



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL
PROCESAMIENTO DE BUNCHES DE ROSAS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
MECATRÓNICA**

ESTEFANÍA SUASTI

DIRECTOR: ING. ESTEBAN MONTÚFAR

**D. M. Quito,
2019**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo Estefanía Alexandra Suasti Cevallos, declaro ser autor del presente trabajo de titulación de la carrera de Ingeniería Mecatrónica y eximo expresamente a la Universidad Internacional del Ecuador y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR”

Estefanía Alexandra Suasti Cevallos

C. C. 172210688-5

CERTIFICACIÓN

El docente de la Escuela de Ciencias Exactas y Tecnologías Aplicadas Ingeniero Esteban Montúfar.

CERTIFICA QUE:

El proyecto de investigación “Diseño de una máquina semiautomática para el procesamiento de bunches de rosas”, fue desarrollado por: Estefanía Alexandra Suasti Cevallos y ha sido debidamente revisado y está en condiciones de ser entregado para que siga lo dispuesto por la escuela de Ciencias Técnicas, correspondiente a la sustentación y defensa del mismo.

Ing. Esteban Montúfar

C. C. 171294941-9

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera muy especial a mi Papi y Mami, por todo su amor, apoyo, motivación, constancia y el gran ejemplo que me han dado durante toda mi vida. Por no permitirme rendirme y por sus sabias palabras de aliento “aquí estamos para apoyarte en todo”.

A mi hermana Michelle, por estar conmigo en todo momento; y a toda mi familia que de una u otra forma estuvieron pendientes de mí y apoyándome. Especialmente a la memoria de mis queridos abuelitos.

A mi director de tesis el Ing. Esteban Montúfar, M.Sc., por toda su colaboración, guía, apoyo y perseverancia durante este arduo trayecto, debo rescatar que podré haberme equivocado en algunas cosas durante este proceso, excepto en elegir a mi tutor.

A mi mejor amigo, confidente y consejero de vida Mauricio por acompañarme en este camino, en las buenas, en las malas y en las peores; por ser una de las mejores personas que encontré durante todos estos años.

A mi amigo de ocurridas ideas y desafíos, Martín por cada una de las memorias divertidas que tengo de la carrera dentro y fuera de las aulas; por siempre saber cómo romper un ambiente serio con algún comentario muy fuera de lugar.

A todos con los que en distintos momentos compartí bonitas experiencias durante mi vida académica Erick, Racho, Pato, etc; por todos los recuerdos que me llevo de estos inolvidables años universitarios.

Y a mis amigos del colegio por su valiosa amistad que ha perdurado durante todo este tiempo.

ÍNDICE GENERAL

1	CAPITULO I	1
1.1	PRELIMINARES	1
1.2	TEMA.....	1
1.3	OBJETIVOS	1
1.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	1
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
1.4	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.5	FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.6	JUSTIFICACIÓN	2
1.6.1	JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	2
1.6.2	JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	3
1.6.3	JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	3
1.7	HIPÓTESIS	3
1.8	ESTADO DEL ARTE	4
1.8.1	SECTOR FLORÍCOLA EN EL ECUADOR	4
1.8.2	ESTRUCTURA DEL SECTOR	4
1.8.3	PROCESAMIENTO DE ROSAS.....	5
1.8.4	LIMPIEZA DE TALLOS DE ROSAS	5
1.8.5	MÁQUINAS PARA DESHOJE DE FLORES.....	6
1.8.5.1	OLIMEX FLORAFLEX MÁQUINA PARA DESHOJE DE FLORES	6
1.8.5.2	WHIZ STRIP THE FLOWER STEM CLEANING MACHINE	6
1.8.5.3	ROSE THORN EXCLUSION MACHINE	7
1.8.5.4	BECOMEX MÁQUINA DUOFLORES DESHOJE	8
1.8.6	REVISIÓN DE PATENTES.....	8
1.8.7	RESUMEN MÁQUINAS SIMILARES PARA DESHOJE DE FLORES... ..	10

2	CAPITULO II	13
	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	13
2.1	LA CASA DE LA CALIDAD	13
2.1.1	VOZ DEL USUARIO	13
2.1.2	VOZ DE INGENIERO	14
2.1.3	PARÁMETROS TÉCNICOS	15
2.1.4	ANÁLISIS Y CONCLUSIONES DE LA CASA DE LA CALIDAD	16
2.1.5	FORMULACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	16
2.2	DISEÑO CONCEPTUAL	18
2.2.1	ANÁLISIS FUNCIONAL	18
2.2.1.1	NIVEL CERO	18
2.2.1.2	NIVEL UNO	18
2.2.1.3	NIVEL DOS	19
2.3	DEFINICIÓN DE MÓDULOS FUNCIONALES	21
2.4	SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO	22
2.4.1	SOLUCIONES MÓDULO 1: MÓDULO CHASIS	22
2.4.2	SOLUCIONES MÓDULO 2: MÓDULO DE CONTROL DE LONGITUD	24
2.4.3	SOLUCIONES MÓDULO 3: MÓDULO DE PROCESAMIENTO	25
2.4.4	SOLUCIONES MÓDULO 4: MÓDULO DE CONTROL	27
2.4.5	SOLUCIONES MÓDULO 5: MÓDULO DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS	28
2.4.6	SOLUCIONES MÓDULO 6: MÓDULO DE INTERFAZ GRÁFICA	29
2.5	MATRIZ MORFOLÓGICA	30
2.6	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	31
2.6.1	MATRIZ DE RESIDUOS PONDERADOS	32
2.6.2	SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA	35
3	CAPÍTULO III	36

3.1	ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO	36
3.2	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA	37
3.2.1	DISEÑO MÓDULO DE PROCESAMIENTO	37
3.2.1.1	MECANISMO DE TRANSMISIÓN	44
3.2.1.2	DISEÑO DE EJE	52
3.2.1.3	SELECCIÓN DE COJINETES DE FRICCIÓN	59
3.2.2	DISEÑO MÓDULO DE CONTROL DE LONGITUD	60
3.2.2.1	DIMENSIONAMIENTO PLACA TOPE	60
3.2.2.2	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS LINEALES	64
3.2.2.3	SELECCIÓN DE HUSILLO DE POTENCIA	70
3.2.3	DISEÑO MÓDULO DE CHASIS	76
3.2.3.1	DISEÑO DE ESTRUCTURA BASE	77
3.2.4	DISEÑO MÓDULO DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS	81
3.3	DISEÑO ELECTRÓNICO	82
3.3.1	MÓDULO DE CONTROL CENTRAL PLC	83
3.3.2	MÓDULO DE CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR DEL EJE	84
3.3.3	MÓDULO DE CONTROL DE PLACA TOPE	85
3.3.4	ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS	87
3.3.4.1	BOTONES	87
3.3.4.2	FIN DE CARRERA	87
3.3.4.3	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	88
3.3.4.4	CONEXIONES	91
3.4	DISEÑO DE LA INTERFAZ	92
3.5	ALGORITMO DE PROGRAMACIÓN	96
3.5.1	ALGORITMO GENERAL	96
3.5.2	ALGORITMO SELECCIÓN TIPO DE ROSA	97
3.5.3	ALGORITMO DE SELECCIÓN DE RUTINA	98

