAS INTERFACES DE LA HMI**

Las interfaces de la HMI necesitan cumplir con distintas características para la óptima comprensión del sistema por parte de los usuarios que lo manejen, entre ellas están:

- Visualización del estado del invernadero y variables de proceso en pantalla principal y en detalle.
- Ingreso de valores consigna (SP) para cada variable y selección de cultivo.
- Control manual mediante botones interactivos de: ventanas y puerta, riego, temperatura, luminosidad, CO<sub>2</sub>.

- Selección de modo manual y automático.
- Visualización y reconocimiento de alarmas por alto o bajo nivel de las variables.
- Gráficas en tiempo real en las pantallas de detalle de cada variable.
- Históricos de cada variable.
- Protección de acceso a la HMI con el uso de un usuario y contraseña para Operador y Supervisor.

#### a. PANTALLA DE INICIO

En la pantalla de inicio se muestran dos campos: usuario y contraseña, aquí se puede ingresar como SUPERVISOR (Tiene privilegios para realizar cambios en el sistema) y como OPERADOR (Puede visualizar el estado del sistema pero no puede realizar cambios), además tiene un indicador de usuario o contraseña incorrecto, o si el usuario y contraseña son correctos muestra el botón para ingresar al sistema, (figura 2.57).



Figura 2.57: Pantalla de inicio

## **b. PANTALLA PRINCIPAL**

En esta pantalla se puede monitorear el curso actual del invernadero, donde se muestra el estado de: ventanas, puerta, modo (manual - automático), valor de las variables (temperatura, humedad, CO<sub>2</sub> y luminosidad). También se puede seleccionar el modo operación del sistema ya sea en modo manual y automático, para este último es necesario pulsar un botón de encendido y con esto se da inicio al control automático.

La pantalla principal cuenta con distintos botones que permiten el acceso a pantallas secundarias en donde se muestra con más detalle el estado actual de los procesos de cada variable y otras opciones, entre estas se tiene las siguientes:

- Temperatura.
- Humedad.
- CO<sub>2</sub>.
- Luminosidad.
- Valores de Set Point.
- Alarmas.
- Históricos.

Como complemento del sistema esta pantalla muestra el nombre del usuario que está operando el sistema, la dirección del viento, tipo de cultivo y un botón que permite al usuario salir del sistema (figura 2.58).

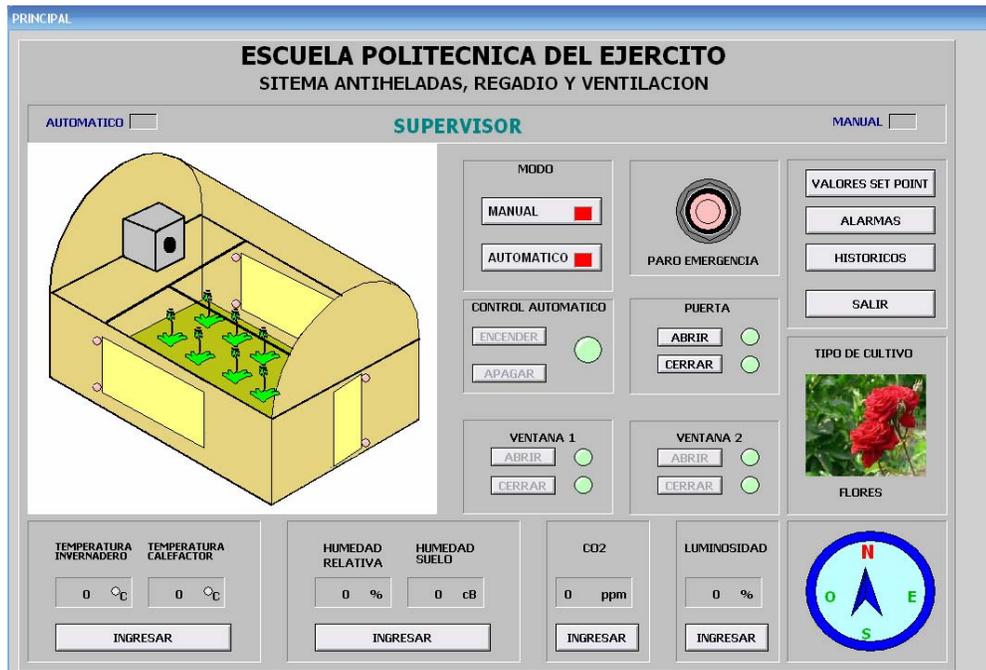


Figura 2.58: Pantalla principal

En la pantalla principal no se muestran algunas de las opciones cuando el nivel de acceso es bajo, es decir cuando el usuario ingresa como “OPERADOR”.

### c. PANTALLA DE TEMPERATURA

La pantalla de temperatura mostrada en la figura 2.59 informa al usuario los valores de temperatura que están actualmente en el interior del invernadero, en el interior del calefactor y el valor consigna establecido para la temperatura interna del invernadero, otras funcionalidades de esta pantalla son:

- Visualización animada del sistema de calefacción.
- Encendido y apagado manual del sistema de calefacción.
- Gráfica en tiempo real de temperaturas.

- Acceso mediante botones a las pantallas de: SET POINT, ALARMAS e HISTÓRICOS.
- Retorno a la pantalla principal.

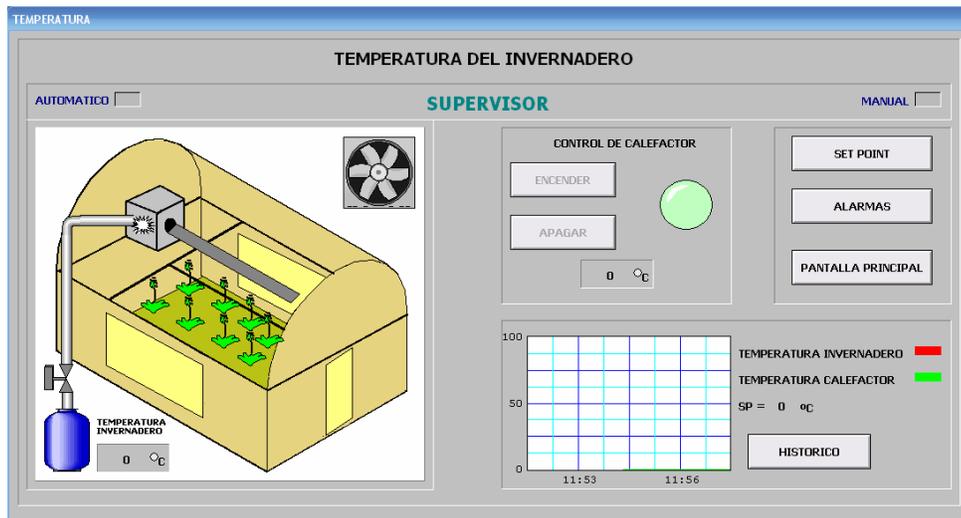


Figura 2.59: Pantalla de Temperatura

#### d. PANTALLA DE HUMEDAD

La pantalla de humedad mostrada en la figura 2.60 indica al usuario los valores humedad relativa, humedad del suelo en cada sensor y promedio en el interior del invernadero, además muestras los valores consigna establecidos para la humedad relativa y humedad del suelo, otras funcionalidades de esta pantalla son:

- Visualización animada de los sistemas de riego.
- Encendido y apagado manual de los sistemas de riego.
- Gráfica en tiempo real de la humedad.
- Acceso mediante botones a las pantallas de: SET POINT, ALARMAS e HISTÓRICOS.

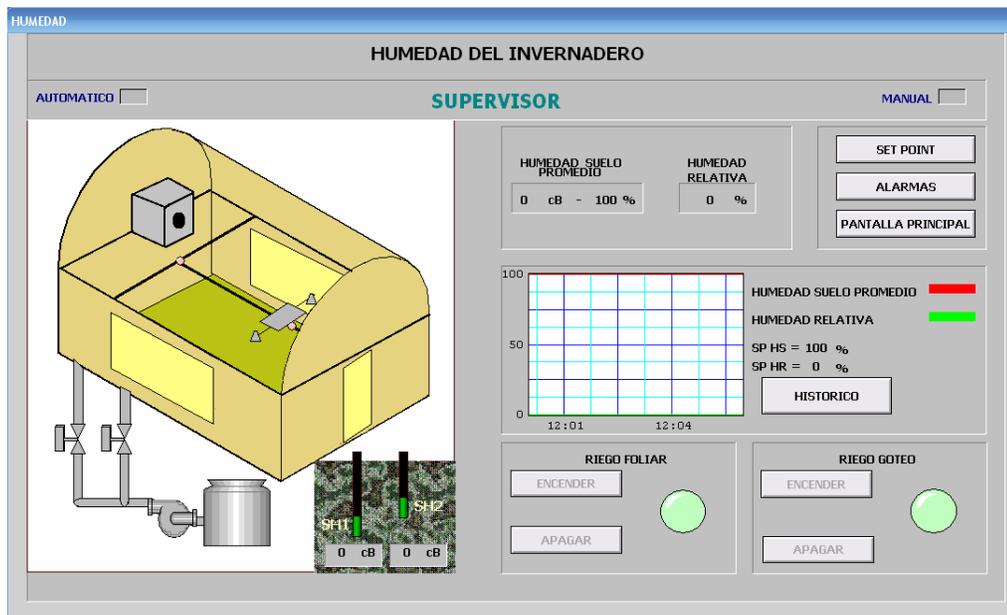


Figura 2.60: Pantalla de Humedad

#### e. PANTALLA DE CO<sub>2</sub>

La pantalla de CO<sub>2</sub> mostrada en la figura 2.61 informa al usuario el nivel actual de CO<sub>2</sub> interior del invernadero, además muestra el valor consigna establecido para el nivel de CO<sub>2</sub> interno, otras funcionalidades de esta pantalla son:

- Visualización animada del sistema de generación de CO<sub>2</sub>.
- Encendido y apagado manual del sistema de generación de CO<sub>2</sub>.
- Gráfica en tiempo real del nivel de CO<sub>2</sub>.
- Acceso mediante botones a las pantallas de: SET POINT, ALARMAS e HISTÓRICOS.
- Retorno a la pantalla principal.

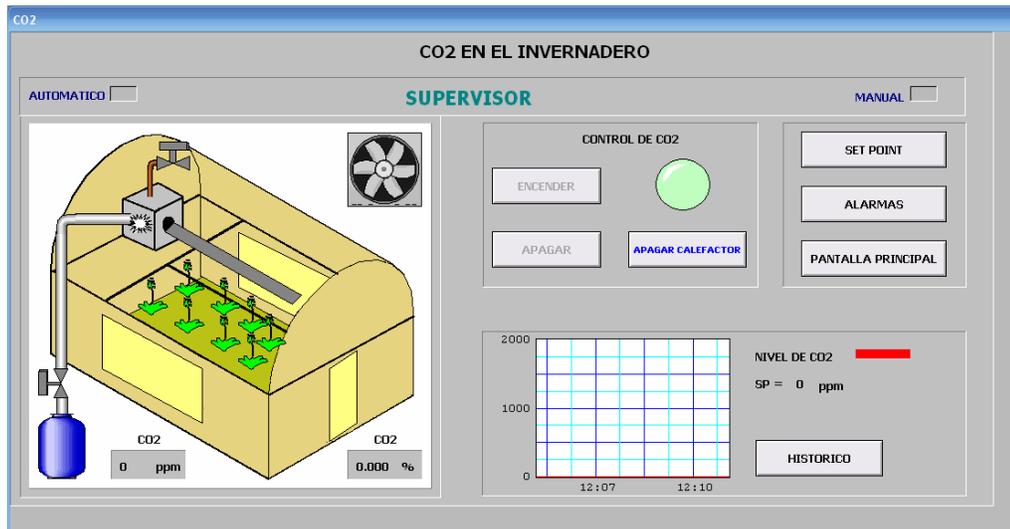


Figura 2.61: Pantalla de CO<sub>2</sub>

#### f. PANTALLA DE LUMINOSIDAD

La pantalla de luminosidad mostrada en la figura 2.62 informa al usuario el nivel actual de iluminación interna del invernadero, además muestra el valor consigna establecido para el nivel de iluminación, otras funcionalidades de esta pantalla son:

- Visualización animada del estado de las lámparas y nivel de iluminación natural.
- Encendido y apagado manual de lámparas.
- Gráfica en tiempo real del nivel de iluminación.
- Acceso mediante botones a las pantallas de: SET POINT, ALARMAS e HISTÓRICOS.
- Retorno a la pantalla principal.

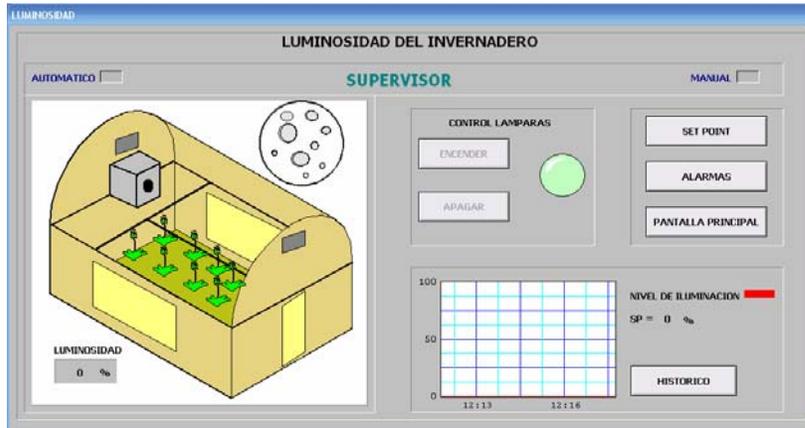


Figura 2.62: Pantalla de luminosidad

### g. PANTALLA DE VALORES DE SET POINT

En la pantalla de los valores de set point mostrada en la figura 2.63 el usuario puede seleccionar el tipo de cultivo para establecer automáticamente los valores consigna o puede seleccionar la opción “personalizado” para poder configurar los valores consigna manualmente, además esta pantalla muestra el valor actual de cada variable en el interior del invernadero y como complemento una imagen del cultivo seleccionado.



Figura 2.63: Pantalla de Valores Set Point



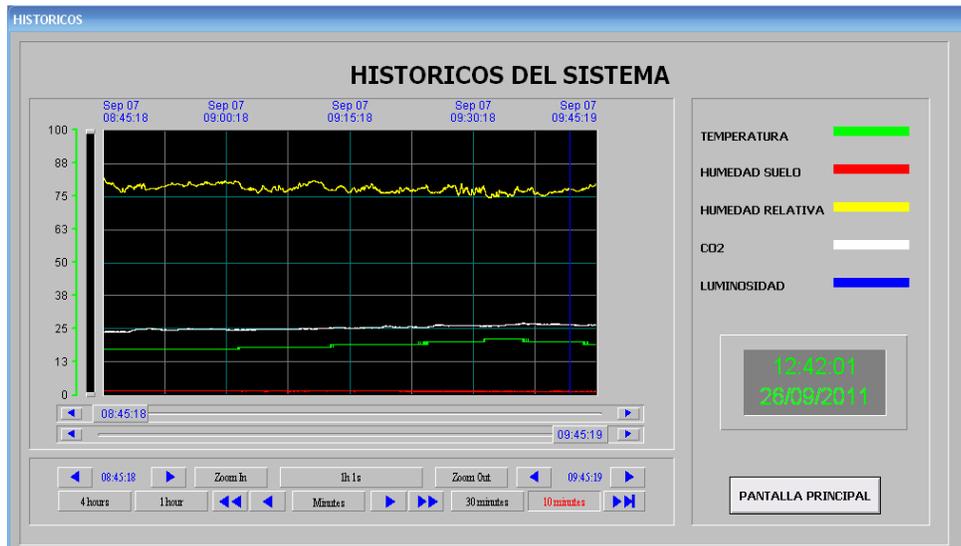


Figura 2.65: Históricos del sistema

En la mayoría de las interfaces descritas anteriormente existe como información el modo de funcionamiento del sistema y el nombre del usuario que esta operando para tener claro el nivel de acceso que se tiene al HMI, ya que esto influye en la capacidad de control y operación del sistema y sus parámetros.

## **CAPÍTULO 3**

### **PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Para el análisis del óptimo funcionamiento del control y supervisión de las variables en el Sistema de Antiheladas, Regadío y Ventilación para la optimización de los cultivos bajo invernadero se realizaron las siguientes pruebas:

#### **3.1 PRUEBAS DE SENSORES Y ACTUADORES**

Una vez seleccionado todos los componentes se realizó pruebas individuales de cada uno de los componentes para comprobar el correcto funcionamiento de los mismos y proceder con la instalación en el invernadero.

##### **3.1.1 SENSOR DE TEMPERATURA**

El sensor para la medición de temperatura es un PT100, con éste se realizó las conexiones usando un transmisor como se muestra en la figura 3.1, según las indicaciones del fabricante y variando la temperatura hasta los 100°C se obtuvo una señal salida de 20mA, de la misma manera se disminuyó la temperatura hasta los 0°C y se obtuvo una señal de salida de 4mA.

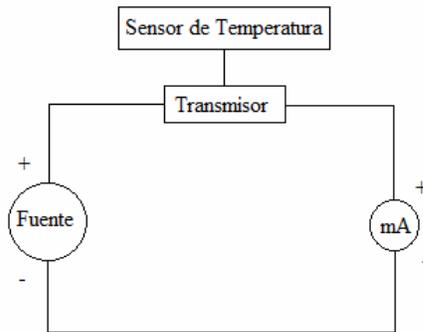


Figura 3.1: Circuito de prueba sensor de temperatura

Para el sensor y transmisor de temperatura, se realizaron pruebas con mediciones de temperaturas intermedias, estos resultados se muestran en la tabla 3.1, además estos valores fueron representados por una gráfica mostrada en la figura 3.2.

Tabla 3.1: Resultados de prueba para el sensor y transmisor de temperatura

TEMPERATURA (°C)	SALIDA (mA)
0	4
25	8
50	12
75	16
100	20

Esta respuesta indica que el sensor para medir la temperatura en el invernadero y dentro del calefactor funciona correctamente.

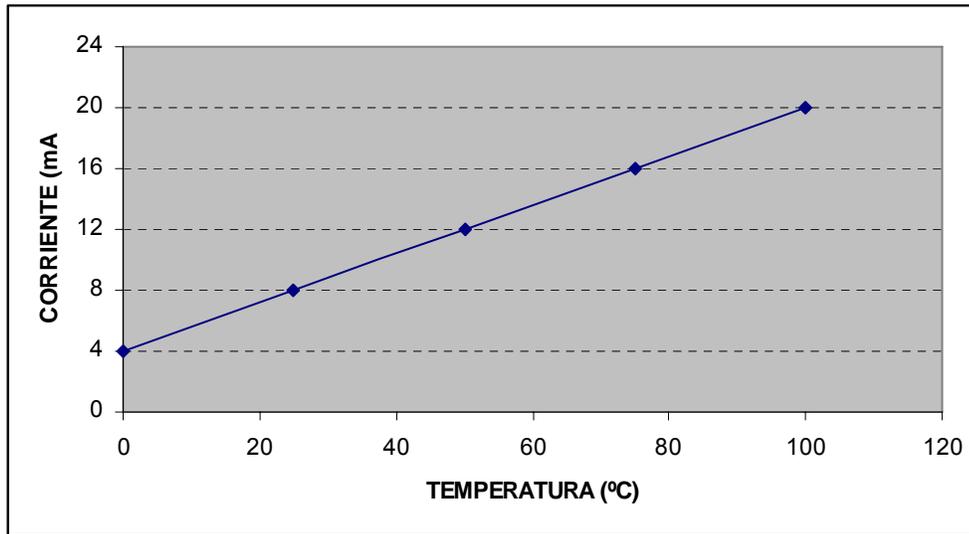


Figura 3.2: Curva de pruebas del sensor de temperatura

### 3.1.2 SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA

El sensor para la medición de la humedad relativa es un DWYER modelo 657-1, este es un sensor con transmisor incluido, este sensor proporciona un rango de medida de 100% RH que corresponde a una señal de salida de 20 mA y con 0% RH una señal de salida de 4 mA.

Según las indicaciones del fabricante al realizar las conexiones que se muestra en la figura 3.3 se observó que el sensor entrega un valor aproximado al que indicaban los sistemas meteorológicos en línea. Este resultado indica que el sensor para medir la humedad relativa en el invernadero funciona correctamente.

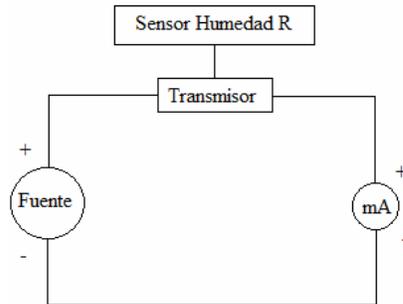


Figura 3.3: Circuito de prueba sensor de humedad relativa

### 3.1.3 SENSOR DE HUMEDAD DEL SUELO

El sensor para la medición de humedad en el suelo es un Watermark, para la prueba de este sensor se realizó las conexiones con el acondicionamiento de señal como se muestra en la figura 3.4, de acuerdo con el diseño del circuito de acondicionamiento se obtuvo una señal de salida de 20 mA en un estado seco que corresponde a 200 cB y al introducirlo en un vaso con agua la señal de salida fue de 4 mA en un estado de alta humedad que corresponde a 0 cB. Este resultado indica que los sensores y el acondicionamiento para medir la humedad del suelo en el invernadero funcionan correctamente.

