

# CONTENIDO

RESUMEN .....	11
ABSTRACT .....	12
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	13
1 INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 SISTEMAS DE PALETIZADO .....	14
1.1.1 PROCESO DE PALETIZADO .....	14
1.1.2 VENTAJAS DE PALETIZAR.....	15
1.1.3 PALETIZADORES DISPONIBLES EN EL MERCADO .....	16
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....	18
1.3 OBJETIVO PRINCIPAL .....	19
1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4 LIMITACIONES Y ALCANCES.....	19
1.5 FACTIBILIDAD TÉCNICA Y COSTOS .....	20
1.5.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA .....	20
1.5.2 COSTOS.....	21
1.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA PALETIZADORA .....	22
1.6.1 CICLO DE TRABAJO CONJUNTO MESA ELEVADORA Y BANDEJA PALETIZADORA .....	27
CAPITULO II. DISEÑO CONCEPTUAL .....	29
2.1 ACTUADORES ELÉCTRICOS, NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS .....	30
2.1.1 ACTUADOR ELÉCTRICO ROTATIVO.....	30
2.1.2 ACTUADOR NEUMÁTICO .....	31
2.1.3 CILINDRO HIDRÁULICO.....	32
2.2 CONTROL DE GIRO ACTUADOR ROTATIVO .....	33
2.3 MOTOR DE JAULA.....	33
2.4 PLC .....	34
2.5 ARDUINO.....	35
2.6 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	36
2.7 SENSORES FINALES DE CARRERA.....	37
2.8 SENSOR TRANSDUCTOR DE POSICIÓN.....	38
2.9 SENSOR DE BARRERA ÓPTICA .....	39
CAPITULO III. PROPUESTA DE SOLUCIÓN .....	40

3.1	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE LA MÁQUINA PALETIZADORA .....	40
3.1.1	CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO MECÁNICO.....	40
3.1.2	CONSIDERACIONES DEL DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN .....	40
3.1.3	CONSIDERACIONES DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN.....	40
3.1.4	CONSIDERACIONES DE LOS OPERADORES .....	41
3.2	MATERIAL UTILIZADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA .....	42
3.3	CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA UTILIZADA EN EL PROCESO PRODUCTIVO .....	42
3.4	DISEÑO MESA ELEVADORA .....	44
3.4.1	PLATAFORMA DE CARGA.....	45
3.4.2	ARTICULACIÓN DE TIJERAS.....	45
3.4.3	BUJES DE ARTICULACIÓN .....	45
3.4.4	JUSTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES DIMENSIONES.....	46
3.4.5	CÁLCULO DE PASADORES .....	55
3.4.6	MESA ELEVADORA COMERCIAL.....	56
3.5	DISEÑO DE LA BANDEJA DE PALETIZADO.....	57
3.5.1	ESFUERZOS SOBRE LOS PRINCIPALES APOYOS.....	58
3.5.2	FLEXIÓN EN EL EXTREMO DE LA PALETA.....	62
3.5.3	ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES MECANISMOS QUE COMPONEN LA BANDEJA DE PALETIZADO.....	63
3.5.4	SISTEMA DE TRANSMISIÓN BANDEJA DE PALETIZADO.....	63
3.5.5	MECANISMO DE TRANSPORTE BANDEJA DE PALETIZADO.....	71
3.6	EQUIPO HIDRÁULICO.....	76
3.6.1	FUERZA EJERCIDA POR EL CILINDRO .....	76
3.6.2	SELECCIÓN DEL EQUIPO HIDRÁULICO.....	76
3.6.3	PLANO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO .....	79
3.7	DISEÑO ELECTRÓNICO .....	80
3.7.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTROLADORES PROPUESTOS .....	81
3.7.2	CONTROL DEL SENTIDO DE GIRO DE LOS ACTUADORES ROTATIVOS.....	82
3.7.3	CONTROL DEL SENTIDO DE GIRO DEL MOTORREDUCTOR DE LA BANDEJA DE PALETIZADO.....	83
3.7.4	DESCRIPCIÓN DE LOS SENSORES FINALES DE CARRERA .....	86
3.7.5	CIRCUITO PARA ACTIVAR ELECTROVÁLVULA CIRCUITO HIDRÁULICO .....	87
3.7.6	SENSOR CILINDRO HIDRÁULICO .....	88
3.7.7	SENSOR ÓPTICO DE BARRERA .....	90