3.5.4	ALGORITMO DE SELECCIÓN DE LONGITUD	98
3.5.5	ALGORITMO DE ACTIVACIÓN RUTINA	99
4	CAPÍTULO IV	100
4.1	RESULTADOS DE LA APLICACIÓN	100
4.1.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	100
4.1.2	DATOS DEL SISTEMA.....	101
4.1.3	APLICACIONES Y BENEFICIOS	101
4.2	PRUEBAS Y RESULTADOS	102
4.3	CONCLUSIONES	108
4.4	OBSERVACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS.....	109
	REFERENCIAS.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Exportaciones de Flores.....	4
Figura 1. 2. Procesamiento de Rosas	5
Figura 1. 3. Deshojadoras BERCOMEX.....	6
Figura 1. 4. Deshojadora Olimex Floraflex	6
Figura 1. 5. Máquina de limpieza de tallos Whiz Strip.....	7
Figura 1. 6. Repuestos de dedos de los cepillos Whiz Strip.....	7
Figura 1. 7. Rose Thorn Exclusion Machine.....	8
Figura 1. 8. Becomex máquina duoflor deshoje	8
Figura 2. 1. Análisis funcional Nivel Cero	18
Figura 2. 2. Análisis funcional Nivel Uno	19
Figura 2. 3. Análisis funcional Nivel Dos	20
Figura 2. 4. Deshojadoras BERCOMEX.....	23
Figura 2. 5. Deshojadora BERCOMEX	23
Figura 2. 6. Sensor ultrasónico.....	24
Figura 2. 7. Sistema de Apoyo con Tope Corredizo.....	24
Figura 2. 8. Máquina de limpieza de tallos Whiz Strip.....	25
Figura 2. 9. Deshojadoras BERCOMEX.....	25
Figura 2. 10. Dedos Cilíndricos	26
Figura 2. 11. Dedos Longitudinales	26
Figura 2. 12. PLC Arduino ARDBOX 20 I/Os	27
Figura 2. 13. PLC Siemens	27
Figura 2. 14. Deshojadora BERCOMEX almacenamiento plástico	28

Figura 2. 15. Ejemplo almacenamiento Rígido.....	28
Figura 2. 16. Nextion 7inc, NX8048K070-011C.....	29
Figura 2. 17. Kinco 4,3inc.....	29
Figura 3. 1. Esquema alternativa seleccionada.....	36
Figura 3. 2. Esquema con los módulos	36
Figura 3. 3. Dinamómetro.....	37
Figura 3. 4. Diagrama de fuerza de ensayo remoción espinas	39
Figura 3. 5. Diagrama de fuerzas de remoción de espinas	39
Figura 3. 6. Dedos de Goma	41
Figura 3. 7. Diámetro inferior y longitud de los dedos de goma	42
Figura 3. 8. Motor WEG 1/2 Hp	45
Figura 3. 9. Elección de la Sección de las Correas Clásicas [24].....	46
Figura 3. 10. Factor i de las correas [24].....	48
Figura 3. 11. Potencia transmitida por cada correa tipo A [24].....	51
Figura 3. 12. Diseño de Eje y medidas.....	52
Figura 3. 13. Diagrama XZ de movimientos y torques en el eje	52
Figura 3. 14. Diagrama de Torques.....	53
Figura 3. 15. Cortantes Eje XY	53
Figura 3. 16. Momentos Eje XY.....	54
Figura 3. 17. Cortantes Eje XZ	54
Figura 3. 18. Momentos Eje XZ.....	55
Figura 3. 19. Cojinete de Bronce	60
Figura 3. 20. Mecanismo Control de Longitud.....	60
Figura 3. 21. Representación cargas distribuidas bunch de rosas	61

Figura 3. 22. Diagrama cuerpo libre placa tope.....	61
Figura 3. 23. Diagrama de cortantes	62
Figura 3. 24. Diagrama de Momentos	62
Figura 3. 25. Tipo de rodamiento con número de bolas [8]	65
Figura 3. 26. Coeficiente de layout recirculaciones [8]	65
Figura 3. 27. Placa Tope	66
Figura 3. 28. Prueba experimental para determinar la fuerza de impacto	67
Figura 3. 29. Representación estructura base.....	78
Figura 3. 30. Cortantes de la estructura base	78
Figura 3. 31. Momentos de la estructura base	79
Figura 3. 32. Diseño estructura base	80
Figura 3. 33. Módulo de almacenamiento de desechos	81
Figura 3. 34. Sujeción módulo de almacenamiento de desechos	82
Figura 3. 35. Diagrama sistema electrónico	82
Figura 3. 36. Módulo PLC ARDBOX	83
Figura 3. 37. Ubicación botones en la máquina	87
Figura 3. 38. Módulo de control de longitud	88
Figura 3. 39. Módulo de alimentación de energía a 5V MDR-20-5.....	89
Figura 3. 40. Módulo de alimentación de energía a 24V EDR-120-24	89
Figura 3. 41. Valores normalizados cables A.W.G	92
Figura 3. 42. ADV Inicial.....	93
Figura 3. 43. ADV Selección rutina	94
Figura 3. 44. ADV Selección de Longitud.....	94
Figura 3. 45. ADV Arranque	95
Figura 3. 46. ADV Nuevo ingreso	95

Figura 3. 47. Algoritmo general	96
Figura 3. 48. Algoritmo elección tipo de rosas.....	97
Figura 3. 49. Algoritmo selección de rutina	98
Figura 3. 50. Algoritmo selección de longitud.....	98
Figura 3. 51. Algoritmo activación rutina	99
Figura 4. 1. Prototipo	102
Figura 4. 2. Métodos de Procesamiento.....	102
Figura 4. 3. Bunches de rosas.....	104
Figura 4. 4. Tallos rosas Topaz	104
Figura 4. 5. Resultado rosas Topaz	105
Figura 4. 6. Tallos rosas Carrusel	105
Figura 4. 7. Resultado rosas Carrusel.....	105
Figura 4. 8. Tallos rosas Ambia.....	106
Figura 4. 9. Resultado rosas Ambia	106
Figura 4. 10. Tallos rosas Suisna	107
Figura 4. 11. Resultado rosas Suisna	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Revisión de Patentes.....	9
Tabla 2: Resumen Máquinas Similares.....	11
Tabla 3: Requerimientos del Usuario	13
Tabla 4: Requerimientos del Usuario Agrupados	14
Tabla 5: Características Técnicas	14
Tabla 6: Parámetros Técnicos.....	15
Tabla 7: Especificaciones Técnicas	17
Tabla 8: Descripción materiales Nivel Uno.....	18
Tabla 9: Descripción señales Nivel Uno.....	19
Tabla 10: Descripción materiales Nivel Dos	19
Tabla 11: Descripción señales Nivel Dos	19
Tabla 12: Resumen Módulos Existentes	20
Tabla 13: Alternativas Módulo 1	23
Tabla 14: Alternativas Módulo 2	24
Tabla 15: Alternativas Módulo 3 Configuración	25
Tabla 16: Alternativas Módulo 3 Forma.....	26
Tabla 17: Alternativas Módulo 4	27
Tabla 18: Alternativas Módulo 5	28
Tabla 19: Alternativas Módulo 6	29
Tabla 20: Matriz Morfológica	30
Tabla 21: Resumen de Alternativas	31
Tabla 22: Ponderación de Criterios	33
Tabla 23: Análisis de Materiales en las diferentes alternativas	33
Tabla 24: Análisis de Costo y Plazo de las diferentes alternativas.....	34