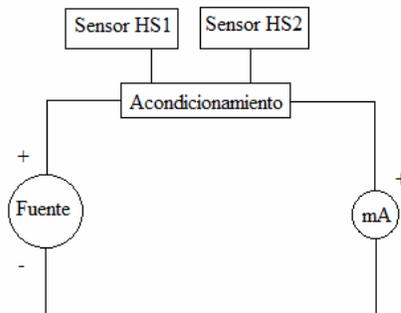


Figura 3.4: Circuito de prueba sensores de humedad del suelo

### 3.1.4 SENSOR DE CO<sub>2</sub>

El sensor para la medición de CO<sub>2</sub> es un Air Sense modelo 310E, este es un sensor con transmisor incluido, al realizar las conexiones como se muestra en la figura 3.5. El sensor entrega un rango de medida de 0 a 2000 ppm, con una señal de salida de 4 a 20 mA respectivamente. Este resultado indica que el sensor para medir el nivel de CO<sub>2</sub> en el invernadero funciona correctamente.

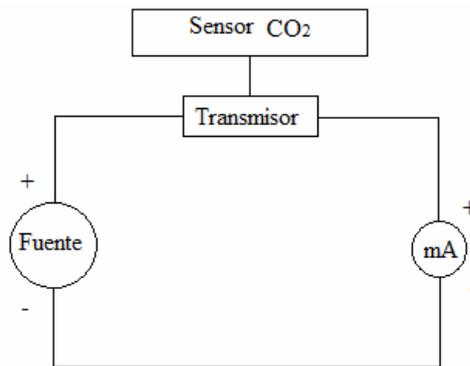


Figura 3.5: Circuito de prueba sensor CO<sub>2</sub>

### 3.1.5 SENSOR DE LUMINOSIDAD

El sensor de luminosidad es una foto resistencia (LDR), se realizó las conexiones con el acondicionamiento de señal como se muestra en la figura 3.6 y como resultado se obtuvo una señal de salida de 20 mA en un estado de alta iluminación y una señal de salida de 4 mA en la oscuridad. Esta prueba indica que el sensor para medir el nivel de iluminación en el invernadero funciona correctamente.

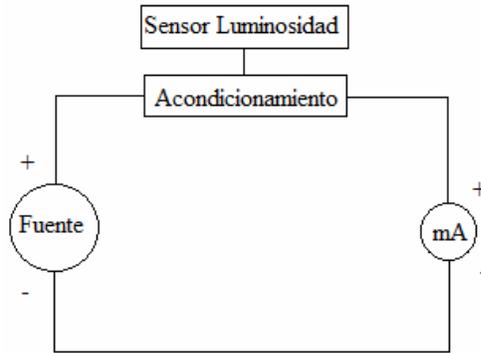


Figura 3.6: Circuito de prueba sensor de luminosidad

### 3.1.6 SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO

El sensor de dirección del viento es un Davis 7911, se realizó las conexiones con el acondicionamiento de señal como se muestra en la figura 3.7, como resultado se obtuvo una señal de salida de 20 mA cuando el sensor apunta con dirección Norte, y una señal de salida de 4 mA cuando el sensor apunta con dirección N5°E (Norte con desviación de 5° al Este). Este resultado indica que el sensor para detectar la dirección del viento en el exterior del invernadero funciona correctamente.

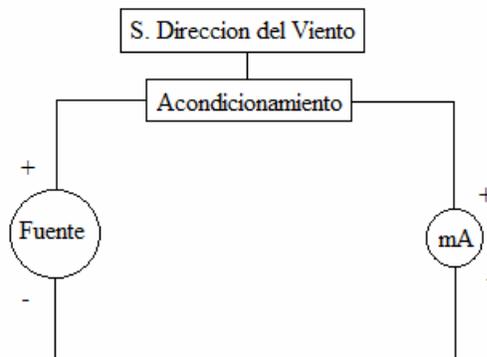


Figura 3.7: Circuito de prueba sensor dirección del viento

Para el sensor y el acondicionamiento que miden la dirección del viento, se realizaron pruebas con orientaciones intermedias del sensor, estos resultados se muestran en la tabla 3.2, además estos valores fueron representados por una gráfica mostrada en la figura 3.8.

Tabla 3.2: Resultados de prueba para el sensor y acondicionamiento del anemómetro

ORIENTACIÓN	ANGULO	SALIDA (mA)
N5°E	85°	4
S87°E	357°	8
S1°O	269°	12
S89°O	181°	16
NORTE	90°	20

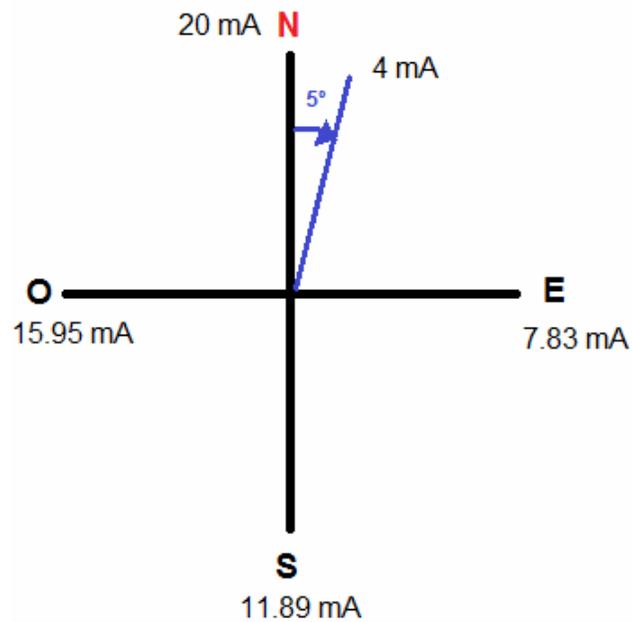


Figura 3.8: Representación de orientaciones y valores de salida.

### 3.1.7 MOTORES

En cada motor universal se identificó la bobina principal y la bobina de trabajo midiendo la resistencia de cada bobinado. La conexión que se muestra en la figura 3.9 es la utilizada para el control de los motores utilizados en: riego foliar, ventana 1 y ventana 2. La figura 3.10 muestra el circuito de control utilizado para la puerta de entrada al invernadero. Al realizar las pruebas en los dos sentidos de giro se observó su correcto trabajo, esto indica que los motores funcionan correctamente.

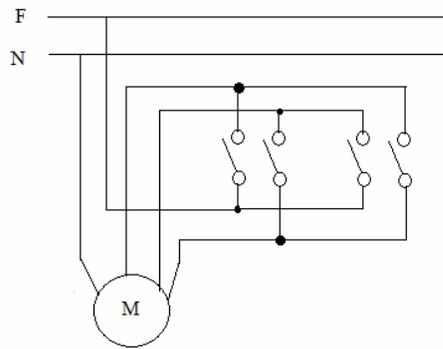


Figura 3.9: Circuito de prueba motor ventana 1, 2 y riego foliar

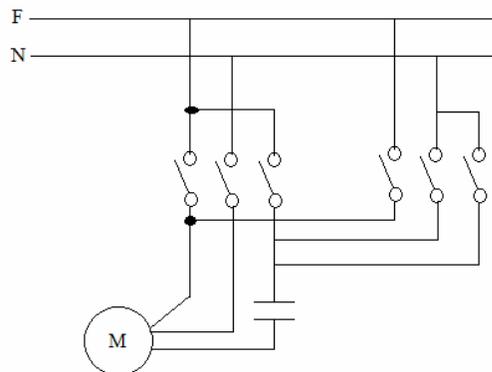


Figura 3.10: Circuito de prueba motor puerta

### 3.1.8 ELECTROVÁLVULAS

Para la prueba de las electroválvulas se usó el circuito mostrado en la figura 3.11, usando como fuente de alimentación 24V de corriente alterna de acuerdo con las especificaciones del fabricante. La electroválvula emite un sonido al instante de cambiar el estado (abre o cierra), lo cual permite enviar un gas o fluido por la línea. Este resultado indica que las electroválvulas funcionan correctamente.

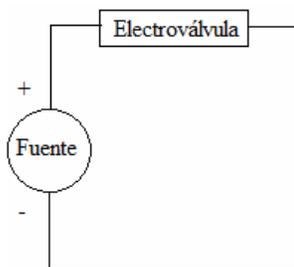


Figura 3.11: Circuito de prueba electroválvula

### 3.1.9 SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Para realizar una prueba de funcionamiento individual del sistema de calefacción, éste se probó con el programa de control finalizado y se obtuvo los resultados de la tabla 3.3.

Tabla 3.3: Resultados de prueba para el sistema de calefacción

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°C)
0	20
2	32
4	62
8	95
14	90
18	90
20	95

Al encender el sistema de calefacción, con una temperatura inicial de 20 °C, la temperatura en interna del calefactor aumenta como muestra la curva de la figura 3.12.

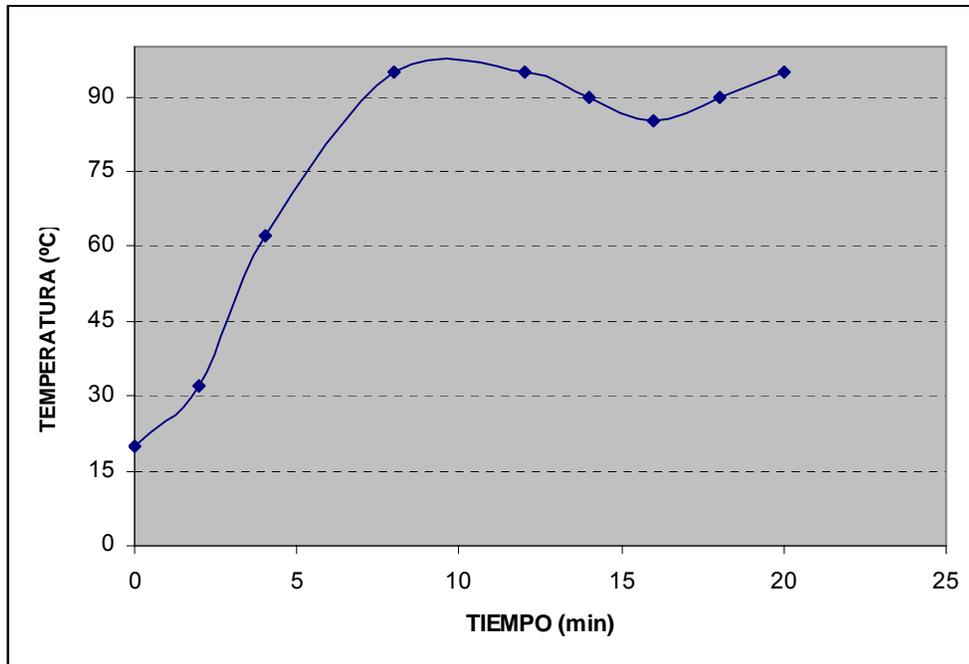


Figura 3.12: Curva generada de pruebas de sistema de calefacción

### 3.1.10 BOMBA DE AGUA

La figura 3.13 muestra el circuito de prueba para la bomba de agua, como fuente se utilizó 110V de corriente alterna, realizando esta conexión la bomba empieza a succionar el agua almacenada en los tanques y es enviada con la presión necesaria por la tubería para ser utilizada por los sistemas de riego (foliar y goteo) en el invernadero. Este resultado indica que la bomba funciona correctamente.

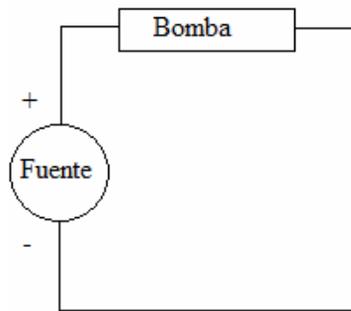


Figura 3.13: Circuito de prueba bomba

### 3.1.11 LUCES

Para la prueba de las luces se polarizó a los reflectores con una alimentación de 110VAC como se indica en la figura 3.14 teniendo como resultado la iluminación interna del invernadero, esto indica que los reflectores funcionan correctamente.

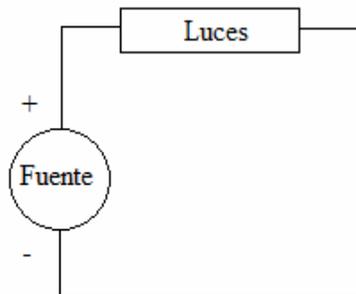


Figura 3.14: Circuito de prueba luces

## 3.2 PRUEBAS DE COMUNICACIÓN.

Una vez implementada la red AS-i y la conexión de todos los componentes en el invernadero para el sistema de control y supervisión, se realizaron las siguientes pruebas de comunicación.

### 3.2.1 COMUNICACIÓN PLC – PC

En primer lugar se comprobó que exista la comunicación entre el PLC y la PC, utilizando el cable USB/PPI S7-200 y del software STEP 7MicroWIN. En la Tabla 3.4 se muestran los parámetros seleccionados para la transmisión.

Tabla 3.4: Parámetros seleccionados para la transmisión

Dirección Remota	2
Interfaz	PC/PPI cable USB
Protocolo	PPI
Velocidad de Transferencia	9.6 Kbit/seg

La figura 3.15 muestra el estado de la comunicación del software STEP 7 MicroWIN con el PLC.

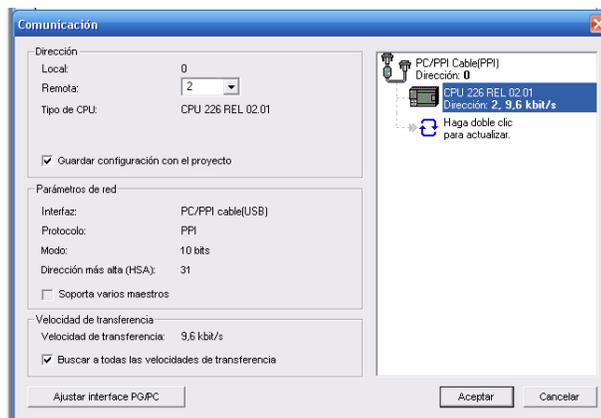


Figura 3.15: Comunicación STEP 7 MicroWIN - PLC S7-200

### 3.2.2 COMUNICACIÓN PLC – SERVIDOR OPC

Para comprobar la comunicación del PLC con el Servidor OPC S7-200 PC Access, se crearon ítems provisionales en el servidor OPC y se usó el cliente de prueba para verificar el estado de los mismos (Figura 3.16).

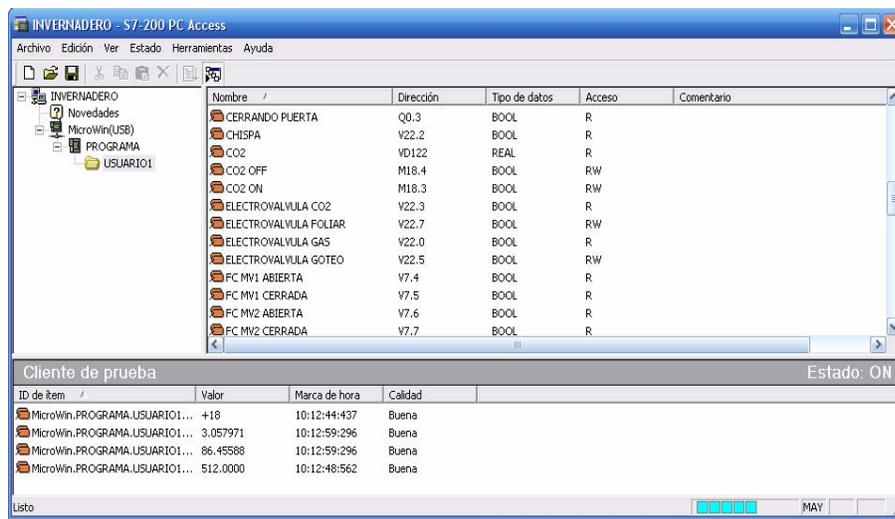


Figura 3.16: Comunicación del PLC - OPC S7-200 PC Access

El cliente del software PC Access verificó que los cuatro ítems usados para la prueba, tienen calidad “buena”, esto indica que el 100% de los datos enviados al PLC tuvieron respuesta en el servidor OPC y viceversa.

### 3.2.3 COMUNICACIÓN SERVIDOR OPC - OPCLINK

La figura 3.17 muestra el estado óptimo de los 74 ítems usados de la comunicación entre el Servidor OPC S7-200 PC Access y el OPC Link, para esto se importó la configuración de ítems realizado en el servidor

OPC, este resultado indica que el 100% de los ítems del servidor OPC tiene comunicación con OPC Link.

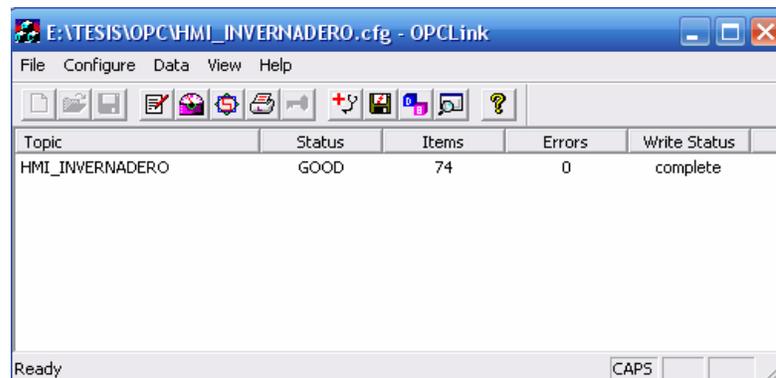


Figura 3.17: Comunicación Servidor S7-200 PC Access - OPC Link

### 3.2.4 COMUNICACIÓN PLC – INTOUCH

Para la prueba de comunicación entre InTouch y el PLC se realizó un HMI que es fundamental para ver el funcionamiento en tiempo real del sistema. Se verificó la comunicación recurriendo a la pantalla principal y observando el estado de las variables. La Figura 3.18 se muestra el estado óptimo de la comunicación entre InTouch y el PLC.



Figura 3.18: Prueba de comunicación InTouch - PLC S7-200

### 3.2.5 COMUNICACIÓN DE ESCLAVOS AS-I

Finalmente se comprobó la comunicación de la red con los esclavos AS-i analógicos y digitales, la tabla 3.5 muestra los resultados obtenidos al realizar la prueba de comunicación de estos dispositivos.

Tabla 3.5: Estado de la comunicación de los esclavos AS-i

<b>Esclavo</b>	<b>Dirección</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Estado de la comunicación</b>
S45	10	Digital	Tablero	OK
S45	11	Digital	Tablero	OK
S45	12	Digital	Tablero	OK
S45	13	Digital	Tablero	OK
K60	14	Digital	Campo	OK
K60	15	Digital	Campo	OK
K60	20	Analógico	Campo	OK
K60	21	Analógico	Campo	OK

En la Figura 3.19 se muestra el estado óptimo de la comunicación de la red con los esclavos AS-i analógicos y digitales, para esta prueba se accedió al asistente de configuración AS-i del software STEP7 MicroWIN. Como resultado se obtuvo que la configuración de los esclavos es “idéntica”, esto significa que se realizó una comparación de configuraciones con los esclavos en línea.

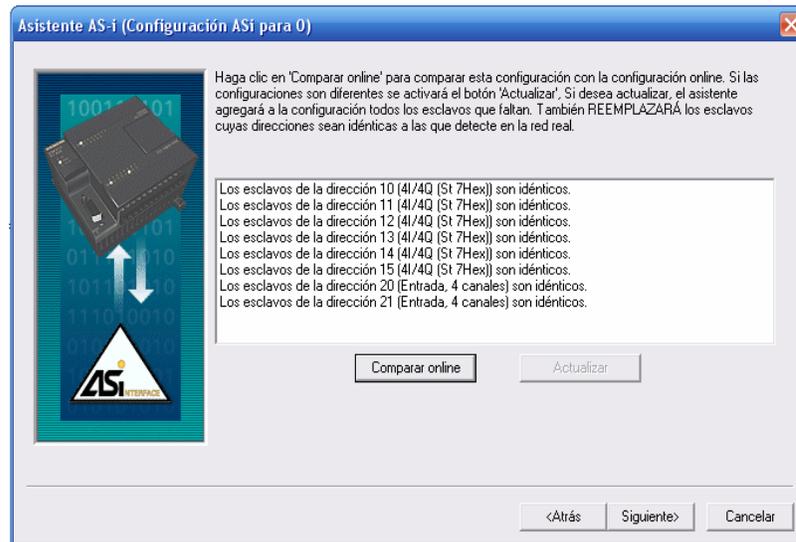


Figura 3.19: Comunicación red AS-i con los esclavos

### 3.3 PRUEBAS DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS

Uno de los parámetros fundamentales que se debe tomar en cuenta, es la operación de las protecciones sobre los elementos seleccionados para la implementación del sistema.

Las protecciones con usadas son:

- Sobrecorriente y sobrecarga de los motores eléctricos.
- Sobrecorriente y sobrecarga en las fuentes de alimentación.
- Sobrecorriente salidas del PLC.
- Paradas de emergencia.

Para comprobar el correcto funcionamiento de las protecciones se realizó una prueba de sobre corrientes sobre cada protección, obteniendo como resultados los mostrados en la tabla 3.6.

Tabla 3.6: Estado de las protecciones eléctricas.

<b>PROTECCIONES</b>	<b>ESTADO</b>
Interruptor termomagnético de la etapa de control.	OK
Interruptor termomagnético del PLC	OK
Interruptor termomagnético de la fuente de 24 VDC	OK
Interruptor termomagnético de la fuente AS-i	OK
Interruptor termomagnético general	OK
Guardamotor del motor de la Puerta	OK
Guardamotor del motor de la ventana 1	OK
Guardamotor del motor de la ventana 2	OK
Guardamotor del motor del riego foliar	OK
Guardamotor de la bomba	OK

### **3.4 PRUEBAS DE SISTEMA HMI-SCADA.**

El sistema HMI-SCADA cuenta de nueve pantallas para el control y la supervisión del invernadero, se realizaron las pruebas de cada una de las pantallas para verificar su correcto funcionamiento.

