

Índice

Capítulo 1.INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problemática.....	2
1.2. Hipótesis de Trabajo.....	3
1.3. Objetivo general y Objetivos específicos	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Alcances y limitaciones	3
1.5. Metodología	4
Capítulo 2.MARCO TEÓRICO	5
2.1. Control ambiental:.....	6
2.1.1. Temperatura.....	6
2.1.2. Humedad relativa.....	7
2.1.3. Luminosidad.....	7
2.1.4. CO2.....	8
2.2. Climatización de invernaderos durante períodos fríos	8
2.2.1. Sistemas de calefacción.....	8
2.2.2. Calefacción por agua caliente.....	9
2.2.3. Calefacción por aire caliente.....	10
2.2.4. Empleo de pantallas térmicas.....	10
2.3. Climatización de invernaderos en períodos cálidos.....	11
2.3.1. Sistemas de sombreado.....	12
2.3.2. Encalado.....	12
2.3.3. Mallas de sombreado.....	13
2.4. Ventilación	13
2.4.1. Ventilación natural o pasiva.....	13
2.4.2. Ventilación mecánica o forzada.....	14
2.5. Refrigeración por evaporación de agua.....	14
2.5.1. Nebulización fina (Fog System).....	14
2.5.2. Pantalla evaporadora (Hidrocooling o Cooling System).....	14
Capítulo 3.DISEÑO DEL SISTEMA	16
3.1. Dimensionamiento.....	17
3.1.1 Planos invernadero.....	18
3.1.2 Potencia de calefacción mínima requerida.....	20
3.2. Sistema de calefacción propuesto.....	25
3.2.1. Selección de Componentes.....	25
3.2.2. Descripción de componentes del sistema de calefacción.....	25
3.2.3. Esquema de sistema de calefacción propuesto.....	27
3.2.4. Cálculo potencia calefacción entregada por sistema propuesto.....	28
3.2.4.1 Potencia de calefacción del Calefón:	28
3.2.4.2 Potencia de disipación del radiador.....	29
3.2.5. Localización sistema de calefacción.....	30
3.3. Sensores utilizados para el monitoreo en invernaderos. ...	31

3.4.	Sensores en invernadero.....	32
3.4.1.	Selección de sensores.....	32
3.4.1.1.	Sensores al interior del invernadero	32
3.4.1.2.	Sensores al exterior del invernadero.....	33
3.4.2.	Localización de sensores al interior y exterior del invernadero.	34
3.4.2.1.	Sensores al interior del invernadero.	34
3.4.2.2.	Sensores al exterior del invernadero.....	34
3.5.	Actuadores, funcionamiento y descripción de los sistemas de calefacción, enfriamiento y ventilación.	35
3.5.1	Accionamiento y Descripción del sistema de calefacción.....	35
3.5.2	Accionamiento y Descripción del sistema de enfriamiento.....	36
3.5.3	Accionamiento y Descripción del sistema de ventilación.	37
Capítulo 4.	CONTROL DEL SISTEMA	39
4.1.	Técnicas de control.	40
4.1.1.	Teoría y discusión de las técnicas de control.....	40
4.1.2.	Control lógico o control ON-OFF.	40
4.1.3.	Control PID.....	41
4.2.	Selección técnica de control.....	43
4.2.1.	Diagrama de flujo	44
4.2.1.1	Diagrama de flujo del sistema interior del invernadero.....	44
4.2.1.2	Diagrama de flujo del sistema exterior del invernadero.	48
4.3.	Sistema de comunicación.....	49
4.3.1.	Comunicación XBEE.....	49
4.3.1.1	Diagrama comunicación XBEE.....	50
Capítulo 5.	COTIZACIONES	51
5.1	Cotización sistema de calefacción.....	52
5.2	Cotización sistema de control.	52
5.2.1	Sensores y accesorios.....	52
5.2.2	Actuadores y accesorios.....	52
5.3	Cotización sistema de comunicación	53
5.4	Cotización invernadero	53
5.5	Total del Proyecto	54
Capítulo 6.	CONCLUSIONES.....	55
6.1.	Sumario	56
6.2.	Conclusiones	56
6.3.	Trabajo Futuro.....	56
Bibliografía	57	
Anexo A: Invernadero.	58	
Anexo B: Sistema de Calefacción.	61	
Anexo C: sistemas de enfriamiento y ventilación.	65	
Anexo D: Sensores y accesorios.	67	