Tabla 25: Análisis de Dimensiones de las diferentes alternativas	34
Tabla 26: Análisis de Funciones 1 de las diferentes alternativas	34
Tabla 27: Análisis de Funciones 2 de las diferentes alternativas	35
Tabla 28: Evaluación de Alternativas	35
Tabla 29: Módulos del Esquema	37
Tabla 30: Ficha de Datos Rosas Voodoo	38
Tabla 31: Valores Obtenidos de Fuerza Necesaria	40
Tabla 32: Medias bunches de rosas.....	41
Tabla 33: Factor de Servicio de Transmisión por banda [24]	44
Tabla 34: Puntos de análisis	55
Tabla 35: Resistencia diversos aceros [4]	57
Tabla 36: Peso total soportado por el eje	59
Tabla 37: Fuerza ejercida por el bunch en la placa	61
Tabla 38: Deflexión máxima en función del espesor de la placa.....	64
Tabla 39: Número de rodamientos por Eje [30].....	65
Tabla 40: Cargas Rodamientos.....	66
Tabla 41: Datos pruebas experimentales impacto del bunch	67
Tabla 42: Coeficiente de seguridad estático	68
Tabla 43: Coeficientes de seguridad estático recomendado	68
Tabla 44: Características técnicas husillo de potencia, [4]	70
Tabla 45: Detalle peso de diseño husillo de potencia	71
Tabla 46: Cargas presentes en la base	77
Tabla 47: Lado y espesor tubo cuadrado	80
Tabla 48: Datos de bunches masa y volumen.....	81
Tabla 49: Características variador de frecuencia	84

Tabla 50: Características motor	84
Tabla 51: Características módulo A4988	85
Tabla 52: Características motor a pasos	85
Tabla 53: Componente del esquema electrónico	88
Tabla 54: Características de las fuentes	88
Tabla 55: Ejemplos fuerzas correspondientes a cada tipo de rosa	97
Tabla 56: Datos rosas Topaz	103
Tabla 57: Datos rosas Carrusel.....	103
Tabla 58: Datos rosas Ambia	103
Tabla 59: Datos rosas Suisna	103
Tabla 60: Resultados rosas Topaz.....	104
Tabla 61: Datos rosas Carrusel.....	105
Tabla 62: Datos rosas Ambia	106
Tabla 63: Datos rosas Suisna	106
Tabla 64: Promedios de Pruebas	107

CAPITULO I

PROCESO DE LIMPIEZA DE ROSAS

1.1 PRELIMINARES

En esta sección se presenta concretamente el tema, alcance y objetivos del proyecto desarrollado, que corresponde a un sistema de limpieza de tallos de rosas semiautomático en función del país de destino.

1.2 TEMA

Diseño y construcción de una máquina semiautomática para el procesamiento de bunches de rosas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir una máquina semiautomática para el procesamiento de bunches de rosas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar y documentar el proceso de empaque de rosas de exportación y los métodos o técnicas utilizadas en la limpieza de tallos de rosas.
- Diseñar los mecanismos, partes y componentes del sistema de limpieza de tallos.
- Implementar una HMI para configurar la calibración requerida en función del tipo de rosa y la longitud de limpieza requerida.
- Desarrollar y ejecutar un protocolo de pruebas de funcionamiento de la máquina propuesta.
- Implementar la calibración final de la máquina en función de los resultados obtenidos

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La exportación de rosas es uno de los rubros más importantes actualmente en la economía del país, es por ello que el cumplimiento de altos estándares de calidad tanto en la producción como en el envío cada vez es más exigente. Dyans Flower es una empresa con 25 años de experiencia dedicada al cultivo, procesamiento, venta y exportación de rosas. La exportación de bunches de rosas es su principal actividad y al participar en un ámbito tan competitivo

actualmente debe cumplir con requisitos particulares de cada cliente. Esto implica que para garantizar la calidad se deba limpiar cada uno de los tallos de rosas a mano. Este proceso comprende una tarea que demanda aproximadamente 2,4 segundos por rosa y al ser una actividad repetitiva presenta demora y un posible riesgo para la salud de los trabajadores.

1.5 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las ventajas de la implementación de una máquina semiautomática para el procesamiento de bunches de rosas en la empresa Dyans Flower?

¿Cómo mejoraría el tiempo de procesamiento de los bunches con la implementación de esta máquina?

¿Qué máquinas son capaces de realizar trabajos similares en empresas florícolas ecuatorianas?

1.6 JUSTIFICACIÓN

1.6.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La implementación del uso de una máquina semiautomática para el procesamiento de bunches de rosas genera beneficios en comparación con el proceso manual de deshoje y limpieza de tallos. Las ventajas del uso de la máquina son las siguientes:

- Mejorar los tiempos de limpieza de los tallos
- Mayor precisión en la longitud de los tallos y en la limpieza de los mismos
- Reducir los riesgos laborales presentes en este proceso
- Reducir costos de producción de los bunches de rosas

Para la construcción de la máquina se toma en cuenta distintas áreas:

Mecánica:

- Análisis estático y dinámico de la estructura de la máquina
- Diseño y selección del mecanismo apropiado de transmisión para el eje giratorio
- Diseño y selección del mecanismo apropiado para la recolección de desecho
- Diseño y selección de los elementos mecánicos
- Planos mecánicos

Electrónico:

- Acondicionamiento de señales para que estas puedan ser controladas por el PLC
- Dimensionamiento adecuado del sistema de control, alimentación para el motor y sistema de emergencia.
- Elaboración de planos eléctricos

Control:

- Sincronizar el número de revoluciones del motor dependiendo de la necesidad
- Almacenamiento de las rutinas establecidas en el sistema
- Implementación de la interfaz humano-máquina (HMI)

1.6.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Para la máquina semiautomática en el procesamiento de bunches de rosas se investigará, recopilará y analizará información referente a máquinas similares existentes; con la finalidad de determinar el tamaño, estructura y capacidad de las mismas para tener un punto de referencia. Con ello se obtendrá las posibles alternativas y poder analizar el costo-beneficio de cada una de ellas en relación al requerimiento particular de la florícola en mención.

1.6.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El tiempo de deshoje y limpieza se realiza de forma manual y dura aproximadamente 2,4 segundos por rosa, lo que representa un total de 1 minuto por bunch, este tiempo es solo deshoje; en caso que se requiera sacar las espinas de los tallos se debe añadir una etapa más y posteriormente el empackado del bunch que toma aproximadamente 3 minutos.

Con la implementación de la máquina se espera que el tiempo de deshoje y limpieza se reduzca en un 66,6% es decir 20 segundos por bunch.

1.7 HIPÓTESIS

La máquina semiautomática para el procesamiento de bunches de rosas será capaz de procesar bunches de 25 unidades, empleando un sistema automático de control de velocidad de motor y longitud de avance. La velocidad del motor dependerá del requerimiento si solo deshoje o limpieza total, y la longitud de

avance depende del mercado de destino en el cual se vaya a comercializar. Con estos parámetros se espera procesar un total de 180 bunches por hora.