Para las pruebas de funcionamiento de cada pantalla del sistema HMI – SCADA se realizó el siguiente procedimiento:

- Encender el tablero de control.
- Conexión de cable de comunicación PPI/USB.
- Iniciar la comunicación de variables.
- Iniciar aplicación desarrollada en InTouch.

### 3.4.1 PANTALLA PRINCIPAL

En esta pantalla se probó el monitoreo y control del estado de las variables (temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, ventilación, luminosidad) del invernadero, obteniendo como resultados los estado que se muestran en la tabla 3.7.

Tabla 3.7: Estado de la pantalla principal.

<b>Funciones</b>	<b>ESTADO</b>
Selección del modo manual/automático	OK
Visualización del modo manual/automático	OK
Visualización usuario	OK
Paro de emergencia	OK
Arranque del control automático	OK
Abrir/cerrar puerta	OK
Abrir/cerrar ventana 1	OK
Abrir/cerrar ventana 2	OK
Visualización del valor actual las variables	OK
Visualización dirección del viento	OK
Visualización tipo de cultivo	OK
Habilitación de botones	OK
Deshabilitación de botones	OK
Ingreso pantallas de detalle de variables	OK
Ingreso pantallas de utilidades	OK
Ingreso pantalla de alarmas	OK
Ingreso pantalla históricos	OK
Retorno pantalla de inicio	OK

### 3.4.2 PANTALLAS DE DETALLE DE LAS VARIABLES

En estas pantallas se puede monitorear y controlar el nivel de cada variable (temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, luminosidad) en el invernadero, como resultado se obtuvo los estados que se muestran en la tabla 3.8.

Tabla 3.8: Estado de las pantallas de detalle de las variables.

<b>Funciones</b>	<b>ESTADO</b>
Visualización del modo manual/automático	OK
Visualización de usuario	OK
Visualización de la temperatura del invernadero	OK
Visualización de la curva en tiempo real	OK
Encender actuadores	OK
Apagar actuadores	OK
Simulación del procesos	OK
Habilitación de botones	OK
Deshabilitación de botones	OK
Ingreso pantalla de Set Point	OK
Ingreso pantalla de alarmas	OK
Ingreso pantalla históricos	OK
Retorno pantalla principal	OK

### 3.4.3 PANTALLA DE LOS VALORES DE SET POINT

En esta pantalla se puede monitorear e introducir los valores de Set Point para el invernadero dependiendo el tipo de cultivo, obteniendo como resultados los estados que se muestran en la tabla 3.9.

Tabla 3.9: Estado de la pantalla de Set Point.

<b>FUNCIONES</b>	<b>ESTADO</b>
Visualización del modo manual/automático	OK
Visualización del valor actual de la variable	OK
Selección de cultivo	OK
Visualización de cultivo seleccionado	OK
Ingreso personalizado del Set Point para cada variable	OK
Visualización del rango de Set Point	OK

#### **3.4.4 PANTALLA DE ALARMAS**

En esta pantalla se puede monitorear y reconocer las alarmas que se generan de cada variable en el invernadero, obteniendo como resultados los estados que se muestran en la tabla 3.10.

Tabla 3.10: Estado de la pantalla de alarmas del invernadero.

<b>FUNCIONES</b>	<b>ESTADO</b>
Visualización de Alarmas	OK
Reconocimiento individual de alarmas	OK
Reconocimiento global de alarmas	OK

#### **3.4.5 PANTALLA DE HISTÓRICOS**

En esta pantalla se puede ver el valor de todas las variables del invernadero durante todo el tiempo que estuvo operando el sistema, obteniendo como resultados los estados que se muestran en la tabla 3.11.

Tabla 3.11: Estado de la pantalla de históricos.

<b>FUNCIONES</b>	<b>ESTADO</b>
Visualización de grafica de históricos	OK
Cambio de escala según la variable	OK
Control de tiempos del histórico	OK
Control de Zoom	OK

### 3.5 MEDICIONES DE LAS VARIABLES

La tabla 3.12 muestra las mediciones de todas las variables del invernadero tomadas en diferentes días del mes de septiembre del año 2011.

Tabla 3.12: Mediciones de las variables.

<b>VARIABLE</b>	<b>MEDICIONES</b>					
	<b>8 Sep.</b>	<b>13 Sep.</b>	<b>19 Sep.</b>	<b>23 Sep.</b>	<b>27 Sep.</b>	<b>30 sep.</b>
Temperatura (°C)	19	17	22	20	18	22
H. Suelo (cB)	2	3	2	2	3	3
H. Relativa (%)	78	75	75	80	84	80
CO <sub>2</sub> (ppm)	493	449	518	480	510	550
Luminosidad (%)	85	83	80	85	75	85

### 3.6 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA COMPLETO.

Para comprobación del correcto funcionamiento del sistema de control y supervisión de las variables en un sistema de antiheladas, regadío y ventilación para la optimización de los cultivos bajo invernadero, se realizó la siembra de rosas en el invernadero para observar la evolución del cultivo y así cumplir con las metas propuestas.

### 3.6.1 PLANTACIÓN DE ROSAS

En primer lugar se preparó el terreno colocando abono orgánico, con el objetivo de que el terreno adquiera nutrientes que ayuden en el cultivo. En la figura 3.20 se muestra dicha actividad.



Figura 3.20: Preparación del Terreno

A continuación se procede a realizar las camas y los caminos en el terreno, las dimensiones de las camas son: 60cm de ancho por 20cm de alto en toda la longitud del invernadero, las dimensiones de los caminos son: 70cm de ancho en toda la longitud del invernadero. La figura 3.21 se muestra la construcción de las camas y los caminos en el invernadero para continuar con la siembra de rosas.



Figura 3.21: Construcción de las camas

Como principal requisito para la siembra, es necesaria la instalación del riego por goteo en cada cama. Este riego me permite fertilizar a las plantas y humedecer el terreno. En la figura 3.22 se muestra la instalación del riego por goteo para el cultivo.



Figura 3.22: Instalación del riego por goteo

Finalmente se procedió con la siembra las rosas para iniciar el control y la supervisión de las variables y de esta manera mejorar la producción. La figura 3.23 se muestra la siembra de las rosas en el invernadero.



Figura 3.23: Siembra de rosas

### 3.6.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN MODO LOCAL

Para el funcionamiento en modo local, el usuario es quien realiza las acciones de control de todo el sistema por medio del tablero de control que se encuentra ubicado a pocos metros del invernadero.

Para las pruebas del modo manual y automático se ejecutaron distintas acciones de control que se detallan en la tabla 3.13.

Tabla 3.13: Estado de las acciones de control en modo manual.

<b>Acción de control</b>	<b>Estado</b>
Paro de emergencia.	OK
Selección de modo: manual o automático.	OK
Encendido o apagado modo automático.	OK
Abrir o cerrar la puerta de entrada.	OK
Abrir o cerrar la ventana lateral 1.	OK
Abrir o cerrar la ventana lateral 2.	OK
Activar o desactivar el riego foliar.	OK
Activar o desactivar el riego por goteo.	OK
Activar o desactivar el sistema de calefacción.	OK
Activar o desactivar las luces.	OK

Al pulsar el botón de paro de emergencia que se muestra en la figura 3.24 el sistema se desactiva por completo permitiendo así solucionar problemas que se hayan ocasionado. Cuando el paro de emergencia se encuentra activado se enciende una luz indicadora que se encuentra junto al botón.



Figura 3.24: Botón paro de emergencia.

Mediante el selector que se muestra en la figura 3.25 se puede seleccionar el modo en que el sistema va a funcionar ya sea este en forma manual o automática.



Figura 3.25: Selector modo manual o modo automático

Los botones mostrados en la figura 3.26 del tablero de control, permiten abrir o cerrar la puerta de entrada al invernadero como indica la figura 3.27. Cuando la puerta está abierta se activa un indicador ubicado en la parte superior izquierda del tablero que alerta sobre este evento.

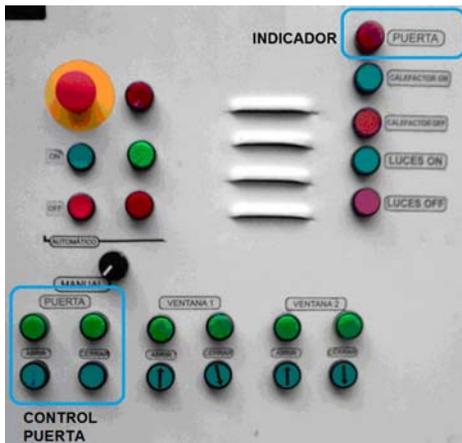


Figura 3.26: Control de la puerta



Figura 3.27: Prueba de puerta

El control de la ventilación se realiza al abrir o cerrar las ventanas laterales del invernadero y esto se lo hace por medio de los pulsadores que se muestran en la figura 3.28, estos mandos permiten abrir o cerrar las ventanas, al mismo tiempo se activan los indicadores que muestran el

estado del proceso. La figura 3.29 indica los estados que pueden tener las ventanas.



Figura 3.28: Control de ventanas

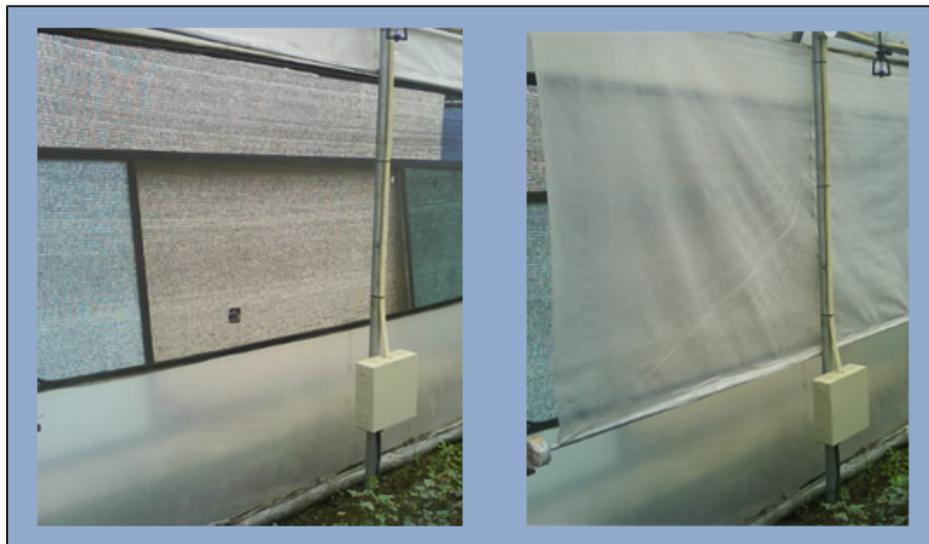


Figura 3.29: Prueba de ventanas

El control de la temperatura automático se realiza abriendo o cerrando las ventanas, dependiendo del umbral de temperatura establecido, la figura 3.30 muestra los resultados obtenidos del funcionamiento del sistema de ventilación, de acuerdo con los datos de la tabla 3.14.

Tabla 3.14: Datos de pruebas de ventilación

HORA DEL DIA	TEMPERATURA (°C)	ESTADO DE VENTANAS
1	5	CERRADO
5	11	CERRADO
8	14	CERRADO
9	21	CERRADO
10	24	ABIERTO
13	25	ABIERTO
15	19	CERRADO
19	14	CERRADO
21	13	CERRADO
23	13	CERRADO

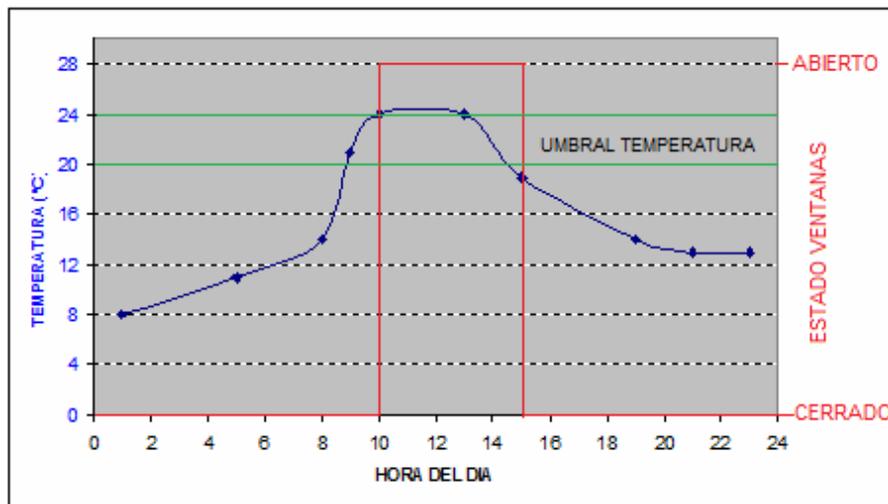


Figura 3.30: Resultados de las pruebas de ventilación

El sistema de riego foliar se activa o desactiva usando los botones mostrados en la figura 3.31, y como resultado se obtiene el riego usando un mecanismo ubicado en la parte superior de la estructura, que se desplaza a lo largo del invernadero, como se muestra en la figura 3.32.

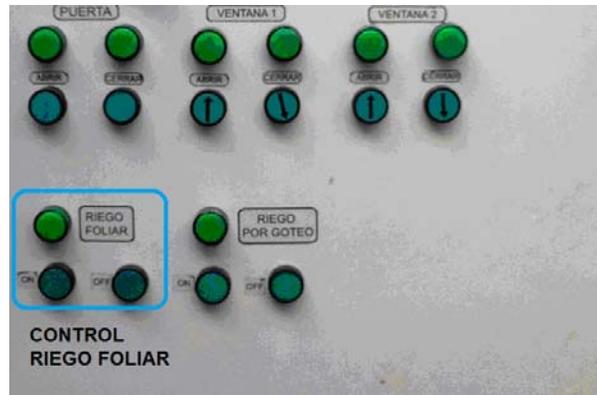


Figura 3.31: Control de riego foliar



Figura 3.32: Prueba del riego foliar

El sistema de riego foliar en forma automática se utiliza para evitar la congelación de las plantas cuando se producen temperaturas extremadamente bajas, este evento suele suceder en horas de la noche y

madrugada, el resultado obtenido del funcionamiento del sistema se muestra en la figura 3.33, de acuerdo con los datos de la tabla 3.15.

Tabla 3.15: Datos de pruebas del riego foliar (antihelada)

HORA DEL DIA	TEMPERATURA (°C)	ESTADO DEL RIEGO
0	4	APAGADO
1	2	ENCENDIDO
2	1	ENCENDIDO
3	2	ENCENDIDO
4	4	APAGADO
6	8	APAGADO
7	11	APAGADO

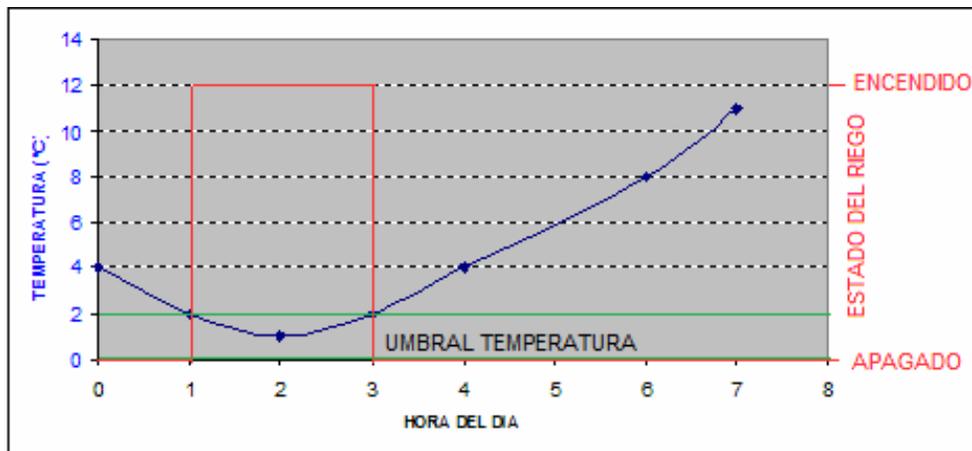


Figura 3.33: Resultados de las pruebas del riego foliar (antihelada)

El sistema de riego por goteo se activa o desactiva usando los botones mostrados en la figura 3.34, y como resultado se obtiene el riego localizado en la parte inferior de las plantas, como se muestra en la figura 3.35.



Figura 3.34: Control de riego por goteo



Figura 3.35: Prueba del riego por goteo

El sistema de riego por goteo en forma automática se utiliza para mantener la humedad del suelo y la humedad relativa dentro del rango establecido en el valor consigna, el resultado obtenido del funcionamiento del sistema se muestra en la figura 3.36, de acuerdo con los datos de la tabla 3.16.

Tabla 3.16: Datos de pruebas del riego por goteo

HORA DEL DIA	H. SUELO (%)	H. RELATIVA (%)	ESTADO RIEGO
0	97	81	APAGADO
2	96	78	APAGADO
5	95	75	APAGADO
8	90	73	ENCENDIDO
9	92	72	ENCENDIDO
10	95	70	APAGADO
13	97	65	APAGADO
15	96	59	ENCENDIDO
16	95	60	ENCENDIDO
18	95	65	ENCENDIDO
19	95	71	APAGADO
21	95	73	APAGADO

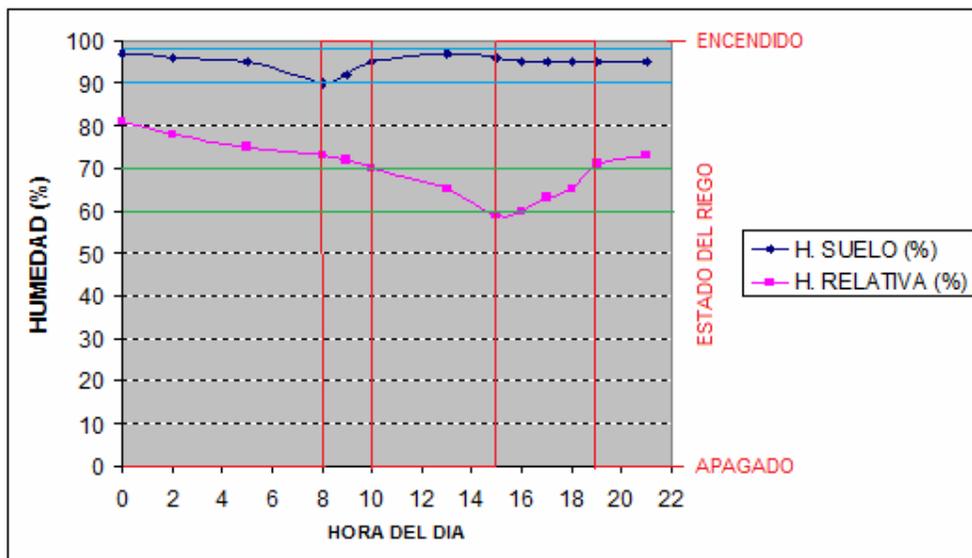


Figura 3.36: Resultados de las pruebas del riego por goteo

El sistema de calefacción se activa o desactiva al pulsar los botones que se muestran en la figura 3.37, como resultado el calor generado en el calefactor se distribuye en el invernadero.

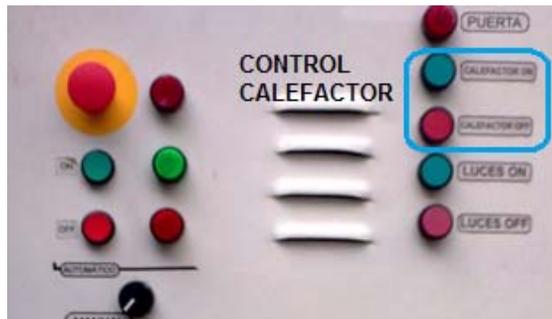


Figura 3.37: Control de calefactor

El sistema de calefacción en forma automática se utiliza como complemento para evitar la congelación de las plantas cuando se producen temperaturas extremadamente bajas, este evento suele suceder en horas de la noche y madrugada, el resultado obtenido del funcionamiento del sistema se muestra en la figura 3.38, de acuerdo con los datos de la tabla 3.17.

Tabla 3.17: Datos de pruebas del sistema de calefacción

HORA DEL DIA	TEMPERATURA (°C)	ESTADO SISTEMA
0	6	APAGADO
1	5	APAGADO
2	3,9	ENCENDIDO
3	3	ENCENDIDO
4	2,5	ENCENDIDO
5	4,5	APAGADO
6	6	APAGADO
7	8	APAGADO
8	10	APAGADO

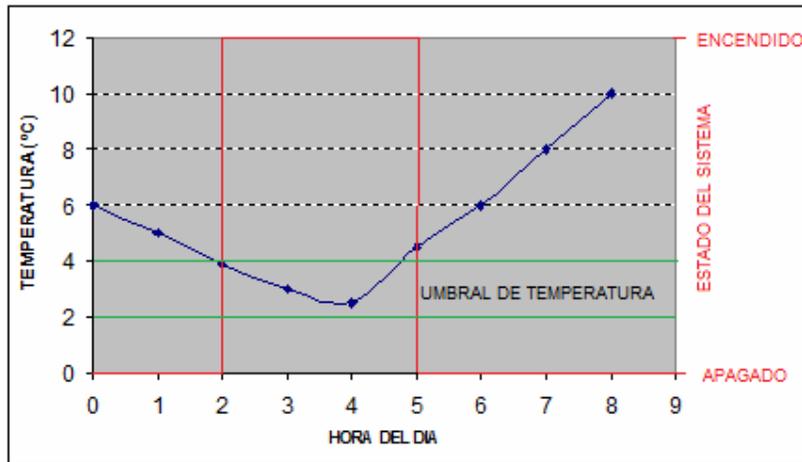


Figura 3.38: Resultados de las pruebas del sistema de calefacción

El sistema luminosidad se activa o desactiva al pulsar los botones que se muestran en la figura 3.39, como resultado se ilumina toda el área del invernadero. La figura 3.40 muestra el funcionamiento del sistema de luminosidad.