Índice de Figuras

Fig.3. 1 Diagrama de Temperatura de Curicó	17
Fig.3. 2 Plano invernadero, primera parte.	18
Fig.3. 3 Plano invernadero, segunda parte.	19
Fig.3. 4 Dimensiones del invernadero.	20
Fig.3. 5 Características ventiladores seleccionados.....	27
Fig.3. 6 Esquema de Calefacción propuesto.....	27
Fig.3. 7 Posición del sistema de calefacción.	30
Fig.3. 8 Diagrama general de los sensores utilizados en los invernaderos.....	31
Fig.3. 9 Estación meteorológica shield.....	32
Fig.3. 10 Sensores para estación meteorológica.....	33
Fig.3. 11 Posición estación meteorológica interior.	34
Fig.3.12 Posición estación meteorológica exterior.....	34
Fig.3. 13 Esquema accionamiento Bomba	35
Fig.3. 14 Esquema accionamiento calefón.	36
Fig.3. 15 Diagrama Sistema de Enfriamiento.....	37
Fig.3. 16 Circuito accionamiento motores para apertura de ventanas.....	38
Fig.4. 1 Controlador On / Off con comportamiento de histéresis.	41
Fig.4. 2 Respuesta del controlador PID.....	42
Fig.4. 3 Diagrama sistema interior.	44
Fig.4. 4 Diagrama Temperatura.....	45
Fig.4. 5 Diagrama Humedad Relativa.	46
Fig.4. 6 Diagrama Luminosidad.	47
Fig.4. 7 Diagrama Presión Barométrica.	47
Fig.4. 8 Diagrama Sistema Exterior.	48
Fig.4. 9 Topologías de red.....	49
Fig.4. 10 Sistema de Comunicación mediante Xbee.....	50

Índice de Tablas

Tabla 2. 1	Exigencias de temperatura para distintas especies	6
Tabla 2. 2	Humedad ambiental idónea	7
Tabla 3. 1	Climática. Datos históricos del tiempo primer semestre.	17
Tabla 3. 2	Climática. Datos históricos del tiempo segundo semestre.	18
Tabla 3. 3	Temperaturas para la ciudad de Curicó.	21
Tabla 3. 4	Exigencias de temperatura (°C) para distintas especies	22
Tabla 3. 5	Componentes Sistema de Calefacción.	25
Tabla 4. 1	Diferentes orientaciones de los invernaderos por parte de los investigadores. ...	42
Tabla.5. 1	Cotización sistema calefacción.....	52
Tabla.5. 2	Cotización sensores sistema de control.	52
Tabla.5. 3	Cotización actuadores sistema de control.....	52
Tabla.5. 4	Cotización sistema de comunicación.....	53
Tabla.5. 5	Cotización invernadero.....	53

Nomenclatura

T°	: Temperatura.
HR	: Humedad Relativa.
CO_2	: Anhídrido Carbónico.
L_u	: Luminosidad.
Q_c	: Pérdida por Convección
Q_{inf}	: Pérdida por Infiltración
Q_{total}	: Pérdida Total.
U	: Coeficiente transferencia de calor.
A	: Área de la superficie del invernadero.
V	: Volumen del invernadero.
ΔT	: Diferencia de temperatura.
t_i	: Temperaturas biológicas.
t_a	: Temperatura más baja del año.
δ_{agua}	: Densidad del agua.
C_p	: Calor específico del agua.
$u(t)$: Salida controlador.
K_p	: Constante proporcional.
K_i	: Constante integrativa.
K_d	: Constante derivativa
$e(t)$: Error.

Abreviaciones

Mayúsculas

PID	: Proporcional, integrativo, derivativo.
ON-OFF	: Control Encendido- Apagado.
PC	: Computador Personal.
KW	: Kilowatt.
XBEE	: Modulo de comunicación inalámbrica
CV	: Caballo Vapor
CC	: Centímetros cúbicos.
XBEE	: Módulo de comunicación.

Minúsculas

mín	: Mínimo.
máx	: Máximo.
int	: Interior.
ext	: Exterior.
rect	: Rectangular.
triang	: Triangular.
inf	: Inferior.
kg	: Kilogramos.
lt	: Litros.
m/s	: Metros por segundo.
rpm	: Revoluciones por minuto.
m	: Metro.
mm	: Milímetro.
s	: Segundo.
cm	: Centímetro.
m^2	: Metro cuadrado.
m^3	: Metro cubico.
m^3/s	: Metros cúbicos por segundo.
$w/m^2 \text{ } ^\circ C$: Watt por metro cuadrado por cada grado Celsius.
kg/m^3	: Kilogramo por metro cubico.
$julio/kg \text{ } ^\circ C$: Julio por kilogramo por cada grado Celsius.