1.8 ESTADO DEL ARTE

1.8.1 SECTOR FLORÍCOLA EN EL ECUADOR

El sector florícola en el Ecuador ha tenido un desarrollo alto durante estos últimos años, se conoce que en el año 2004 las flores ocupaban el cuarto puesto en las exportaciones, luego del petróleo, banano y pescado enlatado. El desarrollo de este sector fue esencialmente en los años 90 cuando existían aproximadamente 30 plantaciones, y es en el transcurso de 10 años en que este negocio mostró su mayor potencial debido a que ya existían más de 350 plantaciones en total productividad Figura 1.1. Otro parámetro del éxito de este sector es el número de los países a los que se exporta flores, en inicio eran alrededor de 31 países mientras que en la actualidad son 108 países en promedio.



Figura 1. 1. Exportaciones de Flores

Fuente: Flores en el Ecuador: Pasado y Futuro [1]

A pesar de la variedad de flores exportables del Ecuador las rosas ocupan el 80% del total de flores de exportación. Entre los años 2013 a 2016 se produjo un volumen de ingreso de aproximadamente 709 millones de dólares anuales por este concepto [1].

1.8.2 ESTRUCTURA DEL SECTOR

La producción florícola se encuentra concentrada en su totalidad en la región sierra, se calcula que alrededor de 3381 hectáreas son cultivos permanentes, es decir de la producción total el 72%. El 98% del total de producción se destina a la exportación, dejando una mínima cantidad en el mercado nacional para consumo interno. El 70% del área total de producción se encuentran en Pichincha, mientras que el 20% en Cotopaxi.

Al tener un aumento del sector económico en este mercado también existe un incremento de la tasa de empleo, obviamente con mayor incidencia en la provincia de Pichincha en donde se registra la mayor producción.

1.8.3 PROCESAMIENTO DE ROSAS

Para comercializar las rosas se sigue un proceso, en el que se debe cumplir varios requerimientos dependiendo del cliente al que se exportará el producto, como se observa en la Figura 1.2.

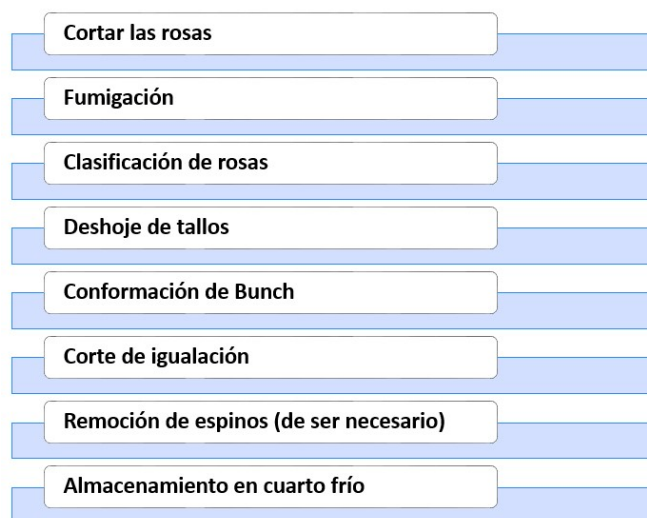


Figura 1. 2. Procesamiento de Rosas

Esta investigación está orientada a la etapa de deshoje y remoción de espinas, por lo que se realiza un estudio de mercado de máquinas orientadas a cubrir estas necesidades.

1.8.4 LIMPIEZA DE TALLOS DE ROSAS

Las máquinas de limpieza de tallos de rosas se pueden dividir en dos categorías:

- Deshoje de tallos
- Deshoje de tallos y remoción de espinas

Se debe considerar que en la actualidad gran parte de la maquinaria existente se encuentra orientada a flores en general y no a rosas. Se evidencia que la mayoría de máquinas están diseñadas solo para el deshoje Figura 1.3.



Figura 1. 3. Deshojadoras BERCOTEX

Fuente: BERCOTEX Soluciones [2]

1.8.5 MÁQUINAS PARA DESHOJE DE FLORES

En la siguiente sección se describe algunos tipos de máquinas de limpieza de tallos de flores de distintos tamaños, mecanismos, métodos, etc.

1.8.5.1 Olimex floraflex máquina para deshoje de flores

Esta máquina para deshoje de flores [3], tiene una capacidad de procesamiento por grupos en un solo nivel. Está conformada por un mecanismo de dos ejes de rotación, Figura 1.4.



Figura 1. 4. Deshojadora Olimex Floraflex

Fuente: Duijndam Machines [3]

1.8.5.2 Whiz Strip The Flower Stem Cleaning Machine

La empresa Whiz Strip tiene trayectoria desde 1962 desarrollando equipos y accesorios para la agroindustria. Esta empresa ofrece un equipo con capacidad de procesamiento de un manojo de rosas u otras flores. La máquina está construida en acero inoxidable, tiene un motor eléctrico de 1/3 Hp, pesa 30 lbs, las dimensiones externas de la máquina son: 26 plg de largo, 12 plg de ancho y

9 plg de alto [4]. La máquina tiene un mecanismo de un solo eje con dedos independientes Figura 1.5. Tiene un costo de \$965.



Figura 1. 5. Máquina de limpieza de tallos Whiz Strip

Fuente: Whiz Strip [4]

Esta máquina utiliza únicamente un eje giratorio con dedos de goma independientes Figura 1.6, ofrece también repuestos para estos elementos por un costo de \$104,00.



Figura 1. 6. Repuestos de dedos de los cepillos Whiz Strip

Fuente: Whiz Strip [4]

La empresa Whiz Strip únicamente realiza envíos en Estados Unidos.

1.8.5.3 Rose Thorn Exclusion Machine

Esta máquina está diseñada para la remoción de las espinas de los tallos de las rosas Figura 1.7, es recomendable de igual manera para flores como el crisantemo. La potencia de la máquina es de 200W a 110v. Las dimensiones de

la máquina son 530 mm de largo, 330 mm de ancho y 250 mm de alto. Esta máquina utiliza un mecanismo con dos ejes giratorios en paralelo.



Figura 1. 7. Rose Thorn Exclusion Machine

Fuente: Sujeong Hitech [5]

1.8.5.4 **BECOMEX máquina duoflor deshoje**

Esta máquina está diseñada para eliminar hojas y espinas de flores previamente cortadas Figura 1.8. Es exclusiva para el mercado americano y utiliza un sistema monofásico de 110V a 50 Hz. La máquina utiliza un mecanismo de un eje en el que se ensambla un cepillo, posee dos áreas de trabajo.



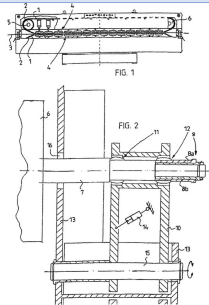
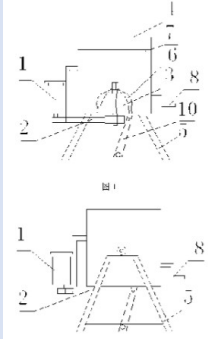
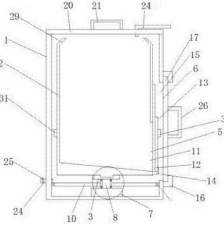
Figura 1. 8. Becomex máquina duoflor deshoje

Fuente: Sujeong Hitech [6]

1.8.6 **REVISIÓN DE PATENTES**

Se realizó una revisión de las patentes existentes, por si hubiera inconveniente con alguna de ellas, en la Tabla 1 se presenta un resumen de las mismas.