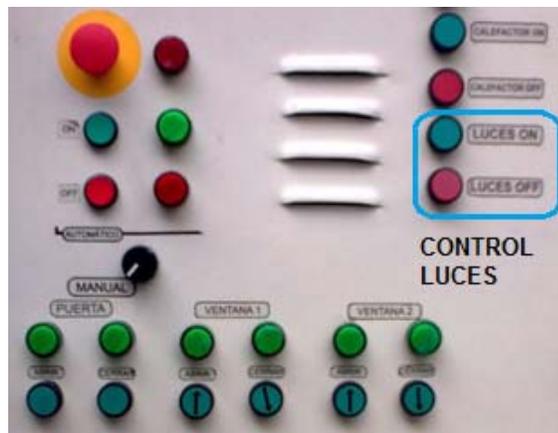


Figura 3.39: Control de luces



Figura 3.40: Prueba del sistema de iluminación

El sistema de iluminación en forma automática se utiliza para mantener un nivel de luminosidad adecuado durante 15 horas aproximadamente, el resultado obtenido del funcionamiento del sistema se muestra en la figura 3.41, de acuerdo con los datos de la tabla 3.18.

Tabla 3.18: Datos de pruebas del sistema de iluminación

HORA DEL DIA	NIVEL DE ILUMINACIÓN (%)	ESTADO SISTEMA
4	4	APAGADO
6	30	APAGADO
9	85	APAGADO
15	89	APAGADO
18	39	APAGADO
19	6	ENCENDIDO
22	8	ENCENDIDO

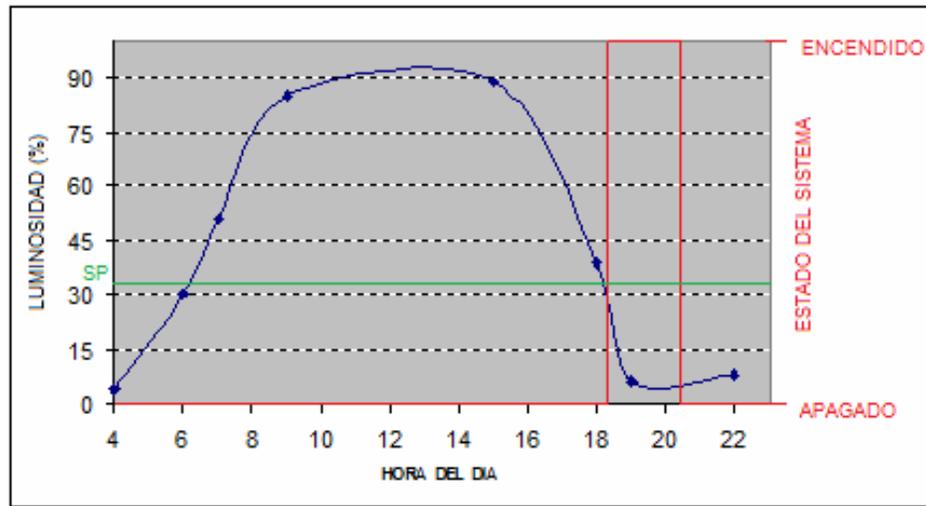


Figura 3.41: Resultados de las pruebas del sistema de iluminación

Para la prueba del control automático, previamente se debe introducir los valores de set point para el control, el sistema en modo automático será capaz de funcionar de forma autónoma, dependiendo de los valores de las variables que entreguen los sensores al sistema de control.

El sistema en modo automático funciona cuando el selector esté configurado para esta operación como se muestra en la figura 3.42. Este modo se activa al pulsar el botón ON, de la misma forma se activa un indicador que informa al usuario el estado del modo automático, el botón OFF desactiva esta función.



Figura 3.42: Prueba del modo automático.

### 3.6.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN MODO REMOTO.

Para el funcionamiento del sistema en modo remoto el selector del panel de control tiene que estar en el centro. En este modo el usuario realiza las acciones de control y supervisión de todo el sistema desde la ubicación de la HMI.

En la pantalla de valores de Set Point se puede seleccionar el tipo de cultivo para establecer automáticamente los valores consigna o puede seleccionar la opción “personalizado” para poder configurar los valores consigna manualmente, de esta manera se puede iniciar el control del proceso automáticamente con los valores introducidos.

En este modo se probó la ejecución de las acciones de control de forma manual y automática. Los resultados se detallan en la tabla 3.19 con su respectivo estado de funcionamiento.

Tabla 3.19: Estado de las acciones de control modo Automático.

<b>ACCIÓN DE CONTROL</b>	<b>ESTADO</b>
Paro de emergencia.	OK
Selección de modo de funcionamiento manual o automático.	OK
Encendido o apagado modo automático.	OK
Abrir o cerrar la ventana lateral 1.	OK
Abrir o cerrar la ventana lateral 2.	OK
Activar o desactivar el riego foliar.	OK
Activar o desactivar el riego por goteo.	OK
Activar o desactivar el sistema de calefacción.	OK
Activar o desactivar las luces.	OK
Visualización de las variables del proceso.	OK
Ingreso del valor de Set Point desde el HMI.	OK
Visualización de alarmas.	OK
Visualización de históricos.	OK
Animación del sistema.	OK
Protección de acceso a la HMI mediante el ingreso de contraseña para Operador y Supervisor.	OK

## **CAPÍTULO 4**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 CONCLUSIONES**

- El proceso de producción de cultivos bajo invernadero, es optimizado con el control y supervisión de las variables de un sistema antiheladas, regadío y ventilación.
- La lectura exacta y en tiempo real de las variables de: temperatura, humedad del suelo, humedad relativa, nivel de CO<sub>2</sub>, luminosidad y dirección del viento permite la operación óptima de un sistema automatizado.
- El proyecto ha incorporado el uso de una red AS-i en el nivel actuador/sensor, para la adquisición de datos y mando de los elementos de control final, reduciendo costos de cableado y optimizando tiempos de comunicación de datos.
- En la automatización de procesos es importante tener un modo de funcionamiento manual y automático del sistema, permitiendo al usuario decidir la mejor opción para el control de los procesos en el invernadero.
- La protección de los equipos asegura que estos no sufran desgastes por factores ambientales y garantizan su correcto funcionamiento al paso del tiempo.

- El disponer de una estación centralizada facilita al operario la toma de datos de las variables y minimiza las tareas de campo que se realizan de forma automática.
- Se implementó un sistema de riego que permite: la distribución uniforme de agua en el invernadero, el control manual de presión en la línea, la capacidad de fertilización y el control de plagas mediante fumigación, permitiendo así la optimización del consumo de agua.
- El diseño de las interfaces del software HMI se debe desarrollar de forma amigable e intuitiva para que el usuario pueda tener la información necesaria de la operación del sistema.
- Mediante el uso del sistema implementado, se optimiza la calidad del cultivo de rosas, ya que gracias al correcto control de los umbrales de trabajo de las variables climáticas que intervienen en el crecimiento de las plantas, se disminuyó considerablemente los daños que producen sobre ellas las condiciones ambientales extremas como: bajas temperaturas, escasez de CO<sub>2</sub>, exceso de humedad, etc.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Para la optimización en el consumo de energía y alcances del sistema, se recomienda el uso de nuevas tecnologías inalámbricas para la red de sensores y actuadores, permitiendo de esta manera orientar el proyecto desarrollado al control y supervisión de invernaderos de tamaño real, evitando así las limitaciones en la distancia máxima que se extiende el bus de campo AS-i.

- Se recomienda emplear asesoría técnica de profesionales en agricultura para tener un mejor conocimiento de los niveles óptimos de las variables físicas y de las técnicas usadas en la administración de invernaderos, obteniendo así una buena afinación del sistema y por consiguiente mejores resultados de producción.
- Para el desarrollo de la aplicación HMI se recomienda el uso de software actualizado y con sus respectivas licencias, que garantice el funcionamiento continuo del sistema y permita aprovechar todas las prestaciones de la aplicación.
- Para el desarrollo de un proyecto se recomienda realizar correctamente el análisis y diseño del mismo, evitando de esta forma el uso de componentes y equipos no adecuados para la aplicación.
- Se recomienda que el Departamento de Eléctrica y Electrónica realice los trámites y la difusión correspondiente de los objetivos alcanzados en este proyecto, a fin de que no quede implementado únicamente como un prototipo, sino que pueda ser desarrollado en entornos reales, y contribuya al mejoramiento de los procesos de cultivo de las diferentes plantaciones que se encuentran ubicadas en el centro del país.
- El sistema realizado, abarca varios campos de la automatización de procesos, que están orientados a entornos industriales reales, por lo que se recomienda que sea utilizado para el desarrollo de prácticas en las diferentes asignaturas que forman parte del área de conocimiento de instrumentación.

## BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- COOPER WILLIAM HELFRICK ALBERT, Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición. Editorial Prentice Hall, 1991, México DF.
- CREÚS SOLÉ ANTONIO, Instrumentación Industrial. Sexta Edición, Alfaomega/Marcombo, 1990, México DF.
- GUROVICH L., Fundamentos y Diseño de Sistemas de Riego. Editorial IICA, 1985, Costa Rica.
- FAO, Evapotranspiración del Cultivo. Editorial FIAT PANIS, 2000, Italia.
- <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/#carrera>
- [http://www.automation.siemens.com/w1/efiles/feldg/files/broschueren/si transt\\_sp.pdf](http://www.automation.siemens.com/w1/efiles/feldg/files/broschueren/si transt_sp.pdf)
- <http://www.coldecon.com.co/detalleproducto/Producto/78/>
- <http://es.scribd.com/doc/8502778/Sensores>
- <http://www.coldecon.com.co/assets/Uploads/SITRANS-TH100.pdf>
- <http://es.scribd.com/doc/49281654/3-Sensores-resistivos>
- [http://www.rotosistemas.com.mx/tiendavirtualvermodel.cfm?ma68mtno=8429&modelo\\_id=172662](http://www.rotosistemas.com.mx/tiendavirtualvermodel.cfm?ma68mtno=8429&modelo_id=172662)
- [http://www.dwyer-inst.com/PDF\\_files/657-1\\_IOM.pdf](http://www.dwyer-inst.com/PDF_files/657-1_IOM.pdf)
- <http://www.transcat.com/catalog/productdetail.aspx?itemnum=657-1-DWYER>
- <http://www.aamextras.com/main/PrdMenu/Detectors/310e.pdf>
- <http://www.enercorp.com/air/products/pdf/48.pdf>
- <http://www.enmetgasdetection.com/pdf/Manual/310.pdf>
- [http://www.davisnet.com/product\\_documents/weather/spec\\_sheets/7911\\_spec\\_Rev\\_E.pdf](http://www.davisnet.com/product_documents/weather/spec_sheets/7911_spec_Rev_E.pdf)

- [http://courseware.ee.calpoly.edu/~jharris/research/wireless\\_sensor\\_networks/jbecerra\\_ms\\_thesis.pdf](http://courseware.ee.calpoly.edu/~jharris/research/wireless_sensor_networks/jbecerra_ms_thesis.pdf)
- [http://www.infoagro.com/instrumentos\\_medida/medidor.asp?id=6412&\\_humedad\\_del\\_suelo\\_medidor\\_electronico\\_watermark\\_tienda\\_on\\_line](http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/medidor.asp?id=6412&_humedad_del_suelo_medidor_electronico_watermark_tienda_on_line)
- [http://www.seedmech.com/catalog.php?code=61&page=Modelos&product=101&product\\_name=Watermark&language=3](http://www.seedmech.com/catalog.php?code=61&page=Modelos&product=101&product_name=Watermark&language=3)
- <http://www.inta.gov.ar/bariloche/info/documentos/forestal/silvicul/hdt19.pdf>
- <http://www.acea.com.mx/alex-j-pacheco/i-introduccion-1-1-4-ventajas-y-desventajas-del-uso-de-invernaderos>
- [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/tipo\\_invernaderos.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_invernaderos.htm)
- [http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/sensores.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/sensores.htm)

**ANEXO A**  
**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**AS-i**

AS-Interface o AS-i es un Bus de Sensores y Actuadores (bus de campo), estándar internacional IEC62026-2 y europeo EN 50295 para el nivel de campo más bajo.

**Cenital**

Abertura en plano vertical.

**Constantán**

El constantán es una aleación, generalmente formada por un 55% de cobre y un 45% de níquel (Cu55Ni45). Se caracteriza por tener una resistencia eléctrica constante en un amplio rango de temperaturas, es uno de los materiales más utilizados para la fabricación de monedas.

**DDE**

Dynamic Data Exchange (DDE) es una tecnología de comunicación entre varias aplicaciones bajo Microsoft Windows y en OS/2.

**Émbolo**

Pieza móvil que se encuentra dentro del cuerpo de una bomba y que al moverse alternativamente cambia la presión de un fluido, generalmente con el objetivo de desplazarlo.

**Esclavo**

Módulo de entrada/salida ya sea digital o análogo que forma parte de una red AS-i.

**Estival**

El verano es una de las cuatro estaciones de las zonas templadas. Es la más cálida de ellas y se encuentra entre la primavera y el otoño. El

verano se caracteriza por poseer los días más largos y las noches más cortas.

### **Fertirrigación**

Aplicación de los fertilizantes o nutrientes necesarios para los cultivos a través del agua de riego.

### **Firmware**

Firmware o programación en firme, es un conjunto de instrucciones de programa para propósitos específicos, grabado en una memoria de tipo no volátil o no variable (ROM, EEPROM, flash).

### **Folículo**

En botánica, se llama pinna o foliolo a cada una de las piezas separadas en que a veces se encuentra dividido el limbo de una hoja. Cuando el limbo foliar está formado por un solo foliolo, es decir no está dividido, se dice que la hoja es una hoja simple.

### **Fotosíntesis**

Es la conversión de energía luminosa en energía química estable, siendo el adenosín trifosfato (ATP) la primera molécula en la que queda almacenada esa energía química.

### **Fuelle**

Un fuelle es un dispositivo mecánico cuya función es la de contener aire para expelerlo a cierta presión y en cierta dirección para diversos fines. Básicamente un fuelle es un contenedor deformable el cual tiene una boquilla de salida.

### **HMI**

Interfaz Humano Máquina.

**Invernadero**

Es una construcción de vidrio o plástico en la que se cultivan plantas, a mayor temperatura que en el exterior.

**Impulsión**

Tubería de descarga del equipo de bombeo.

**Microclima**

Es un clima local de características distintas a las de la zona en que se encuentra. El microclima es un conjunto de afecciones atmosféricas que caracterizan un contorno o ámbito reducido.

**Nave**

Invernadero de gran extensión que está conformado por varias capillas juntas.

**Nebulizador**

Instrumento para nebulizar, esparcir un líquido en una nubecilla de finas gotas, que en su forma más simple está compuesto de un compresor y una boquilla.

**OPC**

OLE para el control de procesos, especifica parámetros para comunicación en tiempo real entre diferentes aplicaciones y diferentes dispositivos de control de diferentes proveedores.

**Pedicelo**

En botánica se llama pedúnculo o pedicelo, a la ramita, o rabillo que sostiene una inflorescencia o un fruto tras su fecundación.

**Pistón**

Pieza metálica deslizable, que está dentro de un cilindro y que se acciona mediante una presión hidráulica, mecánica, o por los gases de combustión.

**PLC**

Dispositivo electrónico muy usado en automatización industrial. Un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control.

**Polietileno**

Producto petroquímico utilizado en la producción de toneles, recipientes, envases para películas fotográficas, plásticos para envolver ropas y materiales de pequeño peso.

**Polímero**

Grupo de materiales que normalmente se obtienen uniendo moléculas orgánicas para formar cadenas o redes moleculares gigantes. Se caracteriza por tener baja resistencia, baja temperatura de fusión y mala conductividad eléctrica.

**Set-Point**

El set point o punto de referencia puede ser establecido manualmente, automáticamente o programado. Su valor se expresa en las mismas unidades que la variable controlada.

**SCADA**

SCADA, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos).

**Hidropónico**

La hidroponía o agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola.

**Sotavento**

El lado contrario a donde sopla el viento, con respecto al observador.

**Sustrato**

En biología un sustrato es la superficie en la que una planta o un animal viven. El sustrato puede incluir materiales bióticos o abióticos.

**Umbral**

Valor de la magnitud física a partir de la cual se justifica la aplicación de una determinada medida de protección.

**ANEXO B**  
**MANUAL DE USUARIO**

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto ha sido construido para ser utilizado sin mayor complejidad, en este manual se explica de forma detallada los procedimientos para el manejo y operación tanto del equipo como del software que forman parte del Sistema Antihelada, Regadío y Ventilación.

## 2. TABLERO LOCAL

El sistema Antihelada, Regadío y Ventilación posee un tablero con un conjunto de mandos y varios indicadores, que permite el control local del invernadero. Para detallar el funcionamiento del sistema se ha realizado la distribución del tablero por bloques, como se muestran en la figura 1.

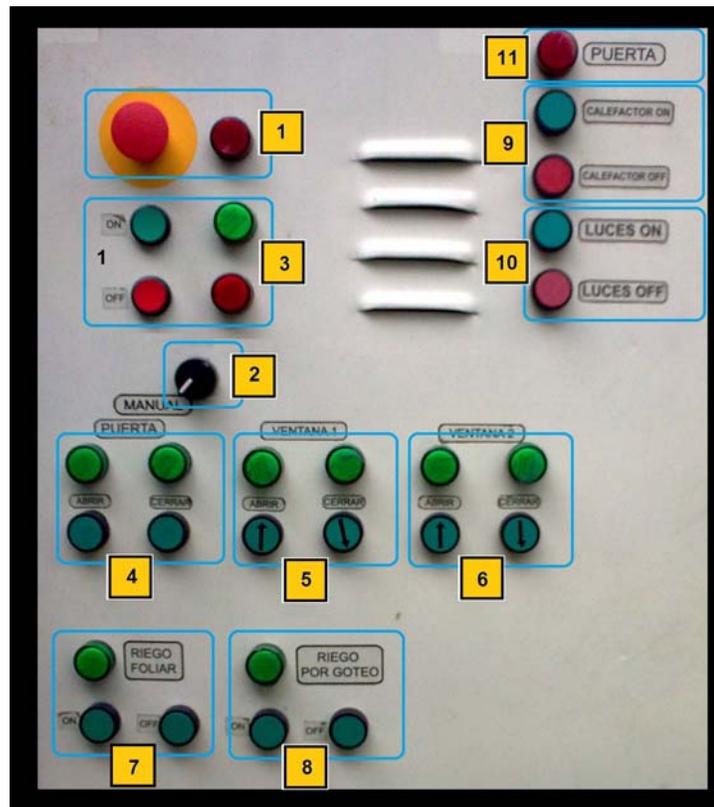


Figura1: Tablero de control

**Bloque.1** Incluye el botón PARO DE EMERGENCIA, al presionar este botón todos los procesos que se estuvieren realizando en el sistema se detienen, esta función se usa cuando existe un fallo en el sistema o en caso de una emergencia. El indicador junto al botón titila cuando el paro de emergencia está activado.

**Bloque.2** Muestra el SELECTOR: AUTOMÁTICO – MANUAL, que permite escoger el modo de operación del sistema.

**Bloque.3** Contiene dos botones que permiten el ENCENDIDO y APAGADO del modo de operación automático, estos botones solo funcionan cuando el selector está en automático. Los indicadores junto a los botones se encienden de acuerdo con el estado del modo automático.

**Bloque.4** Contiene dos botones que permiten la apertura y cierre de la PUERTA DE ENTRADA, los indicadores sobre cada botón se encienden cuando se está realizando el proceso respectivo.

**Bloque.5** Contiene dos botones que permiten la apertura y cierre de la VENTANA 1, los indicadores sobre cada botón se encienden cuando se está realizando el proceso respectivo.

**Bloque.6** Contiene dos botones que permiten la apertura y cierre de la VENTANA 2, los indicadores sobre cada botón se encienden cuando se está realizando el proceso respectivo.

**Bloque.7** Contiene dos botones que permiten el encendido y apagado del sistema de RIEGO FOLIAR, el indicador tiene tres modos:

- Encendido: El riego está encendido y funcionando.
- Titilando: El riego está encendido y en pausa.

- Apagado: El riego está apagado.

**Bloque.8** Contiene dos botones que permiten el encendido y apagado del sistema de RIEGO GOTEO, el indicador tiene tres modos:

- Encendido: El riego está encendido y funcionando.
- Titilando: El riego está encendido y en pausa.
- Apagado: El riego está apagado.

**Bloque.9** Contiene dos botones que permiten el encendido y apagado del sistema de CALEFACCIÓN.

**Bloque.10** Contiene dos botones que permiten el encendido y apagado del sistema de ILUMINACIÓN.

**Bloque.11** Este indicador titila cuando la puerta principal está abierta.

### **3. HMI (REMOTO)**

El control remoto del sistema se lo realiza a través de una HMI que tiene varias pantallas, estas permiten supervisar y controlar el invernadero. Para el uso del control remoto del sistema se recomienda ubicar el selector de modo de operación en el tablero (Figura 1, Bloque 2) en posición central, esto permitirá tener control total desde la HMI.

#### **3.1 INICIO DEL SISTEMA**

Para el inicio del sistema escribir el nombre de usuario y contraseña en los campos de entrada correspondientes como se muestra en la figura 2, luego presionar el botón ingresar.



Figura 2: Pantalla de inicio

### 3.2 ILUSTRACIÓN Y MANEJO DE LA PANTALLA PRINCIPAL

Luego de ingresar el sistema se muestra la pantalla principal (Figura 3), que permite la visualización del estado de los sistemas.

