

Índice de Contenidos

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	12
1.1 Presentación del problema	13
1.2 Descripción de la problemática.....	14
1.3 Solución a la problemática	15
1.4 Objetivo general.....	16
1.5 Objetivos específicos	16
1.6 Alcances del proyecto	16
1.7 Limitaciones.....	17
1.8 Resultados esperados	17
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	18
2.1 Fundamentos básicos del secado.....	19
2.1.1 Transferencia de calor y masa.....	19
2.1.2 Superficie de secado.....	20
2.1.3 Temperatura	20
2.1.4 Humedad del aire.....	21
2.1.5 Presión Atmosférica	21
2.1.6 Producto a secar.....	21
2.2 Métodos de secado.....	22
2.2.1 Método Directo	22
2.2.2 Método indirecto.....	23
2.3 Curvas de secado.....	23
CAPÍTULO 3: DISEÑO ESTRUCTURAL	25
3.1 Estructura Soportante.....	26
3.2 Soporte de Malla	27
3.3 Planchas perforadas.....	29
3.4 Cámaras plenas	29
3.5 Cámara superior	32
3.6 Tolva de carga y descarga.....	34
3.6.1 Soporte para tolva de carga.....	36

3.6.2	Soporte tolva descarga	37
3.7	Tensor de malla	38
3.8	Rodillos.....	39
3.9	Conductos de aire.....	40
CAPÍTULO 4: SELECCIÓN DE COMPONENTES Y EQUIPOS		41
4.1	Selección del ventilador	42
4.1.1	Material de referencia	42
4.1.2	Esfericidad.....	42
4.1.3	Velocidad de operación del aire	44
4.1.4	Superficie del lecho.....	46
4.1.5	Caudal de operación.....	46
4.1.6	Pérdidas de carga.....	47
4.1.7	Ventilador	50
4.2	Sensores de temperatura	51
4.3	Baterías calefactoras.....	52
4.4	Motoreductor.....	54
4.5	Soporte con Rodamiento	55
4.6	Módulos de adquisición de datos	55
4.6.1	Módulos de Entrada Análoga	56
4.6.2	Módulos de salidas.....	57
4.6.3	Módulo de conversión	58
4.7	Medición de flujo.....	58
4.7.1	Sensor de presión diferencial.....	62
4.8	Malla transportadora	62
4.9	Interruptores	63
4.9.1	Automáticos.....	63
4.9.2	Relés de estado solido	64
4.9.3	Cajas estancas	65
4.9.4	Tablero.....	65
4.9.5	Fuente DC.....	66
4.10	Variadores de frecuencia.....	67
4.11	Sensores de humedad.....	68
CAPÍTULO 5: CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS.....		71
5.1	Adquisición de Datos	72

5.1.1	Sensores de temperatura.....	72
5.1.2	Sensores de humedad	74
5.1.3	Sensor de presión diferencial.....	78
5.2	Control	79
5.2.1	Motoreductor	79
5.2.2	Baterías calefactoras.....	82
5.2.3	Prototipo de interfaz grafica.....	85
5.3	Conversión a USB	86
CAPÍTULO 6: COSTOS ASOCIADOS.....		87
6.1	División de costos	88
6.1.1	Materiales constructivos	88
6.1.2	Equipos y componentes	89
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO		91
7.1	Conclusiones	92

ANEXO A: Vistas del Equipo

ANEXO B: Planos Constructivos

ANEXO C: Planos Eléctricos

ANEXO D: Cotizaciones

ANEXO E: Hojas Técnicas

Índice de Tablas

Tabla 3-1: Medidas soportes de malla transportadora.....	28
Tabla 3-2: Medidas cámara plena.....	32
Tabla 4-1: Diámetro y largo de la partícula de prueba	44
Tabla 4-2: Coeficiente de resistencia para accesorios de ventilación	48
Tabla 4-3: Elementos que producen pérdidas de carga	48
Tabla 4-4: Pérdidas de carga en la distribución del aire.....	49
Tabla 4-5: Calor específico y densidad del aire a diversas temperaturas	53
Tabla 4-6: Valores máximos y mínimos de espesor placa orificio.....	60
Tabla 6-1: Costos asociados a materiales constructivos.....	88
Tabla 6-2: Costos asociados a equipos y componentes.....	89
Tabla 6-3: Costos asociados a componentes y equipos de importación.....	90