Tabla 1: Revisión de Patentes

Título	Descripción	CIP	Fecha Emisión	Imagen
Correas de transmisión que comprenden una cuerda con por lo menos dos hilos fundidos [12]	Comprende una cuerda, una matriz termoplástica o de hule y un material adhesivo capaz de adherir la cuerda a la matriz termoplástica o de hule.	D02G 3/28	11/10/2004	
Sistema asociado a un dispositivo de transmisión por correa [13]	Dispositivo motor con correa que comprende dos correas de transmisión continuas que son impulsadas por rodillos motores y que están dispuestas para moverse alrededor de los rodillos de estiramiento.	B65H51/14	16/07/2014	
Máquina de limpieza de rosas Roxburgh [14]	La máquina de limpieza de rosas Roxburgh se caracteriza por tener un motor (1), una correa (2), una mesa giratoria (3), un cilindro de limpieza (4) y un soporte (5), en donde el motor (1) está conectado con la mesa giratoria (3) a través de la correa (2).	CN203575604	07/05/2014	
Equipo de limpieza de rosas Roxburgh [15]	La invención describe un equipo de limpieza de rosas Roxburgh que comprende una carcasa (1), un rodillo (2) está dispuesto dentro de la carcasa (1) y está conectado con la carcasa (1) a través de un componente (3), un dispositivo de salida (5) está formado en el extremo inferior de la	CN107411132	01/12/2017	

	pared lateral del rodillo (2), y un dispositivo de descarga (6) está dispuesto en la carcasa cerca del dispositivo de salida (5).			
--	---	--	--	--

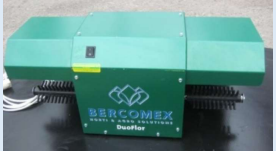
Se debe considerar que todos los mecanismos descritos anteriormente son patentes que se encuentran aún abiertas, por lo que su uso acarrearía problemas legales.

1.8.7 RESUMEN MÁQUINAS SIMILARES PARA DESHOJE DE FLORES

Para obtener una visión global de todas las máquinas similares existentes en el mercado y sus características de funcionamiento, se presenta un resumen de todas esas características en la Tabla 2.

Con la recopilación de datos obtenidos en la tabla antes mencionada se tiene los parámetros generales, como también las características de máquinas similares de donde se partirá para el diseño de este proyecto.

Tabla 2: Resumen Máquinas Similares

Nombre	Funciones		Dimensiones			Peso kg	Costo	Material	Potencia W	Ejes		Fotografía
	Deshojos	Remoción Espinas	Largo mm	Ancho mm	Alto mm					Uno	Dos	
Olimex FloraFlex [3]	X										X	
Whiz Strip [4]	X	X	660,4	304,8	228,6	13,61	\$965	Acero Inoxidable	248.567	X		
Limpiador horizontal del vástago de flor [7]	X		555	285	285	36	\$200- \$400		375		X	
BECOMEX Máquina Duoflor Deshoje [6]	X	X								X		
Rose Thorn [5]		X	530	330	250			Acero Inoxidable	200			

Stem Cleaning Machine ORLANDELLI [8]	X		710	420	1050	50,50	\$1650				X	
Máquina Alemana para Cortar y Limpiar Flores [9]	X						\$1467				X	
Vertical Double Rows Defoliation Machine [10]	X	X	850	440	1050	50	\$300-\$400		375		X	
Máquina de desfoliación Rosenentdorner TER-RSM J1 [11]	X		500	400	310	35	\$851,11		330		X	

CAPITULO II

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

2.1 LA CASA DE LA CALIDAD

Se utiliza este método con la finalidad de traducir las demandas del usuario en requerimientos técnicos para la implementación en la máquina. Se distinguen 6 pasos: [16]

1. Voz del usuario
2. Análisis de competitividad
3. Voz del Ingeniero
4. Correlaciones
5. Comparación técnica
6. Compromisos técnicos

2.1.1 VOZ DEL USUARIO

Se procede a conocer las demandas de los clientes, por ende estos son los parámetros que conducen al proceso de diseño del proyecto [16].

Tabla 3: Requerimientos del Usuario

Número	Requerimiento
1	No maltratar el tallo
2	Función de deshoje
3	Función de remoción de espinas
4	Deshoje y remoción de espinas
5	Cómoda para realizar el trabajo
6	Fácil uso
7	Estética
8	Número de filas de procesamiento
9	De fácil mantenimiento
10	Seguro
11	Que funcione para diferentes longitudes de tallos
12	Que se pueda controlar la longitud de trabajo
13	Almacenar desperdicios
14	Que sea de un color acorde con los otros elementos
15	Que tenga un botón de emergencia

16	Posea luces indicadoras cuando esté en funcionamiento
17	Resista la corrosión a la que está expuesta
18	Los elementos que utilice tengan una alta eficiencia energética
19	Tiempo de procesamiento rápido
20	Existencia de repuestos de sus diferentes piezas
21	Fácil movilidad dentro del galpón
22	Disponer de manual de uso
23	Disponer de manual de mantenimiento
24	No ocupar mucho espacio

De los requisitos detallados en la Tabla 3, se procede a agrupar los mismos a fin de tener un enfoque claro de las áreas de mayor atención en el diseño Tabla 4.

Tabla 4: Requerimientos del Usuario Agrupados

Número	Requerimiento
1,2,3,4	Que el tallo esté libre de espinas y hojas
5,6,7,9,10,14,15,16,17,18,20,22,23	Que la máquina sea segura, cómoda, estética y de fácil uso
8,18,19	Que el tiempo de trabajo sea rápido
11,12	Que permita trabajar con diferentes longitudes de tallos
21	Que permita mover la máquina de un lugar a otro, con 2 personas
24	Que no ocupe mucho espacio
13	Que almacene los desperdicios en algún lugar

2.1.2 VOZ DE INGENIERO

Con los requerimientos receptados de los usuarios se procede a transformar estos en características técnicas que se implementan dentro del diseño de la máquina. En la Tabla 5, se observa los requerimientos de los usuarios transformados en parámetros técnicos.

Tabla 5: Características Técnicas

Requerimiento	Características Técnicas
Que el tallo esté libre de espinas y hojas	Deshoje o/y remoción de espinas sin maltratar el tallo

Que la máquina sea segura, cómoda, estética y de fácil uso	Cumplimiento de la normativa vigente en la empresa
Que el tiempo de trabajo sea rápido	Cantidad de bunches procesados
Que permita trabajar con diferentes longitudes de tallos	Implementar rutinas de trabajo con diversas longitudes de tallo.
Que permita mover la máquina de un lugar a otro, con 2 personas	Diseño modular de la máquina
Que no ocupe mucho espacio	Dimensiones de la máquina similar a las comerciales
Que almacene los desperdicios en algún lugar	Volumen de almacenamiento de desechos

Con estos parámetros se procede a determinar los parámetros técnicos.

2.1.3 PARÁMETROS TÉCNICOS

Al tener las características técnicas, se procede a poner valores a las mismas utilizando la información obtenida de máquinas similares Tabla 2. Con estos parámetros técnicos Tabla 6, se procede a la implementación de la casa de la calidad.