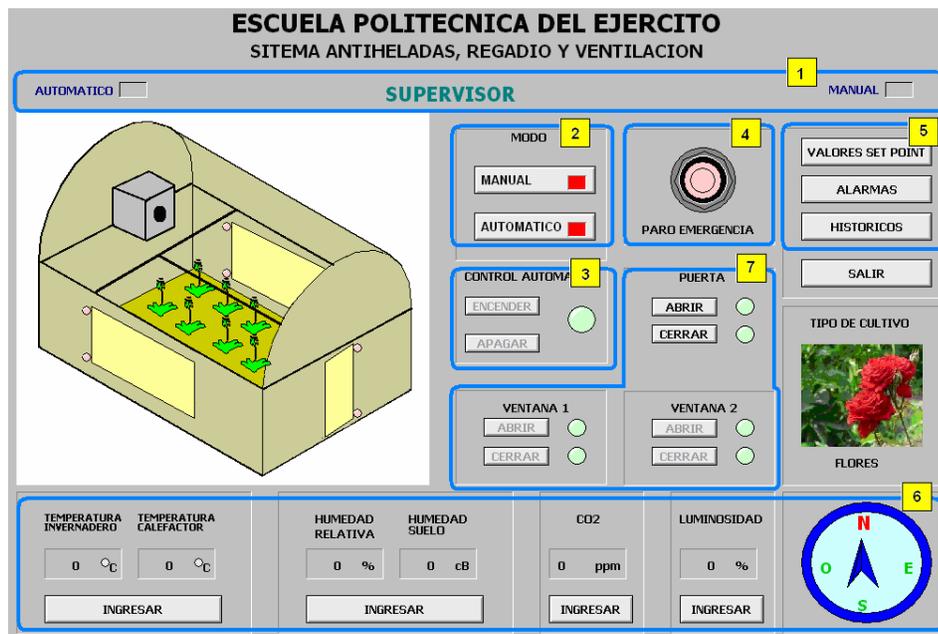


Figura 3: Pantalla principal

**Bloque.1** Esta sección de la pantalla indica el nombre del usuario que opera la HMI. Los indicadores en los extremos del bloque muestran el modo de funcionamiento del sistema (manual - automático).

**Bloque.2** Tiene los botones para la seleccionar el tipo de funcionamiento del sistema.

**Bloque.3** Enciende o apaga el funcionamiento en modo automático.

**Bloque.4** Permite realizar un paro de emergencia al sistema.

**Bloque.5** Permite el acceso a funciones del sistema como: cambio de valores consigna, visualización de alarmas y gráficas de históricos

**Bloque.6** Indica los valores actuales de cada variable y permite el ingreso al detalle de cada una de estas

**Bloque.7** Permite la apertura y cierre manual de puerta y ventanas laterales, los indicadores se encienden de acuerdo con el proceso que se esté realizando.

#### **4. PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN DEL MODO MANUAL**

Para iniciar la operación en modo manual, se debe configurar el sistema en este modo, esto se puede realizar desde distintas ubicaciones, teniendo como resultado la misma acción:

- Local: Usar el selector del tablero mostrado en la figura 1 (Bloque 2).
- Remoto: Hacer un clic en el botón MANUAL de la pantalla principal mostrado en la figura 3 (Bloque 2).

Una vez iniciado el modo manual, se pueden operar las ventanas laterales utilizando los botones que están en la pantalla principal de la HMI (Figura 3) o mediante los mandos del tablero local que se muestra en la figura 1 (Bloque 5 y Bloque 6). Además se pueden realizar otras acciones de control manual desde el tablero local o remotamente desde el computador, que se detallarán a continuación.

#### 4.1 TEMPERATURA

Para ingresar al control de temperatura se debe dar clic al botón INGRESAR en la sección de temperatura mostrado en la figura 3 (Bloque 6). En esta interfaz se puede visualizar el valor de la temperatura en el interior del invernadero, también muestra una gráfica representativa del estado del sistema de calefacción.

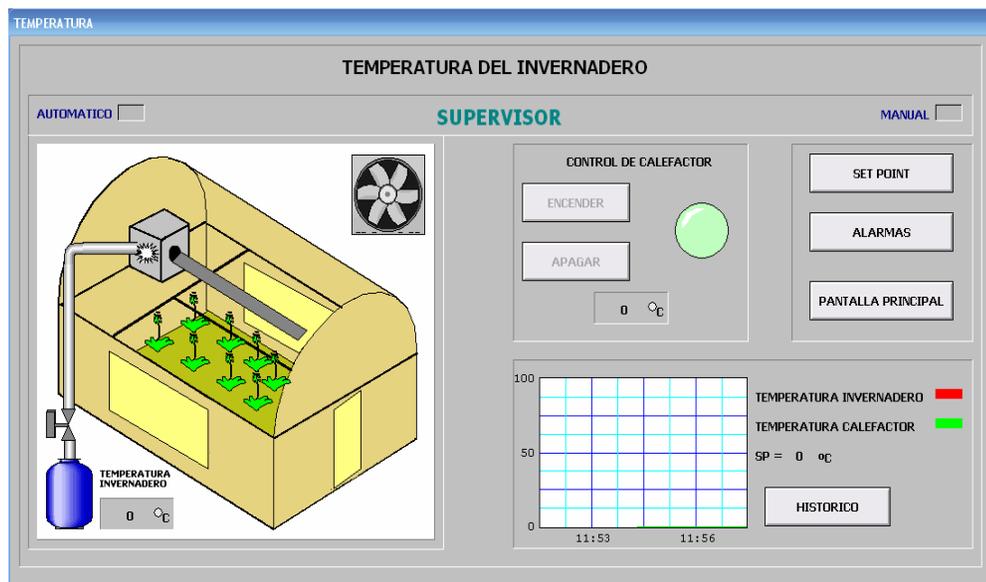


Figura 4: Pantalla de temperatura

El encendido o apagado del sistema de calefacción se lo puede realizar desde distintas ubicaciones:

- Local: Usar los botones del tablero mostrado en la figura 1 (Bloque 9).
- Remoto: Hacer un clic en los botones ENCENDER o APAGAR de la pantalla de temperatura mostrado en la figura 4.

## 4.2 HUMEDAD

Para ingresar al control de humedad se debe dar clic al botón INGRESAR en la sección de humedad mostrado en la figura 3 (Bloque 6). En esta interfaz se puede visualizar el valor de la humedad del suelo y humedad relativa en el interior del invernadero, también muestra una gráfica representativa del estado de los sistemas de riego.

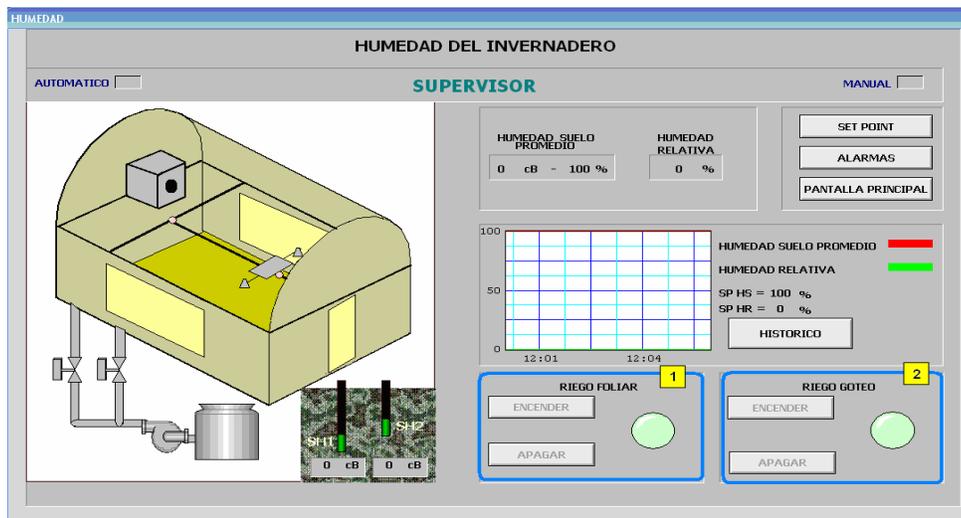


Figura 5: Pantalla de Humedad

El encendido o apagado del sistema de riego foliar se lo puede realizar desde distintas ubicaciones:

- Local: Usar los botones del tablero mostrado en la figura 1 (Bloque 7).
- Remoto: Hacer un clic en los botones ENCENDER o APAGAR de la pantalla de humedad mostrado en la figura 5 (Bloque 1).

El encendido o apagado del sistema de riego goteo se lo puede realizar desde distintas ubicaciones:

- Local: Usar los botones del tablero mostrado en la figura 1 (Bloque 8).
- Remoto: Hacer un clic en los botones ENCENDER o APAGAR de la pantalla de humedad mostrado en la figura 5 (Bloque 2).

#### 4.3 CO<sub>2</sub>

Para ingresar al control de CO<sub>2</sub> se debe dar clic al botón INGRESAR en la sección de CO<sub>2</sub> mostrado en la figura 3 (Bloque 6). En esta interfaz se puede visualizar la cantidad de dióxido de carbono en el interior del invernadero, también muestra una gráfica representativa del estado del sistema de generación de CO<sub>2</sub>.

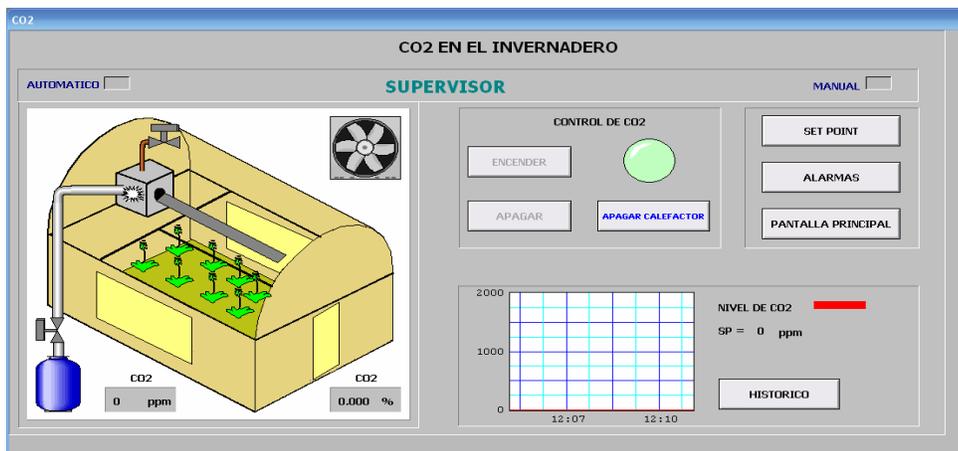


Figura 6: Pantalla CO<sub>2</sub>

El encendido o apagado del sistema de generación de CO<sub>2</sub> se lo realiza haciendo clic en los botones ENCENDER o APAGAR de la pantalla de CO<sub>2</sub> mostrado en la figura 6.

#### 4.4 LUMINOSIDAD

Para ingresar al control de luminosidad se debe dar clic al botón INGRESAR en la sección de luminosidad mostrado en la figura 3 (Bloque 6). En esta interfaz se puede visualizar el porcentaje de iluminación en el interior del invernadero, también muestra una gráfica representativa del estado de las lámparas e iluminación ambiental.

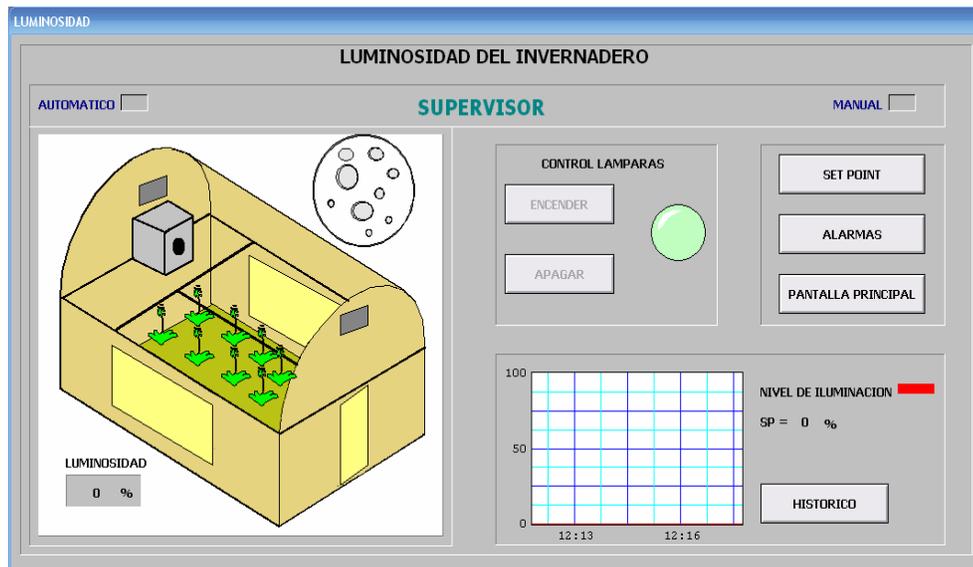


Figura 7: Pantalla de luminosidad

El encendido o apagado de sistema de las luces se lo puede realizar desde distintas ubicaciones:

- Local: Usar los botones del tablero mostrado en la figura 1 (Bloque 10).

- Remoto: Hacer un clic en los botones ENCENDER o APAGAR de la pantalla de luminosidad mostrado en la figura 7.

*Nota: Cuando el modo manual no esté activado o si está funcionando el modo automático, los botones que controlan cada sistema se deshabilitan, tanto del tablero local como de la HMI. El control de la puerta principal no depende del modo de operación del sistema.*

## **5. PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN DEL MODO AUTOMÁTICO**

Para iniciar la operación en modo automático, se debe configurar el sistema en este modo, esto se puede realizar desde distintas ubicaciones, teniendo como resultado la misma acción:

- Local: Usar el selector del tablero mostrado en la figura 1 (Bloque 2), luego presionar el botón ON (Bloque 3).
- Remoto: Hacer un clic en el botón AUTOMÁTICO de la pantalla principal mostrado en la figura 3 (Bloque 2), luego dar clic en el botón ENCENDER (Bloque 3).

Una vez iniciado el modo automático se empiezan a controlar las variables de acuerdo con los valores consigna que se hayan establecido en la pantalla SETPOINT. Este modo deshabilita todas las posibilidades de control manual del sistema a excepción del mando de la puerta.

## 6. CONFIGURACIÓN DE VALORES CONSIGNA

	VALOR ACTUAL	RANGO SETPOINT	
TEMPERATURA	0 °C	17 °C	0 °C
HUMEDAD SUELO	0 cB	10 cB	0 cB
HUMEDAD RELATIVA	0 %	60 %	0 %
NIVEL CO2	0 ppm	1000 ppm	0 ppm
LUMINOSIDAD	0 %	80 %	0 %
ANTIHELADAS	0 °C	2 °C	0 °C

SELECCION DE CULTIVO

- FLORES
- TOMATE
- BROCOLI
- PAPAS
- FRUTILLA
- PERSONALIZADO

PANTALLA PRINCIPAL

Figura 8: Pantalla SETPOINT

Para la configuración de los valores consigna se puede acceder desde la pantalla principal como se muestra en la figura 3 (Bloque 5), o desde cada una de las pantallas que detallan las variables (Figuras 4 – 7).

Para la configuración de los valores consigna se tienen dos opciones: automática y personalizada.

- Automática: Se selecciona el tipo de cultivo en el listado de la parte derecha de la pantalla (Figura 8) y todos los valores consigna son generados de acuerdo con los requerimientos del cultivo.

- Personalizada: Dar un clic en la última opción (PERSONALIZADO) del listado de la parte derecha de la pantalla (Figura 8), luego dar clic en el campo de entrada de cada valor consigna.

*Nota: La configuración de valores consigna es válida únicamente cuando se pone en marcha el modo de operación automático.*

## 7. VISUALIZACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE ALARMAS

Name	Time	Date	State	Type	Value	Limit	Comment
LUMINOSIDAD	11:54	26 sep	UNACK	LO	0	80	
H_SUELO	11:54	26 sep	UNACK	LO	0	80	
CO2	11:54	26 sep	UNACK	LO	0	80	
H_RELATIVA	11:54	26 sep	UNACK	LO	0	80	
TEMPERATURA	11:54	26 sep	UNACK	LO	0	80	
TEMPERATURA	11:54	26 sep	UNACK	LOLO	0	2	
LUMINOSIDAD	11:54	26 sep	UNACK	LO	0	20	
HUMEDAD_REL	11:54	26 sep	UNACK	LO	0	40	
HUMEDAD_SUELO	11:54	26 sep	UNACK	HI	100	96	

Update Successful      Default Query

RECONOCER      RECONOCER TODO      PANTALLA PRINCIPAL

Figura 9: Pantalla de alarmas

Para la visualización de las alarmas se puede acceder desde la pantalla principal como se muestra en la figura 3 (Bloque 5), o desde cada una de las pantallas que detallan las variables (Figuras 4 – 7).

El reconocimiento de alarmas se puede realizar de dos formas:

- Individual: Seleccionar la alarma que se desea reconocer y dar clic en el botón RECONOCER.
- Global: Dar clic en el botón RECONOCER TODO.

## 8. VISUALIZACIÓN DE GRÁFICAS EN TIEMPO REAL

La visualización de las gráficas en tiempo real se realiza al acceder en el detalle de cada variable como se muestran en las figuras 4 -7.

## 9. VISUALIZACIÓN DE GRÁFICA DE HISTÓRICOS

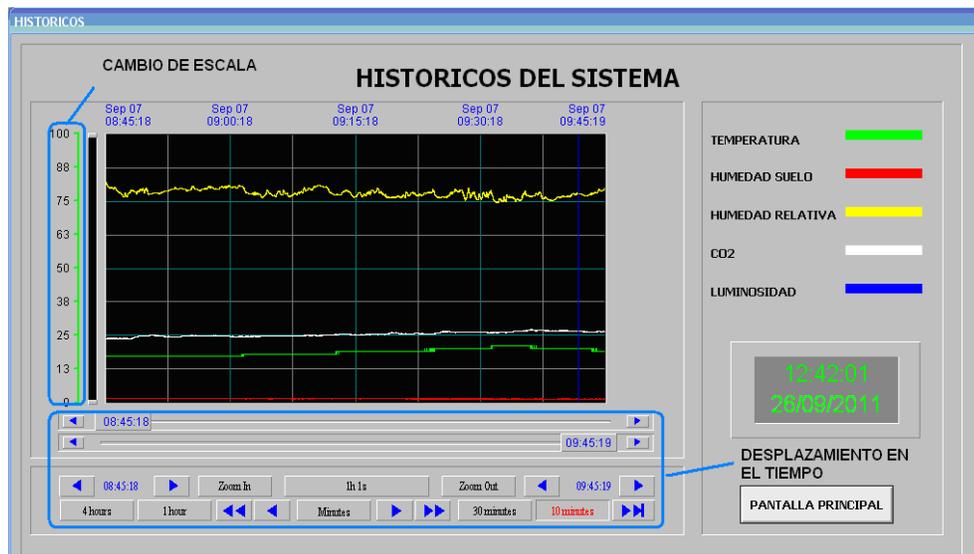


Figura 10: Pantalla de gráfica de históricos

Para la visualización de la gráfica de históricos se puede acceder desde la pantalla principal como se muestra en la figura 3 (Bloque 5), o desde cada una de las pantallas que detallan las variables (Figuras 4 – 7).

La gráfica de históricos cuenta con los controles de desplazamiento en el tiempo que permiten ver los datos gráficos en cualquier tiempo en el que estuvo operando el sistema, además en el costado izquierdo se puede cambiar la escala para mejor visualización de los valores de cada variable (Figura 10).

## 10. NIVELES DE SEGURIDAD

El Sistema Antihelada, Regadío y Ventilación cuenta con 2 niveles de seguridad, la tabla 1 muestra una referencia de las acciones que se pueden en según el nivel de acceso que se tenga.