Índice de Figuras

Figura 2-1: Curva de secado	24
Figura 3-1: Estructura Soportante.....	26
Figura 3-2: Soporte de malla transportadora	27
Figura 3-3: 1) perforación para soporte fijo. 2) perforación para tensor de malla.	27
Figura 3-4: 1) Costanera para 5 sensores 2) Costanera para 4 sensores.....	28
Figura 3-5: Plancha perforada	29
Figura 3-6: Cámara plena	30
Figura 3-7: Perfil ángulo modificado para bisagras.	30
Figura 3-8: Soporte para planchas perforadas	31
Figura 3-9: Cámara plena con puertas.....	31
Figura 3-10: Cámara superior.....	32
Figura 3-11: 1) Pieza para el montaje de las Pt-100. 2) Pt100 con pieza roscada instalada	33
Figura 3-12: Compuerta cámara superior.....	34
Figura 3-13: Tolva de carga y descarga.....	35
Figura 3-14: Paleta de apertura y cierre de tolva.....	35
Figura 3-15: Tolva con sistema de paleta y topes metálicos	36
Figura 3-16: Soporte delantero para tolva de carga.....	37
Figura 3-17: Soporte trasero para tolva de descarga	38
Figura 3-18: Tensor para malla transportadora	39
Figura 3-19: Rodillo de arrastre.....	39
Figura 3-20: Conductos de aire	40
Figura 4-1: Pellets de madera	42
Figura 4-2: Diámetros y longitudes según norma europea EN 14961-2	44
Figura 4-3: Superficie de secado	46
Figura 4-4: Ventilador centrífugo modelo CBT-160.....	50
Figura 4-5: Presión v/s caudal ventilador CBT -160.....	51
Figura 4-6: RTD PT-100 - imagen de referencia.	51
Figura 4-7: Elementos de una batería calefactora	52
Figura 4-8: Motoreductor CM050	54
Figura 4-9: Soporte con rodamiento FAG.....	55
Figura 4-10: Modo de distribución de los módulos Expert.	56
Figura 4-11: Módulos 9033D – 9036 – 9017F.....	57
Figura 4-12: Módulo EX9022	57
Figura 4-13: Módulo EX9076D	58
Figura 4-14: Módulo EX9530	58
Figura 4-15: Placa orificio.....	59
Figura 4-16: Esquema de una placa orificio.....	61
Figura 4-17: Placa orificio con bridas de conexión.....	61
Figura 4-18: Sensor de presión diferencial Honeywell	62
Figura 4-19: Malla metálica RGM-MU.....	63
Figura 4-20: Termomagnético Trifásico 150A Legrand	63
Figura 4-21: Automático Trifásico 10A Legrand.....	64

Figura 4-22: Relé de estado sólido HS251-D2450 con disipador.	64
Figura 4-23: Caja estanca plástica	65
Figura 4-24: Gabinete metálico para circuito de potencia y control	66
Figura 4-25: Fuente DC de referencia	66
Figura 4-26: Variador de Frecuencia Schneider Electric Altivar 312.	67
Figura 4-27: Variador de Frecuencia Danfoss Modelo FC51	68
Figura 4-28: Sensor de humedad y temperatura EE99-1	69
Figura 4-29: Sensor de humedad relativa y temperatura EE210	70
Figura 4-30: a) Brida para EE99-1 b) Brida para EE210	70
Figura 5-1: PT-100 ubicados sobre y bajo el lecho	72
Figura 5-2: Batería calefactora con Pt-100 y deflector.....	73
Figura 5-3: Arquitectura interna módulos EX9036/33.....	73
Figura 5-4: Conexiones posibles de PT-100 a 3 hilos	74
Figura 5-5: Esquema transmisor de humedad y temperatura EE99-1	75
Figura 5-6: Diagrama de conexión EE99-1	75
Figura 5-7: Esquema de transmisor de humedad y temperatura EE210.....	76
Figura 5-8: Diagrama de conexión EE210	77
Figura 5-9: Arquitectura interna módulo EXPERT 9017.....	77
Figura 5-10: Esquema del Sensor de presión diferencial 163PC01D75	78
Figura 5-11: Esquema de conexión de sensor de humedad EE210 y presión diferencial	79
Figura 5-12: Diagrama de bloques módulo EX9022.....	80
Figura 5-13: <i>Jumpers</i> de potencia módulo EX9022.....	80
Figura 5-14: Diagrama de terminales eléctricos Danfoss FC51	81
Figura 5-15: Esquema de terminales Altivar 312.....	82
Figura 5-16: Diagrama de bloques módulo 9067D	83
Figura 5-17: Esquema del control de una batería calefactora	83
Figura 5-18: Caja que alberga el circuito de adquisición 1	84
Figura 5-19: Pinout del conector DB9 macho de los tableros de adquisición.....	84
Figura 5-20: Interfaz gráfica de control propuesta	85
Figura 5-21: Estructura interna Modulo EX9530 (USB)	86