CAPITULO IV. SISTEMA DE CONTROL.....	91
4 CONSIDERACIONES EN EL CONTROL .....	91
4.1 ESTRUCTURA DE CONTROL .....	91
4.2 INTERFAZ DE CONTROL.....	100
4.2.1 INTERFAZ HMI.....	100
4.2.2 INTERFAZ PARA ARDUINO .....	101
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y TRABAJO PENDIENTE.....	103
5 CONCLUSIONES.....	103
5.1 TRABAJO PENDIENTE .....	105
BIBLIOGRAFÍA .....	106
ANEXO A – FICHAS TÉCNICAS Y COTIZACIONES.....	108
ANEXO B – PLANOS.....	120

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Proceso de paletizado manual.	13
Figura 2	Etapas generales del proceso de paletizado.	15
Figura 3	Estimación tiempos de carga en 3 casos distintos.	16
Figura 4	Conjunto Mesa elevadora y bandeja de paletizado.	22
Figura 5	Mesa elevadora.	23
Figura 6	bandeja paletizadora.	23
Figura 7	Base mesa elevadora.	25
Figura 8	Articulación de tijera.	26
Figura 9	Plataforma mesa de tijera.	26
Figura 10	Equipo hidráulico.	27
Figura 11	Ciclo de funcionamiento máquina paletizadora.	28
Figura 12	Diagrama principales partes maquina paletizadora.	29
Figura 13	Cilindro simple efecto neumático con retorno por muelle.	31
Figura 14	Cilindro simple efecto con retorno por muelle.	32
Figura 15	Cilindro de doble efecto.	32
Figura 16	Control de giro actuador rotativo.	33
Figura 17	A la izquierda estator y a la derecha rotor de motor de jaula de ardilla.	34
Figura 18	Diagrama de estructura de un PLC.	34
Figura 19	Placa Arduino 1 y entorno de programación.	36
Figura 20	Esquema general de conexiones variador de frecuencia.	37
Figura 21	Sensor final de carrera mecánico.	37
Figura 22	Sensor transductor de posición lineal para cilindro hidráulico.	38
Figura 23	Sensor de barrera óptica.	39
Figura 24	Capa de vigas de madera.	43
Figura 25	Paquete paletizado de vigas de madera.	44
Figura 26	Mesa elevadora.	45
Figura 27	Buje de articulación central (imagen de referencia).	46
Figura 28	Esquema plataforma elevadora.	46
Figura 29	Análisis mesa de tijera cargada completamente	47
Figura 30	Diagrama de cuerpo libre mecanismo de tijera hidráulica.	47
Figura 31	Diagrama de triángulo formado por la barra BD y la horizontal.	48
Figura 32	Diagrama de triángulo formado por la barra BD y el cilindro.	48
Figura 33	Reacción de las cargas perpendiculares a la barra BD	52
Figura 34	Cargas sobre la barra BD	52
Figura 35	Sección de perfil para barra mesa de tijera.	54
Figura 36	Bandeja de paletizado.	57
Figura 37	Separación entre paletas.	58
Figura 38	Cálculo de los esfuerzos en los apoyos.	59
Figura 39	Esfuerzo sobre estructura con bandeja cerrada y cama de madera completa	60
Figura 40	Esfuerzo sobre estructura con bandeja abierta y cama de madera completa	61