Tabla 1. Derechos de Usuario

<b>Acciones</b>	<b>Supervisor</b>	<b>Operador</b>
Nivel de acceso InTouch	8000	5000
Visualización de valores de variables	✓	✓
Visualización de estado de procesos	✓	✓
Selección del modo de operación	✓	X
Arranque de modo automático	✓	X
Visualización de valores consigna	✓	✓
Configuración de valores consigna	✓	X
Visualización de alarmas	✓	✓
Reconocimiento de alarmas	✓	X
Acciones de control manual	✓	X
Visualización de graficas en tiempo real	✓	✓
Visualización de grafica de históricos	✓	✓

*Nota: Todas las operaciones del sistema descritas en este manual son realizadas respecto a la programación cargada en el PLC, pueden presentarse variaciones debido a las condiciones en las que se ejecuten los procesos.*

*Las acciones realizadas en el tablero de control local se ven reflejadas en los indicadores de la HMI y viceversa.*

**ANEXO C**  
**SOFTWARE**

## PROGRAMA DEL PLC

### COMENTARIOS DEL PROGRAMA

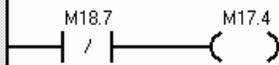
**Network 1** Título de segmento

Comentario de segmento



**Network 2**

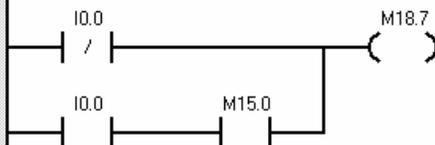
PARO EMERGENCIA (INVERSION POR PULSADOR NORMALMENTE CERRADO)



Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

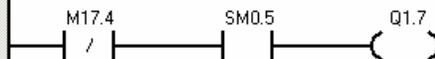
**Network 3**

MARCA PARO DE EMERGENCIA (PULSADOR NORMALMENTE CERRADO)



**Network 4**

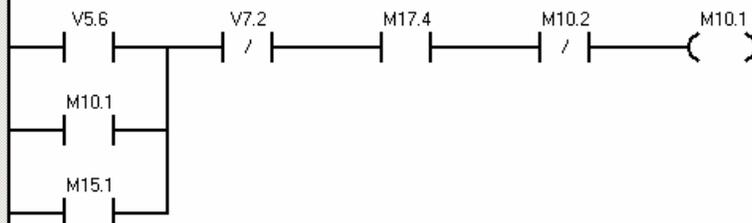
LUZ PARO EMERGENCIA



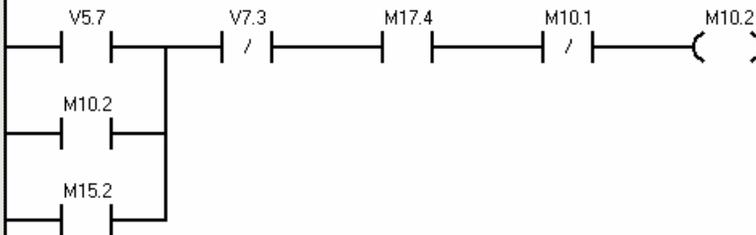
Símbolo	Dirección	Comentario
I_EMERGENCIA	Q1.7	INDICADOR PARO DE EMERGENCIA
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 5**

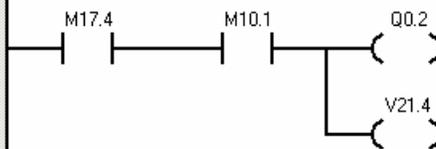
ABRIR PUERTA



Símbolo	Dirección	Comentario
DI010_3	V5.6	Símbolo, entrada 3:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DI015_3	V7.2	Símbolo, entrada 3:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 6****CERRAR PUERTA**

Símbolo	Dirección	Comentario
DI010_4	V5.7	Símbolo, entrada 4:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DI015_4	V7.3	Símbolo, entrada 4:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 7****INDICADOR Y CONTACTOR PUERTA ABIERTA**

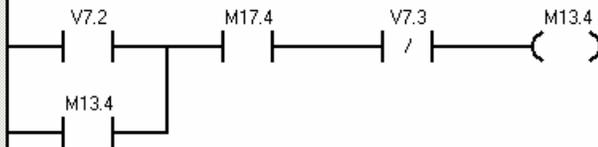
Símbolo	Dirección	Comentario
DQ010_1	V21.4	Símbolo, salida 1:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
I_PUERTA_A	Q0.2	INDICADOR DE PUERTA ABRIENDOSE
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 8****INDICADOR Y CONTACTOR PUERTA CERRADA**

Símbolo	Dirección	Comentario
DQ010_2	V21.5	Símbolo, salida 2:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
I_PUERTA_C	Q0.3	INDICADOR DE PUERTA CERRANDOSE
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 9**

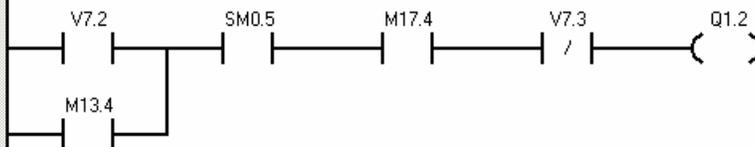
MARCA ALARMA PUERTA ABIERTA



Símbolo	Dirección	Comentario
DI015_3	V7.2	Símbolo, entrada 3:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DI015_4	V7.3	Símbolo, entrada 4:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 10**

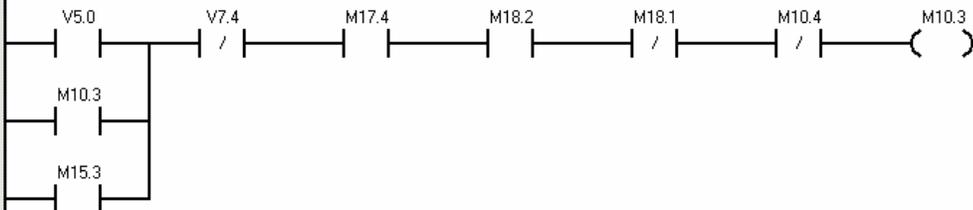
INDICADOR PUERTA



Símbolo	Dirección	Comentario
DI015_3	V7.2	Símbolo, entrada 3:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DI015_4	V7.3	Símbolo, entrada 4:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
I_PUERTA_AB	Q1.2	INDICADOR DE PUERTA ABIERTA
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

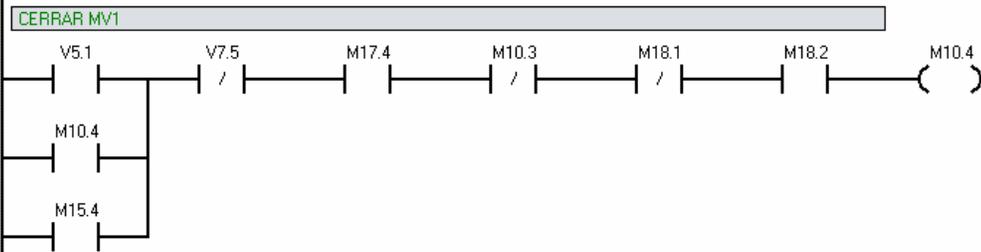
**Network 11**

ABRIR MV1



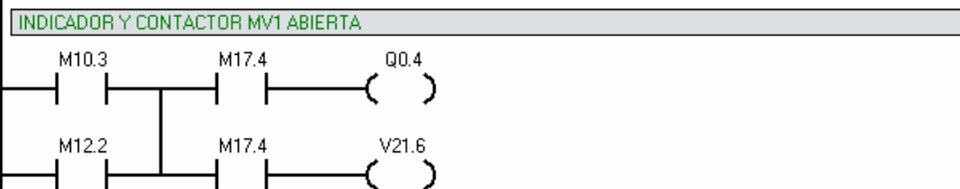
Símbolo	Dirección	Comentario
DI011_1	V5.0	Símbolo, entrada 1:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DI014_1	V7.4	Símbolo, entrada 1:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO
S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL

### Network 12



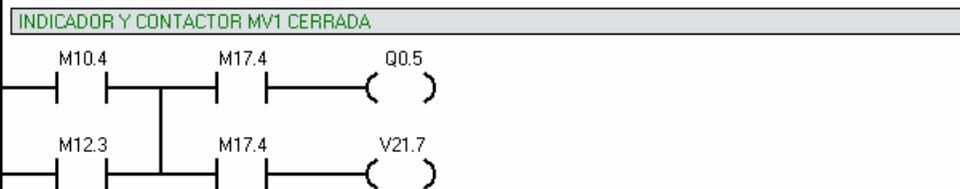
Símbolo	Dirección	Comentario
DI011_2	V5.1	Símbolo, entrada 2:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DI014_2	V7.5	Símbolo, entrada 2:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO
S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL

### Network 13

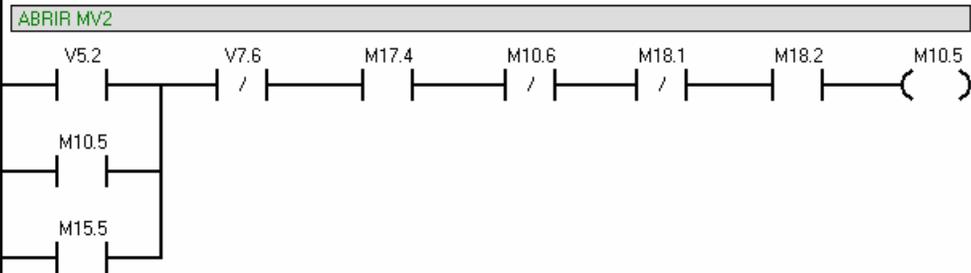


Símbolo	Dirección	Comentario
DQ010_3	V21.6	Símbolo, salida 3:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
I_MV1_A	Q0.4	INDICADOR DE MV1 ABRIENDOSE
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

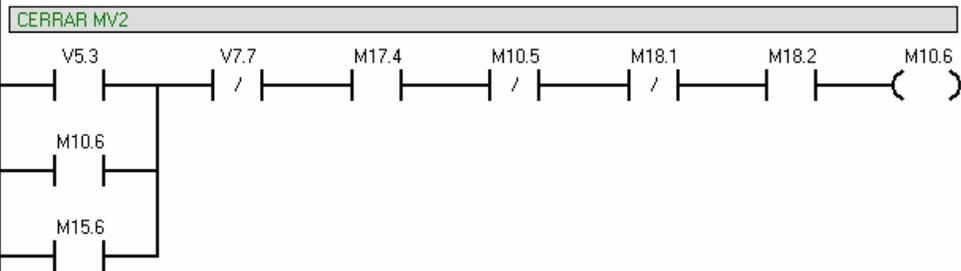
### Network 14



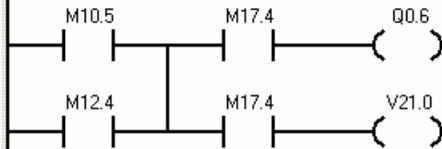
Símbolo	Dirección	Comentario
DQ010_4	V21.7	Símbolo, salida 4:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
I_MV1_C	Q0.5	INDICADOR DE MV1 CERRANDOSE
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 15**

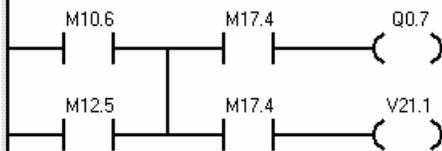
Símbolo	Dirección	Comentario
DI011_3	V5.2	Símbolo, entrada 3:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DI014_3	V7.6	Símbolo, entrada 3:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO
S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL

**Network 16**

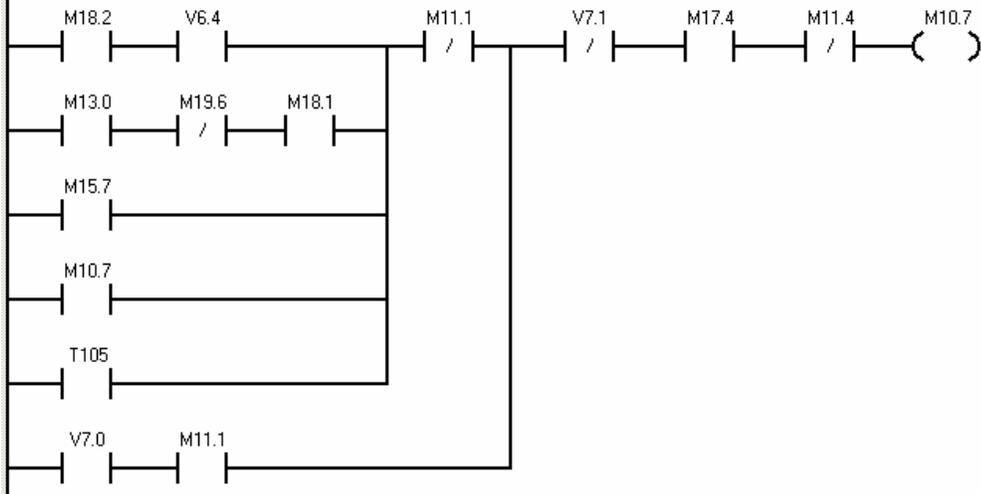
Símbolo	Dirección	Comentario
DI011_4	V5.3	Símbolo, entrada 4:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DI014_4	V7.7	Símbolo, entrada 4:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO
S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL

**Network 17****INDICADOR Y CONTACTOR MV2 ABIERTA**

Símbolo	Dirección	Comentario
DQ011_1	V21.0	Símbolo, salida 1:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
I_MV2_A	Q0.6	INDICADOR DE MV2 ABRIENDOSE
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

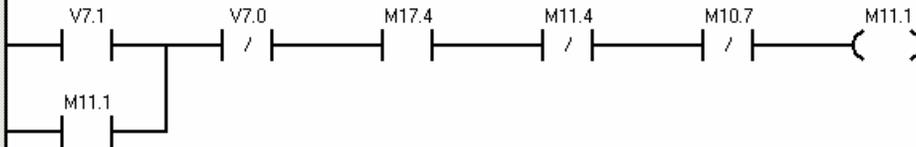
**Network 18****INDICADOR Y CONTACTOR MV2 CERRADA**

Símbolo	Dirección	Comentario
DQ011_2	V21.1	Símbolo, salida 2:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
I_MV2_C	Q0.7	INDICADOR DE MV2 CERRANDOSE
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 19****RIEGO FOLIAR ON**

### Network 20

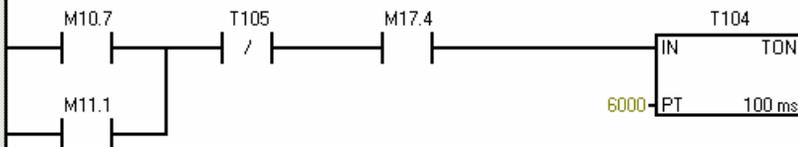
#### FOLIAR FINAL



Símbolo	Dirección	Comentario
DI015_1	V7.0	Símbolo, entrada 1:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DI015_2	V7.1	Símbolo, entrada 2:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

### Network 21

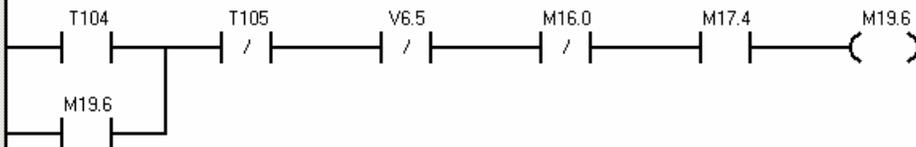
#### TEMPORIZADOR APAGADO PAUSA



Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

### Network 22

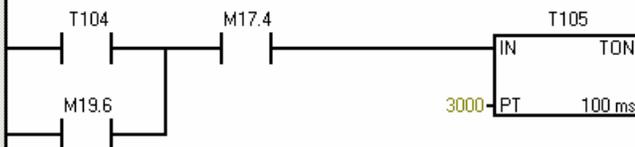
#### MARCA ENCENDIDO POR PAUSA



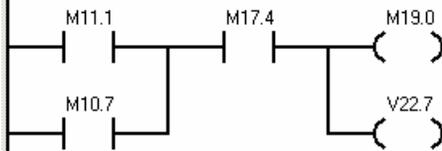
Símbolo	Dirección	Comentario
DI012_2	V6.5	Símbolo, entrada 2:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

### Network 23

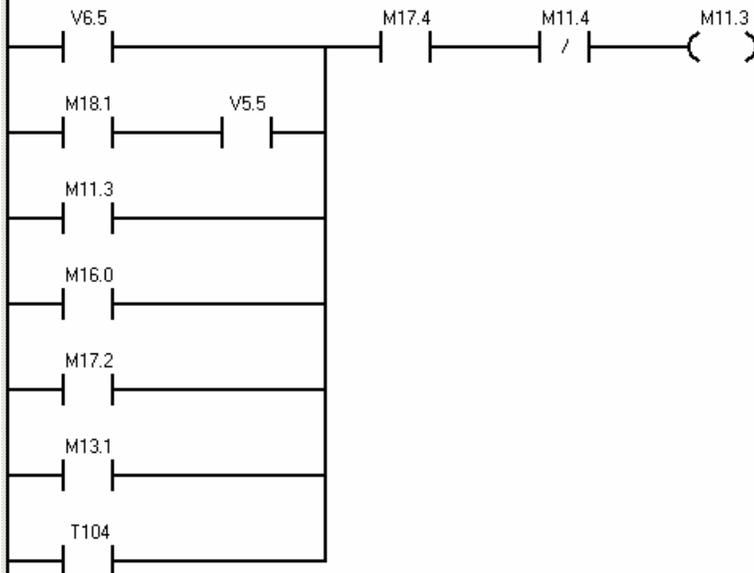
#### TEMPORIZADOR ENCENDIDO PAUSA



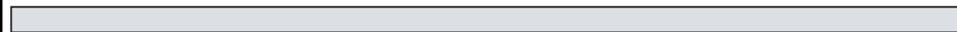
Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 24****ENCENDER BOMBA Y ELECTROVALVULA**

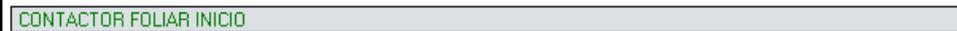
Símbolo	Dirección	Comentario
DQ012_4	V22.7	Símbolo, salida 4:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
I_GOTÉO	M19.0	INDICADOR DE RIEGO POR GOTEO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 25****APAGADO DE FOLIAR**

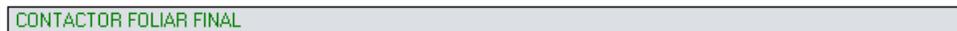
Símbolo	Dirección	Comentario
DI010_2	V5.5	Símbolo, entrada 2:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DI012_2	V6.5	Símbolo, entrada 2:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

**Network 26**

Símbolo	Dirección	Comentario
DI015_1	V7.0	Símbolo, entrada 1:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 27**

Símbolo	Dirección	Comentario
DQ011_3	V21.2	Símbolo, salida 3:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

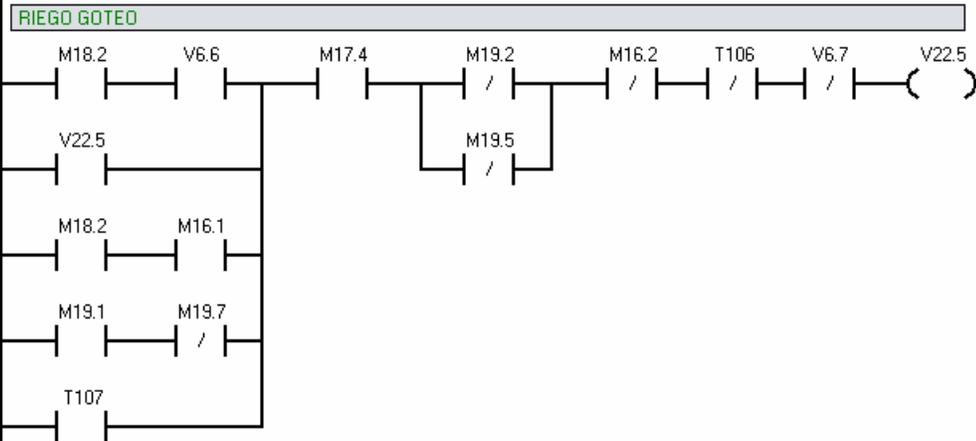
**Network 28**

Símbolo	Dirección	Comentario
DQ011_4	V21.3	Símbolo, salida 4:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 29**

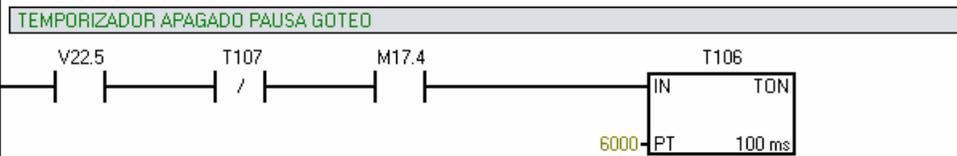
Símbolo	Dirección	Comentario
I_FOLIAR	Q1.0	INDICADOR DE RIEGO FOLIAR ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

### Network 30



Símbolo	Dirección	Comentario
DI012_3	V6.6	Símbolo, entrada 3:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DI012_4	V6.7	Símbolo, entrada 4:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DQ012_2	V22.5	Símbolo, salida 2:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL

### Network 31

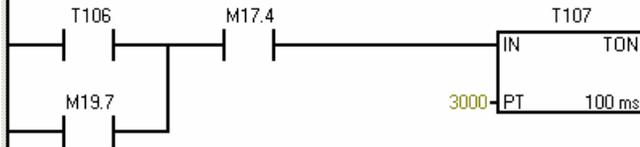


Símbolo	Dirección	Comentario
DQ012_2	V22.5	Símbolo, salida 2:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

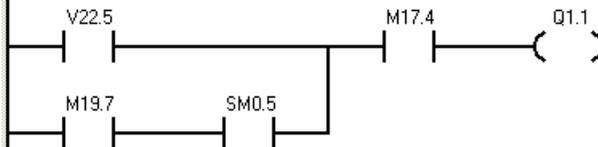
### Network 32



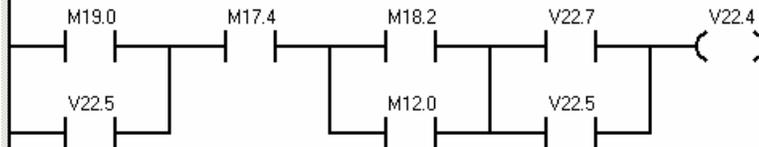
Símbolo	Dirección	Comentario
DI012_4	V6.7	Símbolo, entrada 4:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 33****TEMPORIZADOR ENCENDIDO PAUSA GOTEO**

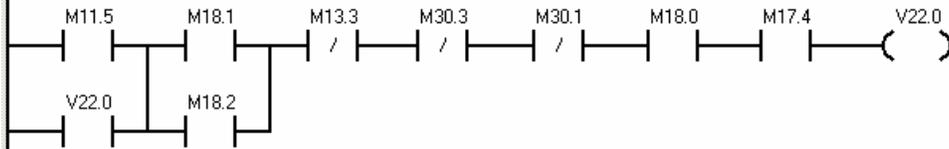
Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 34****INDICADOR GOTEO**

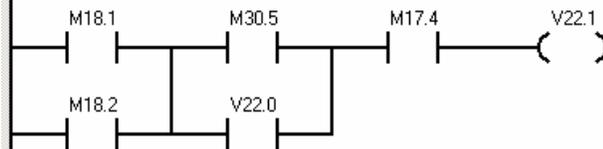
Símbolo	Dirección	Comentario
DQ012_2	V22.5	Símbolo, salida 2:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 35****ENCENDIDO BOMBA**