Tabla 6: Parámetros Técnicos

Características Técnicas	Parámetros Técnicos
Deshoje y/o remoción de espinas sin maltratar el tallo	Deshoje y/o remoción de espinas sin maltratar el tallo. 95% de eficiencia en la remoción de hojas 85% de eficiencia en la remoción de espinas
Cumplimiento de la normativa vigente en la empresa	Cumplimiento de la normativa 2393 en el diseño y construcción de la máquina
Cantidad de bunches procesados	Procesar 180 bunches en una hora
Implementar rutinas de trabajo, con diversas longitudes de tallo.	Implementar 4 rutinas con diferentes longitudes (40-80cm) y funciones
Diseño modular de la máquina	El peso de la máquina debe ser $\leq 55\text{kg}$
Dimensiones de la máquina similar a las comerciales	Las dimensiones de la máquina estarán entre (largo $\leq 900\text{mm}$, ancho $\leq 500\text{mm}$ y alto $= 1050\text{mm}$)
Volumen de almacenamiento de desechos	Tener una capacidad de almacenamiento de 191250cm^3 (45cm*85cm*50cm)

2.1.4 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES DE LA CASA DE LA CALIDAD

Se realiza la casa de la calidad del proyecto, como se observa en el Anexo A.1.

Luego de realizar la casa de la calidad se determina que el parámetro técnico al que más atención se debe prestar es el deshoje y remoción de espinas sin maltratar el tallo, debido a que concentra el mayor porcentaje de incidencia. Teniendo en cuenta que se espera llegar a un 85% de eficiencia en la remoción de espinas y un 95% en el deshoje.

En cuanto a las relaciones entre las características técnicas, se debe considerar las dimensiones de la máquina como un factor principal en el diseño de la misma, teniendo como referencia las dimensiones de máquinas comerciales similares.

En comparación con la competencia se tiene que mejorar varios aspectos para poder ganar espacio en el mercado, una de las ideas de mejora es colocar medios que permitan verificar el estado de la máquina, como la implementación de una interfaz gráfica para tener comunicación con el usuario; de igual manera rutinas para diversas funciones y longitudes de tallo. Otro de los aspectos que se intenta mejorar de las máquinas que se comercializan es la implementación de un lugar adecuado de almacenamiento de desechos, debido a que estos sirven posteriormente como abono para las plantaciones de rosas.

2.1.5 FORMULACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En la Tabla 7 se observa la clasificación de cada una de las especificaciones técnicas en diversos conceptos, en ella se considera si es un requerimiento o un deseo dependiendo de la naturaleza del mismo.

Tabla 7: Especificaciones Técnicas

Empresa: Dyans Flower	Producto: Máquina semiautomática para el procesamiento de bunches de rosas	Fecha Inicial: 16/05/2018		
Diseñadores: Estefanía Suasti		Última Revisión: 16/05/2019		
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función	16/05/2018	C C C	R R R	Deshoje o/y remoción de espinas sin maltratar el tallo. 95% de eficiencia en la remoción de hojas 85% de eficiencia en la remoción de espinas
Seguridad y ergonomía / Aspectos legales	16/05/2018	C	R	Cumplimiento de la normativa 2393 en el diseño y construcción de la máquina
Señales y control	16/05/2018	C	D	Implementar 4 rutinas con diferentes longitudes (40-80cm) y funciones
Dimensiones	16/05/2018	C	R	El peso de la máquina debe ser<= 55kg
Dimensiones	16/05/2018	C	R	Las dimensiones de la máquina estarán entre (largo <=900mm, ancho <= 500mm y alto =1050mm)
Dimensiones	16/05/2018	C	D	Tener un capacidad de almacenamiento de 191250cm ³ (45cm*85cm*50cm)
Materiales	16/05/2018	D	R	Usar materiales de Elevada Resistencia a la Corrosión
Costos y Plazos	16/05/2018	C	R	El costo de la máquina no debe exceder \$7800 Costo Total, en un plazo de 365 Días

Propone:

C = Cliente; D = diseño; F = Fabricación. [16]

R/D:

R = Requerimiento; MR = Modificación de requerimiento; NR = Nuevo requerimiento; D = Deseo; MD = Modificación de deseo; ND = Nuevo deseo [16]

2.2 DISEÑO CONCEPTUAL

En la siguiente sección se determina todas las funciones que debe cumplir la máquina y se propone soluciones para cada una de ellas, al final de esta sección se debe obtener una alternativa de diseño.

2.2.1 ANÁLISIS FUNCIONAL

Se realiza el análisis funcional del proyecto en diversos niveles, con el objetivo de mostrar el proyecto de forma más comprensible, detallando cada una de las tareas que se encuentran involucradas en su desarrollo.

2.2.1.1 Nivel Cero

En este nivel se detalla las funciones del proyecto y que salida tendremos del mismo, la salida de este será la máquina que se planea construir Figura 2.1.



Figura 2. 1. Análisis funcional Nivel Cero

2.2.1.2 Nivel Uno

Ahora se desglosa todas las etapas necesarias para completar la construcción de la máquina, como se observa en la Figura 2.2, se evidencia la conexión entre cada una de ellas. En la Tabla 8, se detalla todos los materiales a utilizar en el Nivel Uno y en la Tabla 9 todas las señales que intervienen en este nivel.

Tabla 8: Descripción materiales Nivel Uno

	Descripción
Materiales 1	Planchas, perfiles de acero, electrodo, pernos, tornillos, etc.
Materiales 2	Correas, motor, cremalleras, etc.
Materiales 3	Cables, conectores electrónicos, elementos electrónicos, sensores, interfaz de control, fuente de alimentación, etc.
Materiales 4	Ejes giratorios para limpiezas, dedos de goma, control de longitud, etc.
Materiales 5	Compartimento, bolso, etc.

Tabla 9: Descripción señales Nivel Uno

Tabla	Descripción
Señal 1	Continuas, alternas, periódicas, etc.

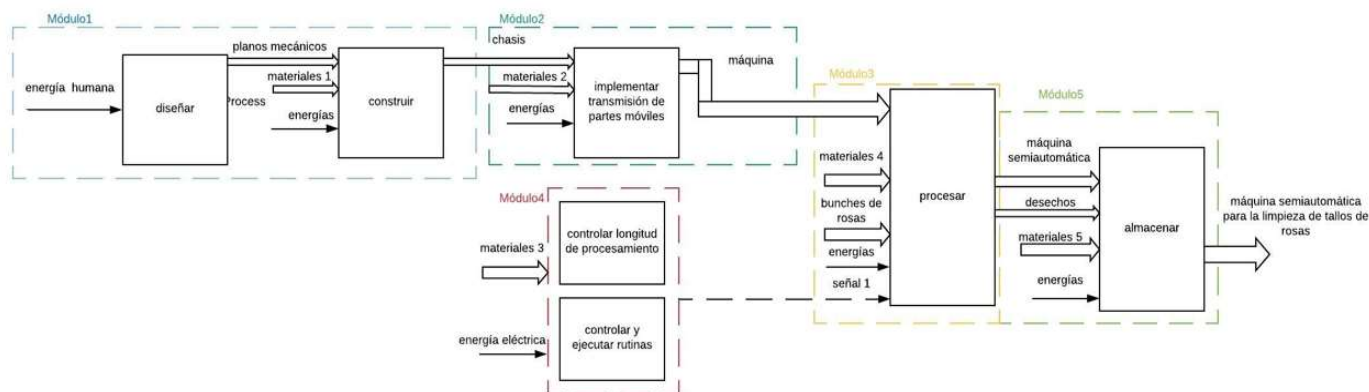


Figura 2. 2. Análisis funcional Nivel Uno

2.2.1.3 Nivel Dos

Se muestra de forma detallada como se encuentran conformados cada uno de los procesos anteriores, Figura 2.3. En la Tabla 10, se detalla todos los materiales a utilizar en el Nivel Dos y en la Tabla 11 todas las señales que intervienen en este nivel.

