

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problemática	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General.	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcances y Limitaciones.....	3
1.4 Metodología.....	4
Capítulo 2 MARCO TEÓRICO	6
2.1 Acondicionamiento del aire.....	6
2.1.1 Formas de acondicionamiento de aire.	8
2.1.2 Aire atmosférico o aire húmedo y sus propiedades termodinámicas.	17
2.1.3 Temperatura de Bulbo Seco.	18
2.1.4 Temperatura de Bulbo Húmedo.	18
2.1.5 Humedad Absoluta.....	20
2.1.6 Humedad Específica.....	21
2.1.7 Humedad Relativa.	21
2.1.8 Temperatura de Punto de rocío.	22
2.2 Humidificación	22
2.2.1 Humidificación Isotérmica.	23
2.2.2 Humidificación Adiabática.	23
2.3 Tipos de humectadores.	24
2.3.1 Según el tipo de Funcionamiento.	25
2.3.2 Según el método de impulsión del aire.	27
Capítulo 3 DISEÑO PROTOTIPO.....	29
3.1 Resumen del prototipo diseñado	29
3.2 Estructura del invernadero.....	31
3.3 Estructura del sistema de humidificación.....	33
3.4 Diseño del sistema de control.....	35
3.5 Plataforma de control.....	36
3.6 Sistemas de distribución.....	36
3.6.1 Sistema de ventilación.....	38
3.6.2 Sistemas de humidificación: Boquillas	39

3.7 Dispositivos y circuitos.	39
3.7.1 Dispositivo de procesamiento: Arduino Uno	39
3.7.2 Estación meteorológica	40
3.7.3 XBee shield	42
3.7.4 Sensor de Humedad y Temperatura.	42
3.7.5 Bombas.....	43
3.7.6 Sistema precalentamiento.....	46
3.8 Sistemas informáticos.....	47
3.8.1 Comunicación XBee.	47
3.8.2 Interfaz PC-usuario.	48
Capítulo 4 METODOLOGÍA.....	50
4.1 Modelo dinámico del invernadero.....	50
4.1.1 Identificación de UA , $C0$ y α'	52
4.1.2 Identificación de tv	54
4.1.3 Identificación de λ' y V'	54
4.2 Metodología de control.....	55
4.3 Protocolo para la comunicación	59
Capítulo 5 CONCLUSIÓN.....	60
Capítulo 6 TRABAJOS FUTUROS	61
Bibliografía.....	62
ANEXOS	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1 Diagrama de objetivos</i>	3
<i>Figura 2 Ejemplo de una carta Psicométrica.</i>	8
<i>Figura 3 Explicación de enfriamiento evaporativo en un sistema.</i>	9
<i>Figura 4 Gráfica psicométrica del enfriamiento Evaporativo.</i>	10
<i>Figura 5 Enfriamiento evaporativo en dos etapas.</i>	11
<i>Figura 6 Gráfica psicométrica correspondiente a la instalación de la figura 5.</i>	11
<i>Figura 7 Enfriamiento evaporativo con precalentamiento.</i>	12
<i>Figura 8 Gráfica psicométrica correspondiente a la instalación de la figura 7.</i>	12
<i>Figura 9 Control de la humedad por calentamiento o enfriamiento del agua rociado.</i>	13
<i>Figura 10 Gráfica psicométrica correspondiente a la instalación de la figura 9.</i>	13
<i>Figura 11 Control de la humedad, serpentín rociado y precalentamiento.</i>	14
<i>Figura 12 Gráfica psicométrica correspondiente a la instalación de la figura 11 (invierno).</i>	15
<i>Figura 13 Gráfica psicométrica correspondiente a la instalación de la figura 11 (verano).</i>	15
<i>Figura 14 Control de la humedad, serpentín de enfriamiento rociado y aire mezclado.</i>	16
<i>Figura 15 Gráfica psicométrica correspondiente a la instalación de la figura 14.</i>	16
<i>Figura 16 Proporción componentes aire húmedo.</i>	17
<i>Figura 17 Representación de un psicómetro y escala de medición.</i>	19
<i>Figura 18 Humidificador/Enfriador por evaporación.</i>	25
<i>Figura 19 Humectador de ultrasonido.</i>	26
<i>Figura 20 Humectador de atomización.</i>	28
<i>Figura 21 Humidificador de vapor vivo.</i>	28
<i>Figura 22 Diagrama general del prototipo de sistema.</i>	30
<i>Figura 23 Diagrama general del prototipo de sistema de humidificación.</i>	31
<i>Figura 24 Estructura del invernadero.</i>	33
<i>Figura 25 Estructura del sistema de control de humedad (vista desde el exterior e interior).</i>	34
<i>Figura 26 Estructura del sistema de control de humedad (vista desde dentro del invernadero).</i>	35
<i>Figura 27 Diagrama de bloques prototipo del sistema.</i>	35
<i>Figura 28 Sistema de distribución.</i>	37
<i>Figura 29 Ventilador de refrigeración.</i>	38
<i>Figura 30 Boquilla de alta presión.</i>	39
<i>Figura 31 Arduino UNO.</i>	40
<i>Figura 32 Estación de monitoreo meteorológica.</i>	41
<i>Figura 33 XBee shield para arduino.</i>	42
<i>Figura 34 Sensor SHT15.</i>	43
<i>Figura 35 Bomba hidrolavadora.</i>	44
<i>Figura 36 Control para regulación de presión de la bomba.</i>	44
<i>Figura 37 Bomba UPA de Grundfos.</i>	45
<i>Figura 38 Módulos relés.</i>	45
<i>Figura 39 Calefont Splendid.</i>	46
<i>Figura 40 Radiador de vehículo.</i>	46
<i>Figura 41 XBee serie 2.</i>	48
<i>Figura 42 Interfaz básico de control del prototipo.</i>	49

<i>Figura 43 Modelo dinámico del invernadero.</i>	52
<i>Figura 44 Respuesta de la humedad absoluta con el control PID.</i>	56
<i>Figura 45 Respuesta de la temperatura con el control PID.</i>	57
<i>Figura 46 Respuesta de la humedad absoluta variando la constante derivativa.</i>	58
<i>Figura 47 Algoritmo Módulos de comunicaciones.</i>	59