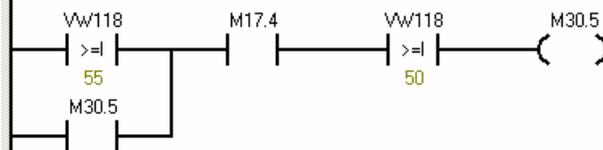
Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
DQ012_1	V22.4	Símbolo, salida 1:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DQ012_2	V22.5	Símbolo, salida 2:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DQ012_4	V22.7	Símbolo, salida 4:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
I_GOTEO	M19.0	INDICADOR DE RIEGO POR GOTEO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_MAN	M18.2	SECTOR EN POSICION MANUAL

**Network 36****VENTILADOR GAS ON**

Símbolo	Dirección	Comentario
DQ013_1	V22.0	Símbolo, salida 1:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO
S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL

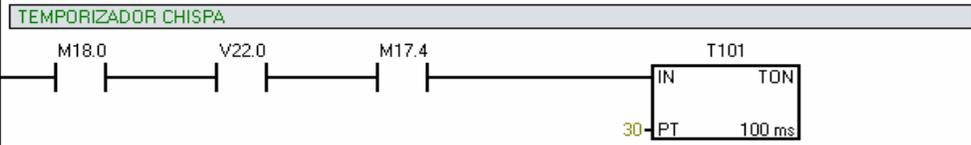
**Network 37****ENFRIAR CALEFACTOR**

Símbolo	Dirección	Comentario
DQ013_1	V22.0	Símbolo, salida 1:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DQ013_2	V22.1	Símbolo, salida 2:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO
S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL

**Network 38****ENFRIAR CALEFACTOR**

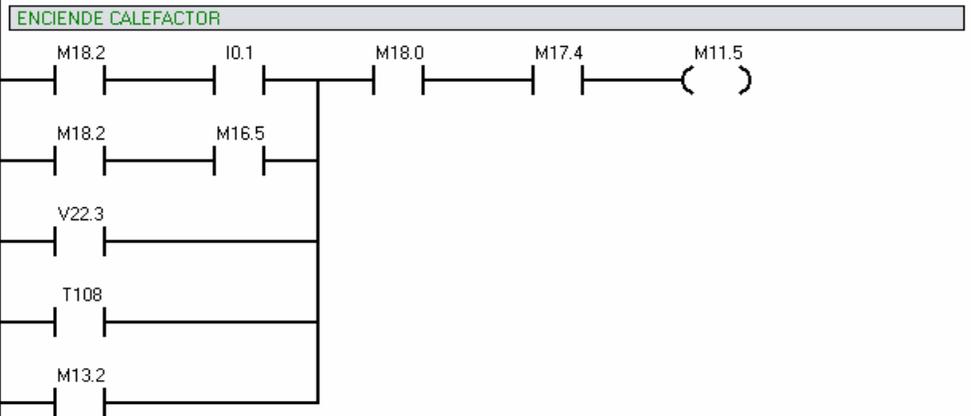
Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 39**



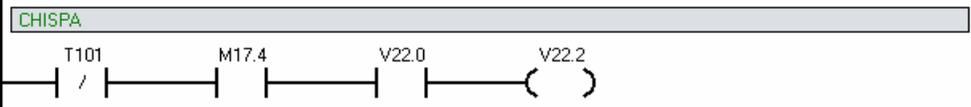
Símbolo	Dirección	Comentario
DQ013_1	V22.0	Símbolo, salida 1:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 40**



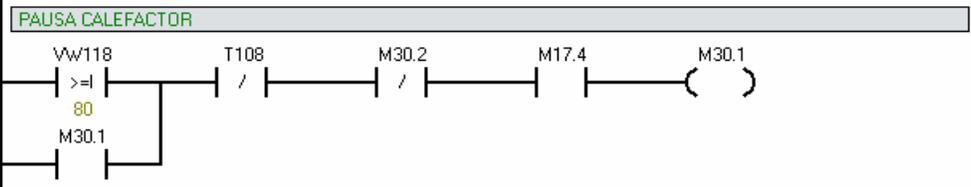
Símbolo	Dirección	Comentario
DQ013_4	V22.3	Símbolo, salida 4:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL

**Network 41**



Símbolo	Dirección	Comentario
DQ013_1	V22.0	Símbolo, salida 1:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
DQ013_3	V22.2	Símbolo, salida 3:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

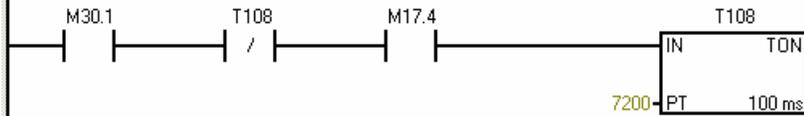
**Network 42**



Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 43**

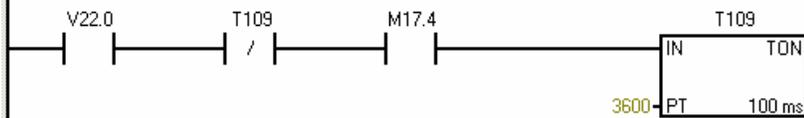
TEMPORIZADOR DE PAUSA



Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 44**

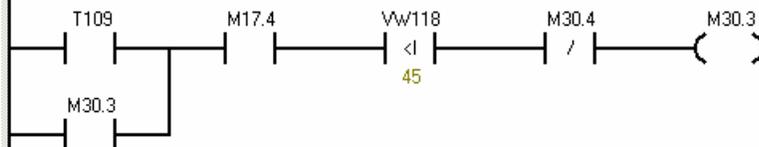
BLOQUEO DE VALVULA POR FALLA DE ENCENDIDO



Símbolo	Dirección	Comentario
DQ013_1	V22.0	Símbolo, salida 1:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 45**

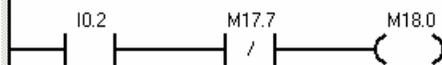
BLOQUEO DE VALVULA POR FALLA DE ENCENDIDO



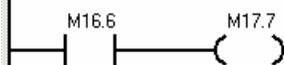
Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 46**

MÁRCA CALEFACTOR ON

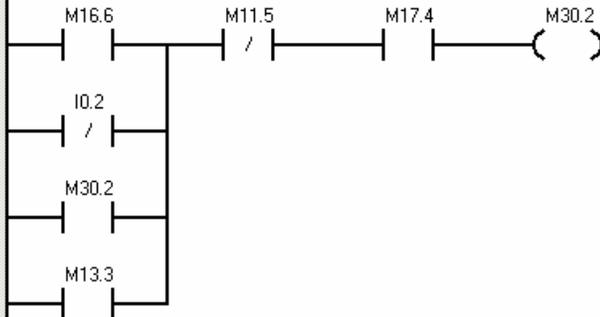
**Network 47**

MÁRCA CALEFACTOR OFF



**Network 48**

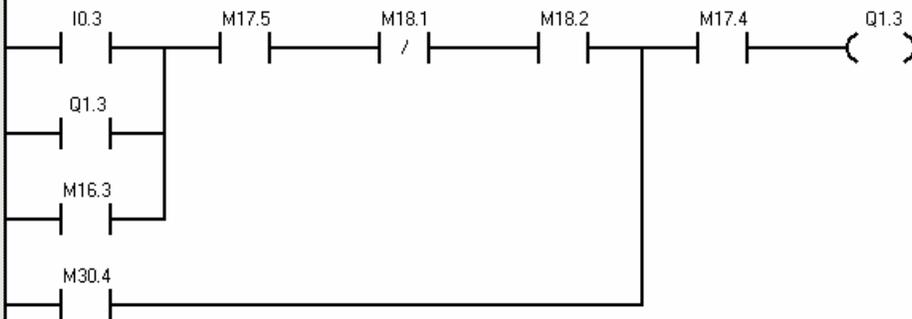
MEMORIA CALEFACTOR OFF



Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 49**

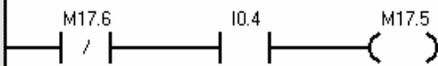
LUZ ON



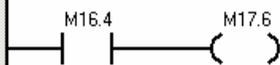
Símbolo	Dirección	Comentario
LUCES	Q1.3	LUCES ENCENDIDAS
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO
S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL

**Network 50**

MARCA LUZ OFF

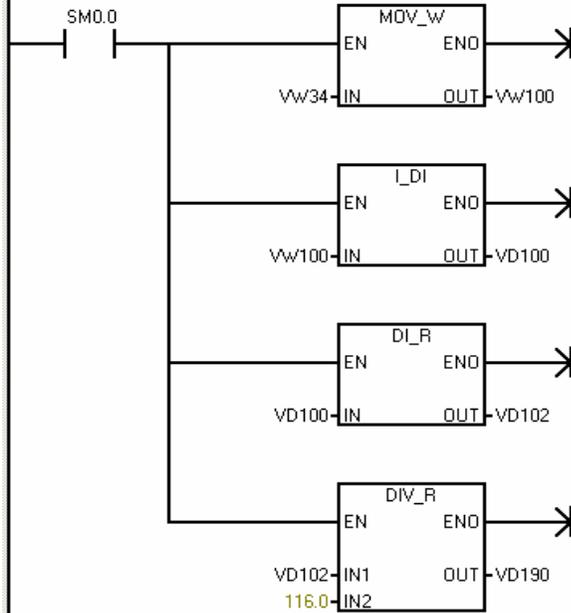
**Network 51**

MARCA LUZ OFF



**Network 52**

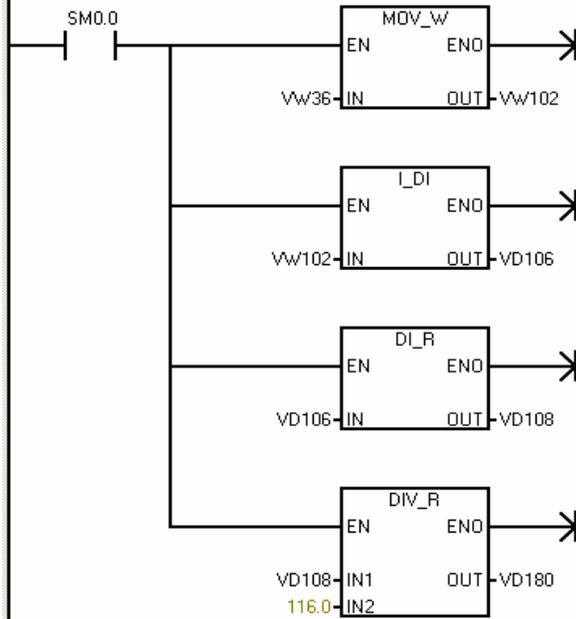
## ESCLADO HUMEDAD (14) PROFUNDO



Símbolo	Dirección	Comentario
AI020_2	Vw34	Canal simbólico 2:Esclavo 20 - Analógico (Entrada, 4 canal...

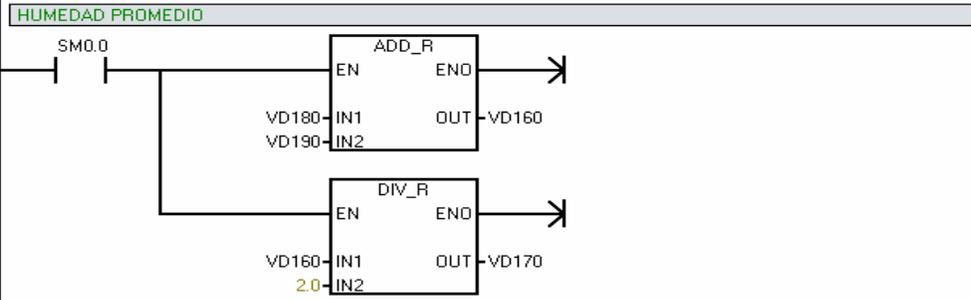
**Network 53**

## ESCLADO HUMEDAD (15) SUPERFICIAL

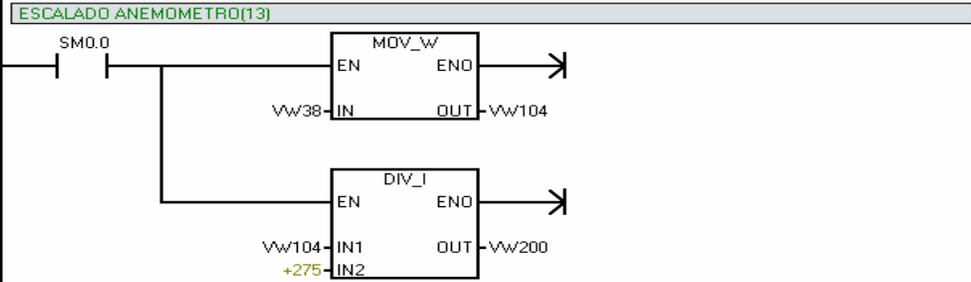


Símbolo	Dirección	Comentario
AI020_3	Vw36	Canal simbólico 3:Esclavo 20 - Analógico (Entrada, 4 canal...

**Network 54**

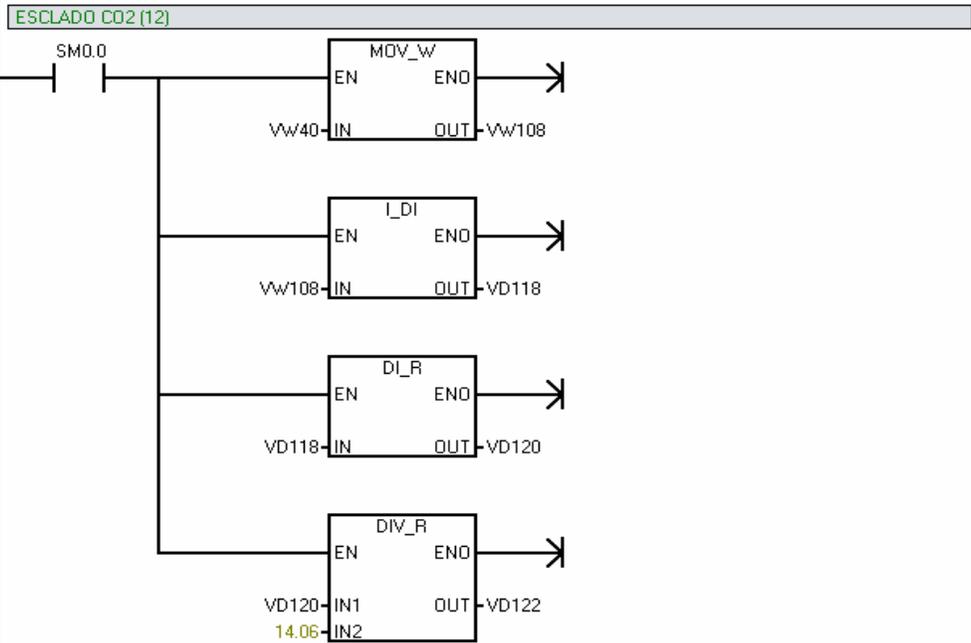


**Network 55**



Símbolo	Dirección	Comentario
AI020_4	VW38	Canal simbólico 4:Esclavo 20 - Analógico (Entrada, 4 canal...

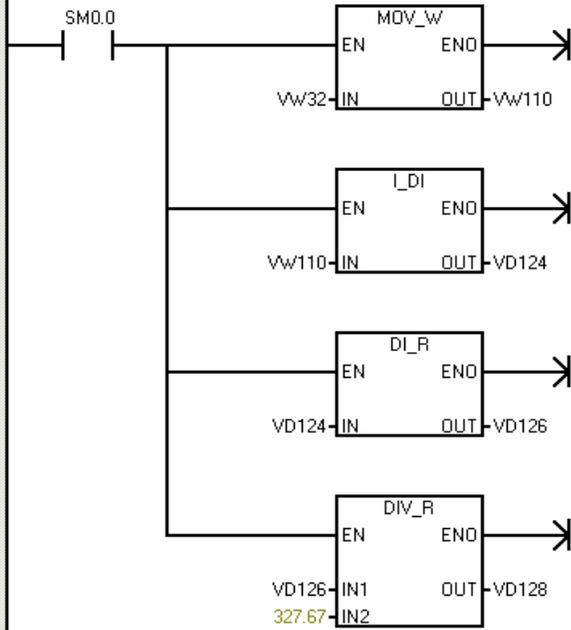
**Network 56**



Símbolo	Dirección	Comentario
AI021_1	VW40	Canal simbólico 1:Esclavo 21 - Analógico (Entrada, 4 canal...

**Network 57**

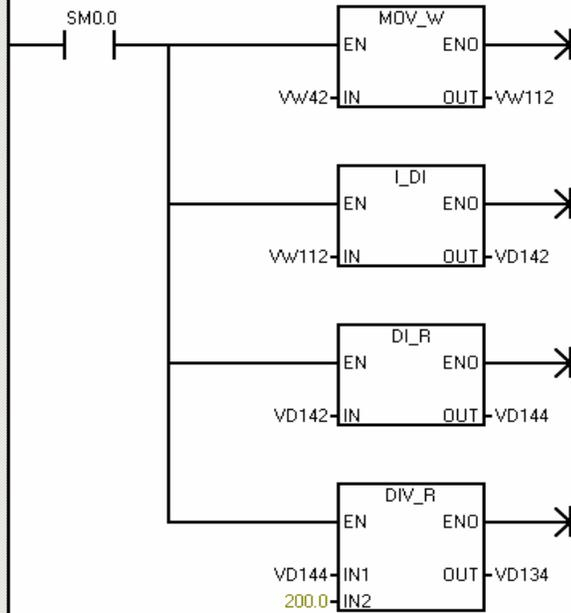
**ESCLAVO HUMEDAD RELATIVA(11)**



Símbolo	Dirección	Comentario
AI020_1	VW32	Canal simbólico 1:Esclavo 20 - Analógico (Entrada, 4 canal...

**Network 58**

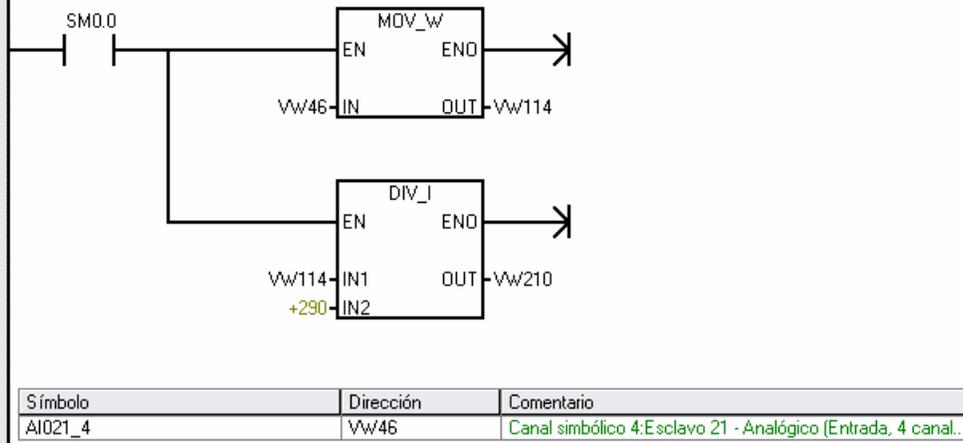
**ESCLAVO LUMINOSIDAD (16)**



Símbolo	Dirección	Comentario
AI021_2	VW42	Canal simbólico 2:Esclavo 21 - Analógico (Entrada, 4 canal...