Tabla 10: Descripción materiales Nivel Dos

	Descripción
Materiales 1	Electrodos, pernos, tornillos, arandelas, soldadoras, remaches etc.
Materiales 2	Cables, conectores electrónicos, amarras plásticas, fuente de alimentación, cables de comunicación, etc.
Materiales 3	Elementos electrónicos, controladores, PLC, cables, placas, módulos, etc.
Materiales 4	Cables, soldaduras, conectores, etc.
Materiales 5	Motores, correas, sistemas de transmisión, etc.

Tabla 11: Descripción señales Nivel Dos

	Descripción
Señales 1	Continuas, alternas, periódicas, etc.
Señales 2	Continuas, alternas, periódicas, etc.
Señales 3	Continuas, alternas, periódicas, etc.

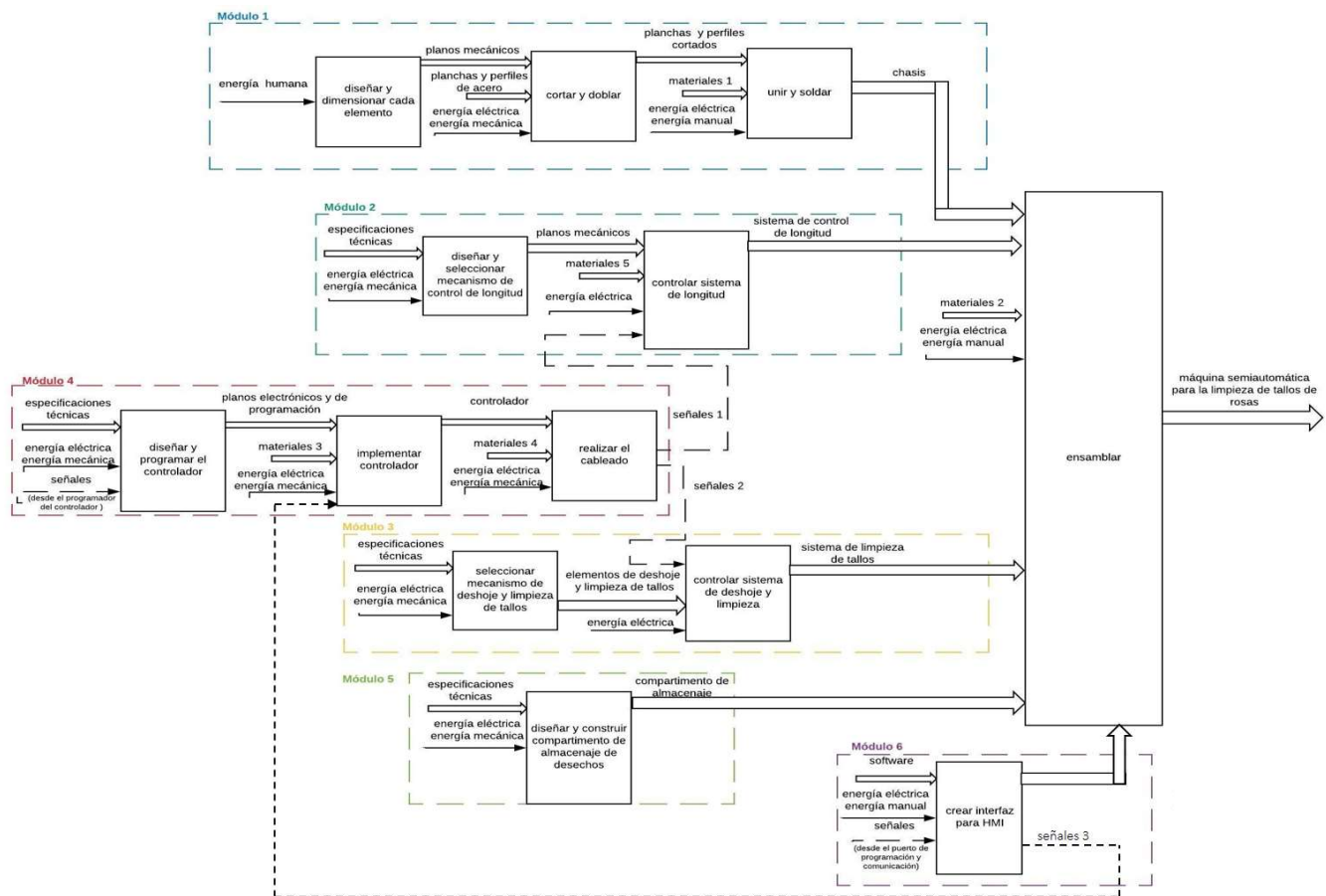


Figura 2. 3. Análisis funcional Nivel Dos

Luego de detallar el nivel dos, se conoce el número de módulos que conforman el proyecto Tabla 12, asignando una función específica a cada uno de ellos.

Tabla 12: Resumen Módulos Existentes

Módulo	Definición
1	Módulo Chasis
2	Módulo de Control de Longitud
3	Módulo de Procesamiento
4	Módulo de Control
5	Módulo de Almacenamiento de Desechos
6	Módulo de Interfaz Gráfica

2.3 DEFINICIÓN DE MÓDULOS FUNCIONALES

Es importante definir cada uno de los módulos que se han detallado en la sección anterior, con esto se puede analizar por partes cada una de las etapas del proceso como: partes, componentes, costos, mantenimiento, etc.

- **Módulo 1: Módulo Chasis**

En este módulo se tiene como entrada todos los materiales que conforman el chasis como son planchas, perfiles de acero, electrodos, tuercas, tornillos, etc. Intervienen tres tipos de energía, humana para el diseño y para las etapas de construcción la energía mecánica y eléctrica.

- **Módulo 2: Módulo de Control de Longitud**

En este módulo basándose en las longitudes estandarizadas de tallos de rosas para la exportación, se determina e implementa el mecanismo y componentes a utilizar para poder realizar el deshoje y/o remoción de espinas de los tallos con diferentes longitudes.

- **Módulo 3: Módulo de Procesamiento**

Este es uno de los módulos a los que más atención y cuidado se debe prestar, en este se determina el mecanismo que se va a utilizar para el deshoje y/o remoción de espinas, todas estas funciones se deben realizar con el cuidado de no maltratar el tallo.

- **Módulo 4: Módulo de Control**

Para este módulo se debe considerar el tipo de señales que se requiere controlar y el tipo de señales que estarían ingresando como parte del

control de la máquina. Es necesario analizar las especificaciones técnicas para la selección del mismo y la disponibilidad en el mercado.

- **Módulo 5: Módulo de Almacenamiento de Desechos**

En este módulo se debe determinar el volumen de almacenamiento y el tipo de compartimento que se va a implementar, dependiendo de las necesidades del usuario y la capacidad de la máquina.

- **Módulo 6: Módulo de Interfaz Gráfica**

En este módulo se diseña la interfaz gráfica, tanto para la selección de rutinas que ofrece la máquina, como para el ingreso de nuevos datos. Como entradas dentro de este módulo se tiene todos los datos de funcionamiento de la máquina y como salida el reporte general de funcionamiento de la misma.