Figura 41 Determinación de la flecha máxima. ....	62
Figura 42 Principales partes bandeja de encamado .....	63
Figura 43 Vista detallada eje de transmisión y rodamientos de apoyo.....	64
Figura 44 Motorreductor. ....	65
Figura 45 Motorreductor seleccionado .....	66
Figura 46 Rodamiento con soporte de pie para eje de transmisión. ....	68
Figura 47 Variable presente en el cálculo del largo de una correa. ....	69
Figura 48 Polea de transmisión por correa. ....	70
Figura 49 Correa de transporte marca Chiorino modelo Z3 .....	71
Figura 50 Principales partes del mecanismo de traslación. ....	71
Figura 51 Guía lineal con sistema de recirculación de rodillos. ....	72
Figura 52 Guía lineal con sistema de jaula de rodillos.....	73
Figura 53 Vista detallada de conexión entre guía lineal y estructura de soporte .....	74
Figura 54 Conjunto patín de rodadura y paleta. ....	74
Figura 55 Patín de rodadura seleccionado .....	75
Figura 56 Variación en la altura de la mesa elevadora .....	76
Figura 57 Tipos de montaje de cilindros .....	77
Figura 58 Dimensiones de cilindro hidráulico .....	78
Figura 59 Circuito hidráulico.....	80
Figura 60 Interfaz de programación PLC Twido. ....	81
Figura 61 Tope para empuje y retención de las capas formadas en la bandeja de paletizado. ....	82
Figura 62 Conexiones detención y cambio de giro VDF.....	84
Figura 63 Tipos de arranque motores trifásicos .....	85
Figura 64 Circuito de arranque estrella – triángulo.....	85
Figura 65 Inversión de giro conmutando fases. ....	86
Figura 66 Sensor final de carrera mecánico. ....	86
Figura 67 Sensor de varilla flexible. ....	87
Figura 68 Circuito acondicionador para la activación de la electroválvula. ....	87
Figura 69 relación entre voltaje de salida del sensor analógico y milímetros de apertura del cilindro. ....	88
Figura 70 Medidas para condición de mesa elevadora cerrada. ....	89
Figura 71 Sensor fotoeléctrico.....	90
Figura 72 Diagrama de flujo – Estructura de control.....	93
Figura 73 Algoritmo de control bandeja de paletizado. ....	96
Figura 74 Algoritmo de trabajo mesa elevadora. ....	99
Figura 75 Conexión de señales a software HMI. ....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Robot manipulador Yaskawa.....	17
Tabla 2 Paletizador de madera modelo MH 400 II. ....	18
Tabla 3 Empresas proveedoras de productos y servicios necesarios para la máquina paletizadora. ....	20
Tabla 4 Costos de componentes y servicios más importantes de la máquina. ....	21
Tabla 5 Anchos de cada viga, cantidad de vigas por capa y ancho total de cada capa. ....	25
Tabla 6 Altura de los paquetes paletizados según espesor de cada viga. ....	27
Tabla 7 Indicadores del diagrama de la figura 12.....	30
Tabla 8 Características actuador eléctrico rotativo. ....	31
Tabla 9 Símbolos utilizados en la programación ladder. ....	35
Tabla 10 Características Arduino Uno <sup>[6]</sup> . ....	36
Tabla 11 Características acero ASTM A 36. ....	42
Tabla 12 Dimensiones vigas de madera producidas en Remanufactura Viñales. ....	42
Tabla 13 Resultados de fuerzas de reacción sobre articulación de mesa de tijera ....	51
Tabla 14 Resultados para fuerza axial, de corte y momento. ....	53
Tabla 15 Características de la mesa EASY POWER. ....	57
Tabla 16 Tarjeta MD10 Cytron ....	83
Tabla 17 Sensores que actúan en el control de la máquina paletizadora. ....	94
Tabla 18 Pantalla HMI 8104XH. ....	101
Tabla 19 Pantalla Touch LCD TFT. ....	102