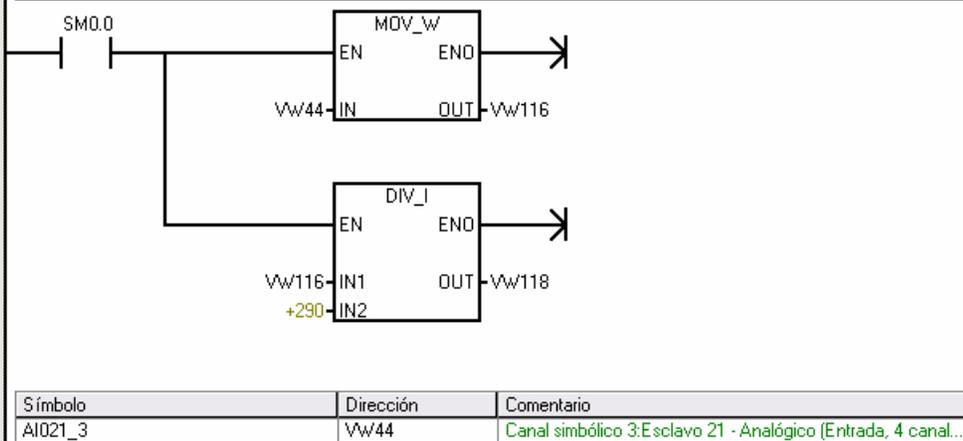
### Network 59

#### ESCLADO TEMPERATURA INVERNADERO (9)



### Network 60

#### ESCLADO TEMPERATURA CALEFACTOR(10)



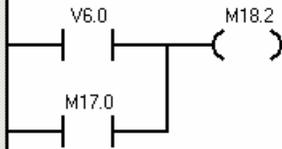
### Network 61

#### MARCA SELECTOR AUTOMATICO

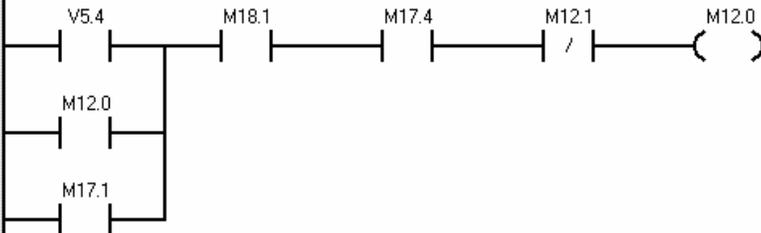


**Network 62**

MARCA SELECTOR MANUAL



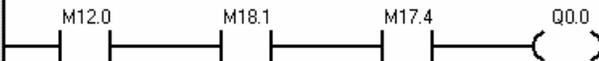
Símbolo	Dirección	Comentario
DI013_1	V6.0	Símbolo, entrada 1:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL

**Network 63**CONTROL AUTOMATICO  
MARCA AUTOMATICO ON

Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_OFF	M12.1	MOD0 AUTOMATICO APAGADO
AUTO_ON	M12.0	MOD0 AUTOMATICO ENCENDIDO
DI010_1	V5.4	Símbolo, entrada 1:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

**Network 64**

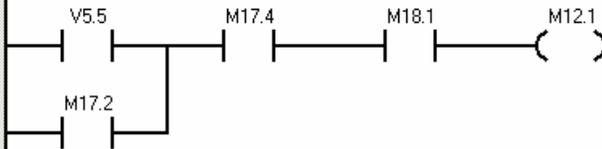
INDICADOR AUTOMATICO ON



Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MOD0 AUTOMATICO ENCENDIDO
I_AUTO_ON	Q0.0	INDICADOR DE MOD0 AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

### Network 65

MARCA AUTOMATICO OFF



Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_OFF	M12.1	MODO AUTOMATICO APAGADO
DI010_2	V5.5	Símbolo, entrada 2:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

### Network 66

INDICADOR AUTOMATICO OFF



Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_OFF	M12.1	MODO AUTOMATICO APAGADO
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
I_AUTO_OFF	Q0.1	INDICADOR DE MODO AUTOMATICO APAGADO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

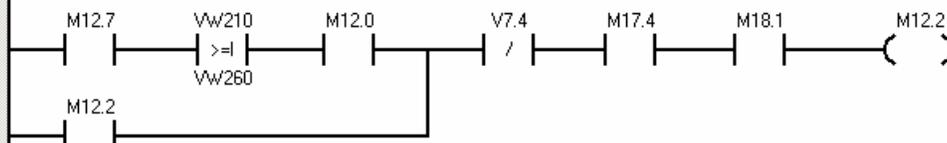
### Network 67

SUMA TEMPERATURA

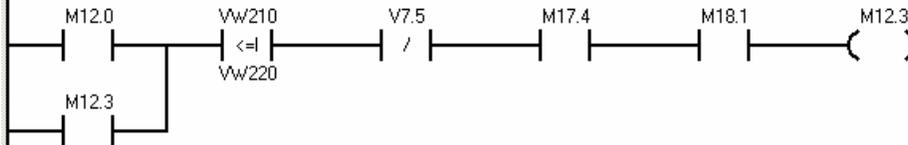


### Network 68

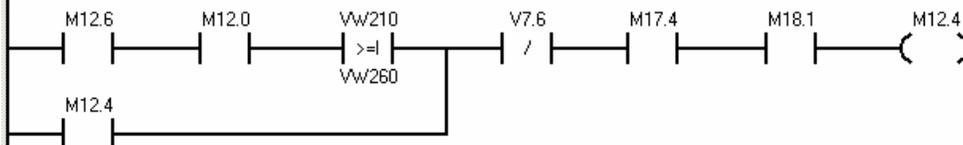
ABRIR MV1 AUTO



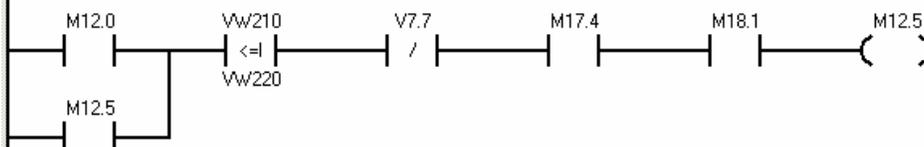
Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
DI014_1	V7.4	Símbolo, entrada 1:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

**Network 69****CERRAR MV1 AUTO**

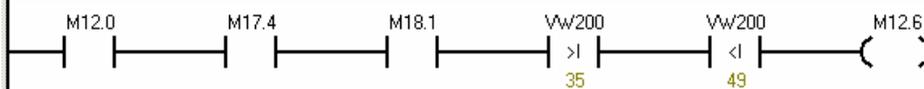
Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
DI014_2	V7.5	Símbolo, entrada 2:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

**Network 70****ABRIR MV2 AUTO**

Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
DI014_3	V7.6	Símbolo, entrada 3:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

**Network 71****CERRAR MV2**

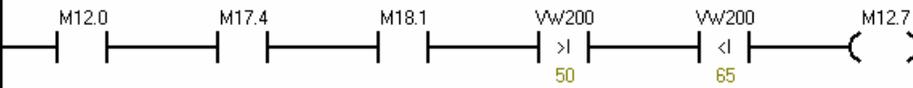
Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
DI014_4	V7.7	Símbolo, entrada 4:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

**Network 72****DIRECCION VIENTO MV2**

Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

**Network 73**

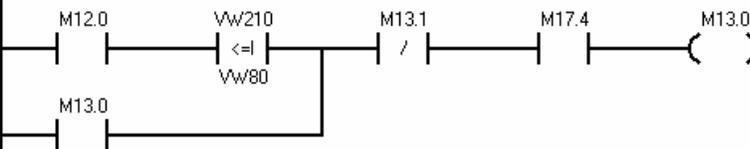
DIRECCION VIENTO MV1



Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

**Network 74**

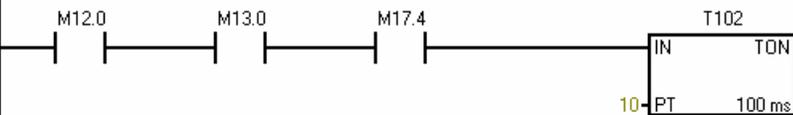
ACTIVACION AUTOMATICO ANTIHELADAS



Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 75**

SIRENA



Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 76**

SIRENA



Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
SIRENA	Q1.4	SIRENA ENCENDIDA

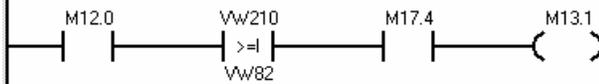
**Network 77**

SUMA ANTIHELADAS



**Network 78**

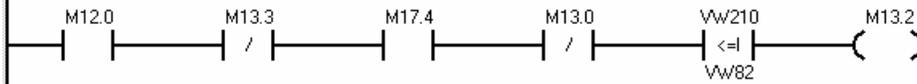
DESACTIVACION AUTOMATICO ANTIHELADAS



Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 79**

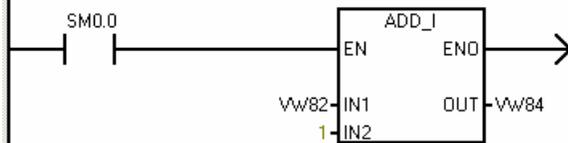
ACTIVACION CALEFACTOR AUTOMATICO



Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

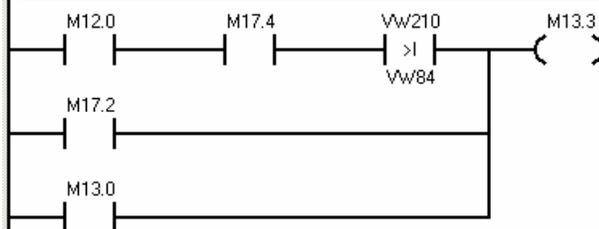
**Network 80**

SUMA CALEFACTOR



**Network 81**

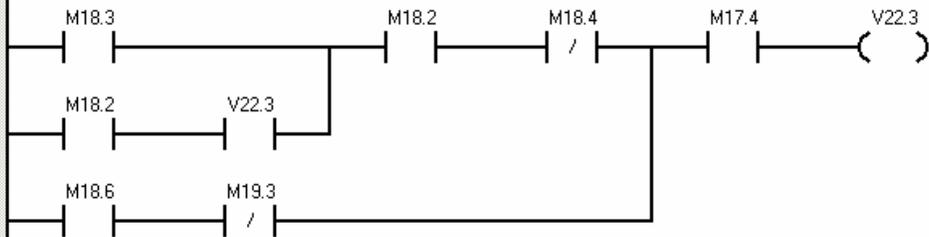
DESACTIVACION CALEFACTOR AUTOMATICO



Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 82**

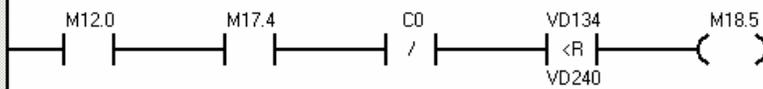
## ACTIVACION CO2 MANUAL



Símbolo	Dirección	Comentario
DQ013_4	V22.3	Símbolo, salida 4:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL

**Network 83**

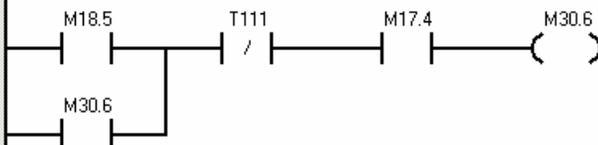
## ACTIVACION LUCES AUTO



Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 84**

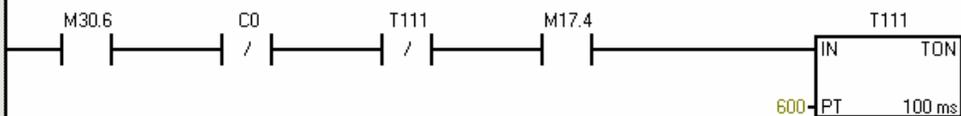
## MEMORIA LUCES



Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 85**

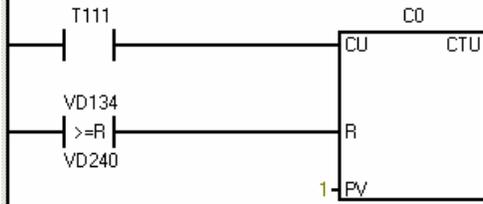
## TEMPORIZADOR PARA ESTABILIZACIÓN DE ILUMINACIÓN



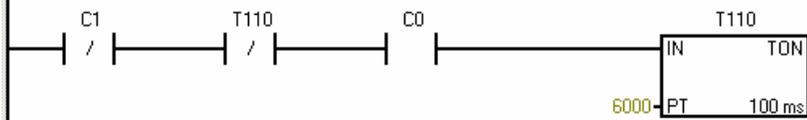
Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 86**

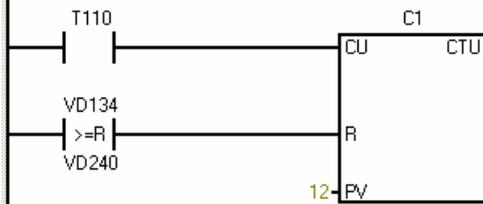
## CONTADOR ENCENDIDO DE LUCES

**Network 87**

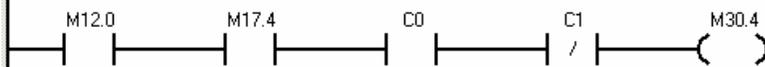
## TEMPORIZADOR LUCES

**Network 88**

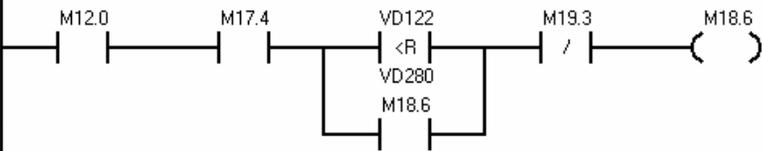
## CONTADOR 2H LUCES

**Network 89**

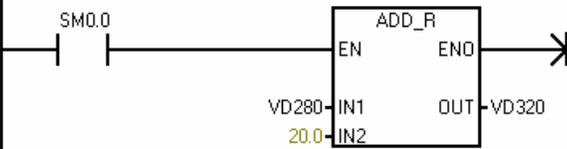
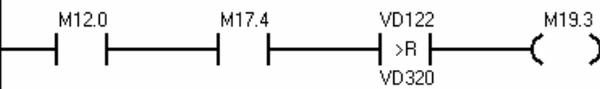
## MARCA DE ACTIVACION / DESACTIVACION DE LUCES AUTO



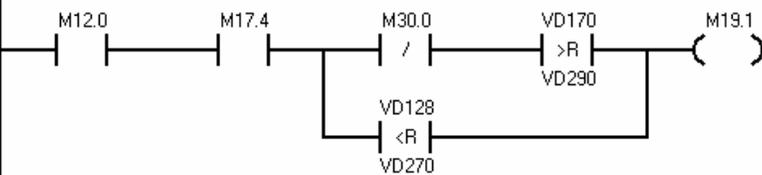
Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODULO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 90****ACTIVACION CO2 AUTO**

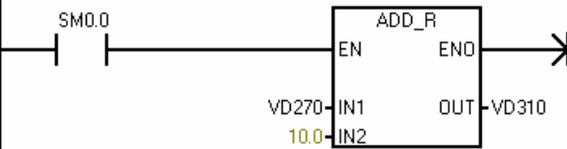
Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

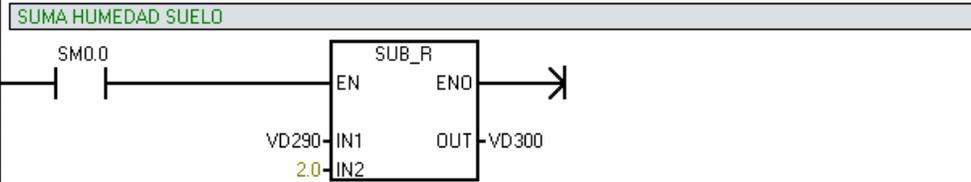
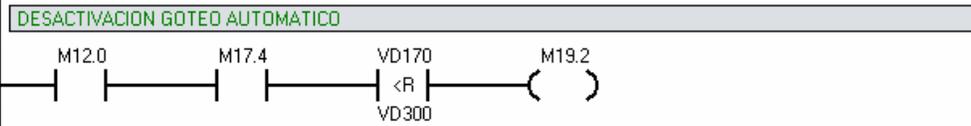
**Network 91****SUMA CO2****Network 92****DESACTIVACION CO2 AUTO**

Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

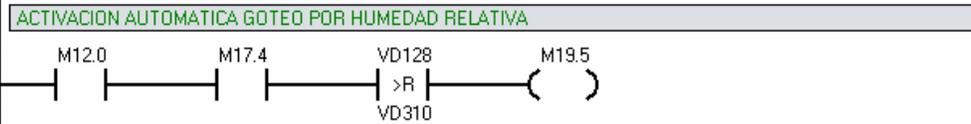
**Network 93****ACTIVACION GOTEADO AUTOMATICO**

Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

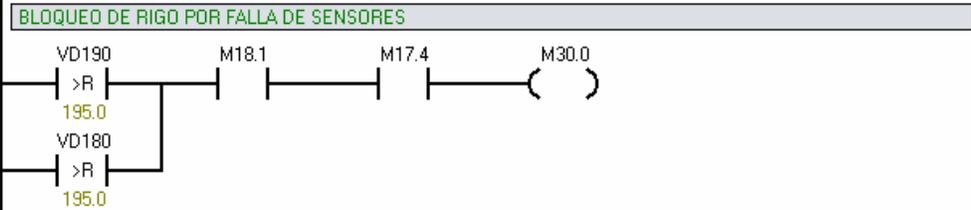
**Network 94****SUMA HUMEDAD RELATIVA**

**Network 95****Network 96**

Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODULO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 97**

Símbolo	Dirección	Comentario
AUTO_ON	M12.0	MODULO AUTOMATICO ENCENDIDO
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA

**Network 98**

Símbolo	Dirección	Comentario
P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO

## TABLA DE SÍMBOLOS DEL PROGRAMA PRINCIPAL

			Símbolo	Dirección	Comentario
1			P_EMERGENCIA	M17.4	PARO DE EMERGENCIA
2			I_EMERGENCIA	Q1.7	INDICADOR PARO DE EMERGENCIA
3			I_PUERTA_A	Q0.2	INDICADOR DE PUERTA ABIRIENDOSE
4			I_PUERTA_C	Q0.3	INDICADOR DE PUERTA CERRANDOSE
5			I_PUERTA_AB	Q1.2	INDICADOR DE PUERTA ABIERTA
6			I_MV1_A	Q0.4	INDICADOR DE MV1 ABIRIENDOSE
7			I_MV1_C	Q0.5	INDICADOR DE MV1 CERRANDOSE
8			I_MV2_A	Q0.6	INDICADOR DE MV2 ABIRIENDOSE
9			I_MV2_C	Q0.7	INDICADOR DE MV2 CERRANDOSE
10			I_GOTEO	M19.0	INDICADOR DE RIEGO POR GOTEO ENCENDIDO
11			I_FOLIAR	Q1.0	INDICADOR DE RIEGO FOLIAR ENCENDIDO
12			LUCES	Q1.3	LUCES ENCENDIDAS
13			S_AUTO	M18.1	SELECTOR EN POSICION AUTOMATICO
14			S_MAN	M18.2	SELECTOR EN POSICION MANUAL
15			AUTO_ON	M12.0	MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
16			I_AUTO_ON	Q0.0	INDICADOR DE MODO AUTOMATICO ENCENDIDO
17			AUTO_OFF	M12.1	MODO AUTOMATICO APAGADO
18			I_AUTO_OFF	Q0.1	INDICADOR DE MODO AUTOMATICO APAGADO
19			SIRENA	Q1.4	SIRENA ENCENDIDA

## TABLA DE SÍMBOLOS DEL ASISTENTE AS-I

			Símbolo	Dirección	Comentario
1			DI015_1	V7.0	Símbolo, entrada 1:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
2			DI015_2	V7.1	Símbolo, entrada 2:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
3			DI015_3	V7.2	Símbolo, entrada 3:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
4			DI015_4	V7.3	Símbolo, entrada 4:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
5			DQ015_1	V23.0	Símbolo, salida 1:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
6			DQ015_2	V23.1	Símbolo, salida 2:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
7			DQ015_3	V23.2	Símbolo, salida 3:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
8			DQ015_4	V23.3	Símbolo, salida 4:Esclavo 15 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
9			DI014_1	V7.4	Símbolo, entrada 1:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
10			DI014_2	V7.5	Símbolo, entrada 2:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
11			DI014_3	V7.6	Símbolo, entrada 3:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
12			DI014_4	V7.7	Símbolo, entrada 4:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
13			DQ014_1	V23.4	Símbolo, salida 1:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
14			DQ014_2	V23.5	Símbolo, salida 2:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
15			DQ014_3	V23.6	Símbolo, salida 3:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
16			DQ014_4	V23.7	Símbolo, salida 4:Esclavo 14 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
17			DI013_1	V6.0	Símbolo, entrada 1:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
18			DI013_2	V6.1	Símbolo, entrada 2:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
19			DI013_3	V6.2	Símbolo, entrada 3:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
20			DI013_4	V6.3	Símbolo, entrada 4:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
21			DQ013_1	V22.0	Símbolo, salida 1:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
22			DQ013_2	V22.1	Símbolo, salida 2:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
23			DQ013_3	V22.2	Símbolo, salida 3:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
24			DQ013_4	V22.3	Símbolo, salida 4:Esclavo 13 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
25			DI012_1	V6.4	Símbolo, entrada 1:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
26			DI012_2	V6.5	Símbolo, entrada 2:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
27			DI012_3	V6.6	Símbolo, entrada 3:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
28			DI012_4	V6.7	Símbolo, entrada 4:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
29			DQ012_1	V22.4	Símbolo, salida 1:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
30			DQ012_2	V22.5	Símbolo, salida 2:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
31			DQ012_3	V22.6	Símbolo, salida 3:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
32			DQ012_4	V22.7	Símbolo, salida 4:Esclavo 12 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
33			DI011_1	V5.0	Símbolo, entrada 1:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))

34		DI011_2	V5.1	Símbolo, entrada 2:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
35		DI011_3	V5.2	Símbolo, entrada 3:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
36		DI011_4	V5.3	Símbolo, entrada 4:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
37		DQ011_1	V21.0	Símbolo, salida 1:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
38		DQ011_2	V21.1	Símbolo, salida 2:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
39		DQ011_3	V21.2	Símbolo, salida 3:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
40		DQ011_4	V21.3	Símbolo, salida 4:Esclavo 11 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
41		DI010_1	V5.4	Símbolo, entrada 1:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
42		DI010_2	V5.5	Símbolo, entrada 2:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
43		DI010_3	V5.6	Símbolo, entrada 3:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
44		DI010_4	V5.7	Símbolo, entrada 4:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
45		DQ010_1	V21.4	Símbolo, salida 1:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
46		DQ010_2	V21.5	Símbolo, salida 2:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
47		DQ010_3	V21.6	Símbolo, salida 3:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
48		DQ010_4	V21.7	Símbolo, salida 4:Esclavo 10 - Digital (4I/4Q (St 7Hex))
49		AI021_4	Vw46	Canal simbólico 4:Esclavo 21 - Analógico (Entrada, 4 canales)
50		AI021_3	Vw44	Canal simbólico 3:Esclavo 21 - Analógico (Entrada, 4 canales)
51		AI021_2	Vw42	Canal simbólico 2:Esclavo 21 - Analógico (Entrada, 4 canales)
52		AI021_1	Vw40	Canal simbólico 1:Esclavo 21 - Analógico (Entrada, 4 canales)
53		AI020_4	Vw38	Canal simbólico 4:Esclavo 20 - Analógico (Entrada, 4 canales)
54		AI020_3	Vw36	Canal simbólico 3:Esclavo 20 - Analógico (Entrada, 4 canales)
55		AI020_2	Vw34	Canal simbólico 2:Esclavo 20 - Analógico (Entrada, 4 canales)
56		AI020_1	Vw32	Canal simbólico 1:Esclavo 20 - Analógico (Entrada, 4 canales)

Latacunga, Noviembre 2011

**ELABORADO POR:**

---

Mario Erazo R.  
C.C: 050277130-6

---

José Sánchez A.  
C.C: 050298856-1

**APROBADO POR:**

---

Ing. Armando Álvarez S.  
DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN

**CERTIFICADO POR:**

---

Dr. Rodrigo Vaca C.  
SECRETARIO ACADÉMICO