2.4 SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO

En esta sección se procede a analizar varias opciones que cumplan los requerimientos del cliente. Todas las opciones que se propongan aquí deben ser viables y realizables.

2.4.1 SOLUCIONES MÓDULO 1: MÓDULO CHASIS

En este módulo se plantea diferentes estructuras que podría tener la máquina, detallando en cada una de ellas sus ventajas y desventajas Tabla 13. Se debe considerar que la misma tenga espacio para alojar a los demás módulos.

Tabla 13: Alternativas Módulo 1

DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Estructura con dos espacios de trabajo  <i>Figura 2. 4. Deshojadoras BERCOMEX</i> Fuente: BERCOMEX Soluciones [2]	-Con este sistema se puede procesar dos bunches de rosas de forma simultánea.	-Mayor riesgo de incidentes. -El control de este sistema es mucho más complejo. -Se requiere dos operarios. -Se puede procesar solo un tipo de rosa.
2. Estructura con un espacio de trabajo  <i>Figura 2. 5. Deshojadora BERCOMEX</i> Fuente: BERCOMEX Soluciones [17]	-El control de este sistema es más sencillo, porque es solo un mecanismo móvil. -Menor riesgo de incidentes.	-Solo se puede procesar un bunch de rosas a la vez.

2.4.2 SOLUCIONES MÓDULO 2: MÓDULO DE CONTROL DE LONGITUD

En este módulo se puede realizar el control de longitud de los tallos de las rosas de forma mecánica o por medio del uso de sensores, Tabla 14. Las longitudes estándar que utilizará esta máquina son para bunches de 40, 60, 80 cm.

Tabla 14: Alternativas Módulo 2

DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Sensor Ultrasónico  <i>Figura 2. 6. Sensor ultrasónico</i> Fuente: Sensores de Detección Directa [18]	-De fácil uso, operación sencilla y alta repetitividad.	-Precisión aproximada. -Le afectan los cambios de temperatura, humedad y las partículas en el aire. -Luego de detectar la longitud de limpieza se debe emplear un control para detener los motores.
2. Sistema de apoyo con tope corredizo  <i>Figura 2. 7. Sistema de Apoyo con Tope Corredizo</i>	-Limita la longitud de ingreso del bunch de rosas en la máquina, con lo que se controla la longitud de limpieza del mismo.	-Su implementación es más compleja al requerir más elementos y partes móviles.

2.4.3 SOLUCIONES MÓDULO 3: MÓDULO DE PROCESAMIENTO

En la Tabla 15, se observa las posibles configuraciones en las que se puede encontrar el sistema de procesamiento, de esta selección dependerá el tipo de control, la dificultad del mecanismo, su eficiencia y el tiempo de trabajo.

Tabla 15: Alternativas Módulo 3 Configuración

DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Mecanismo de un Eje Giratorio  <i>Figura 2. 8. Máquina de limpieza de tallos Whiz Strip</i> Fuente: Whiz Strip [4]	-Control más sencillo -Menor número de partes móviles -Diseño mecánico de menor dificultad	-Tiempo de procesamiento mayor -Mayor presencia de errores al no llegar a todos los lugares del bunch
2. Mecanismo de dos Ejes Giratorios  <i>Figura 2. 9. Deshojadoras BERCOMEX</i> Fuente: BERCOMEX Soluciones [2]	-Tiempo de procesamiento menor -Menor número de errores en el procesamiento de bunches	-Mayor número de partes móviles -Diseño mecánico complejo -Sistema de transmisión de mayor dificultad -Su uso representa un riesgo para los operarios

Luego de revisar las opciones de configuración del módulo, se considera la forma que pueden tener los elementos de remoción de espinas y/o deshoje, en este caso la forma de los dedos que integrarán los ejes Tabla 16.

Tabla 16: Alternativas Módulo 3 Forma

DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Dedos Independientes  <i>Figura 2. 10. Dedos Cilíndricos</i> Fuente: Whiz Strip [4]	-Mayor rigidez, en el caso de remoción de espinas -Posibilidad de adquirir los elementos y repuestos de los mismos	-Menor flexibilidad -Pueden llegar a maltratar el tallo
2. Cepillo  <i>Figura 2. 11. Dedos Longitudinales</i> Fuente: Stem Cleaning Machine ORLANDELLI [8]	-Menor posibilidad de maltratar los tallos -Ideales para el deshoje -Más flexible	-Baja eficiencia en la remoción de espinas -No se comercializan individualmente.

2.4.4 SOLUCIONES MÓDULO 4: MÓDULO DE CONTROL

El objetivo de este módulo es determinar el controlador que permita la recepción, interpretación, análisis y posterior respuesta tanto de los motores, sensores y todos los elementos que requieran control dentro de la máquina. Permitiendo la implementación de diversas rutinas por medio del control de sus elementos Tabla 17.

Tabla 17: Alternativas Módulo 4

DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. PLC Arduino ARDBOX 20 I/Os Analog HF Modbus  <i>Figura 2. 12. PLC Arduino ARDBOX 20 I/Os</i> Fuente: PLC Arduino ARDBOX [19]	-10 entradas analógicas y digitales -10 salidas analógicas y digitales -Entradas y salidas analógicas de (0-10v) -Entradas y salidas digitales de (5-24v) -Comunicación por USB, RS485, I2C, SPI. -Costo \$156,47	-Requiere de una fuente de alimentación externa -No posee comunicación Ethernet -Programación en software propio
2. PLC Siemens 1212C  <i>Figura 2. 13. PLC Siemens</i> Fuente: PLC Siemens 1212C [20]	-8 entradas digitales -2 entradas analógicas -6 salidas digitales -Entradas analógicas de (0-10v) -Entradas digitales de (5-24v)	-Requiere de una fuente de alimentación externa -No posee comunicación Ethernet -Programación en software propio -Costo \$420

2.4.5 SOLUCIONES MÓDULO 5: MÓDULO DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS

La función del módulo de almacenamiento es receptar todos los desechos producidos durante el proceso de deshoje y/o remoción de espinas, esto sirve como abono a las plantaciones. Se debe considerar parámetros como la humedad y los pesticidas que contienen las hojas y espinas de las rosas Tabla 18.

Tabla 18: Alternativas Módulo 5

DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Sistema de almacenamiento flexible  <i>Figura 2. 14. Deshojadora BERCOMEX almacenamiento plástico</i> Fuente: BERCOMEX Soluciones [17]	-Menor costo -Ligero -Fácil transporte -Fácil adquisición -Menor peso	-Tiempo de vida corto -Contaminante
2. Sistema de almacenamiento Rígido  <i>Figura 2. 15. Ejemplo almacenamiento Rígido</i> Fuente: Cajones [21]	-Mayor tiempo de vida -Resistente	-Precio -Transporte -Peso

2.4.6 SOLUCIONES MÓDULO 6: MÓDULO DE INTERFAZ GRÁFICA

El objetivo de este módulo es permitir el control de la máquina por medio de la selección de diversas rutinas, longitudes, ingresos de datos, etc. En sí esta es el medio de comunicación humano-máquina con el que se enviará las señales de control, como requisito se exige el uso de una HMI, por lo que en este módulo se seleccionará el modelo del mismo, Tabla 19.

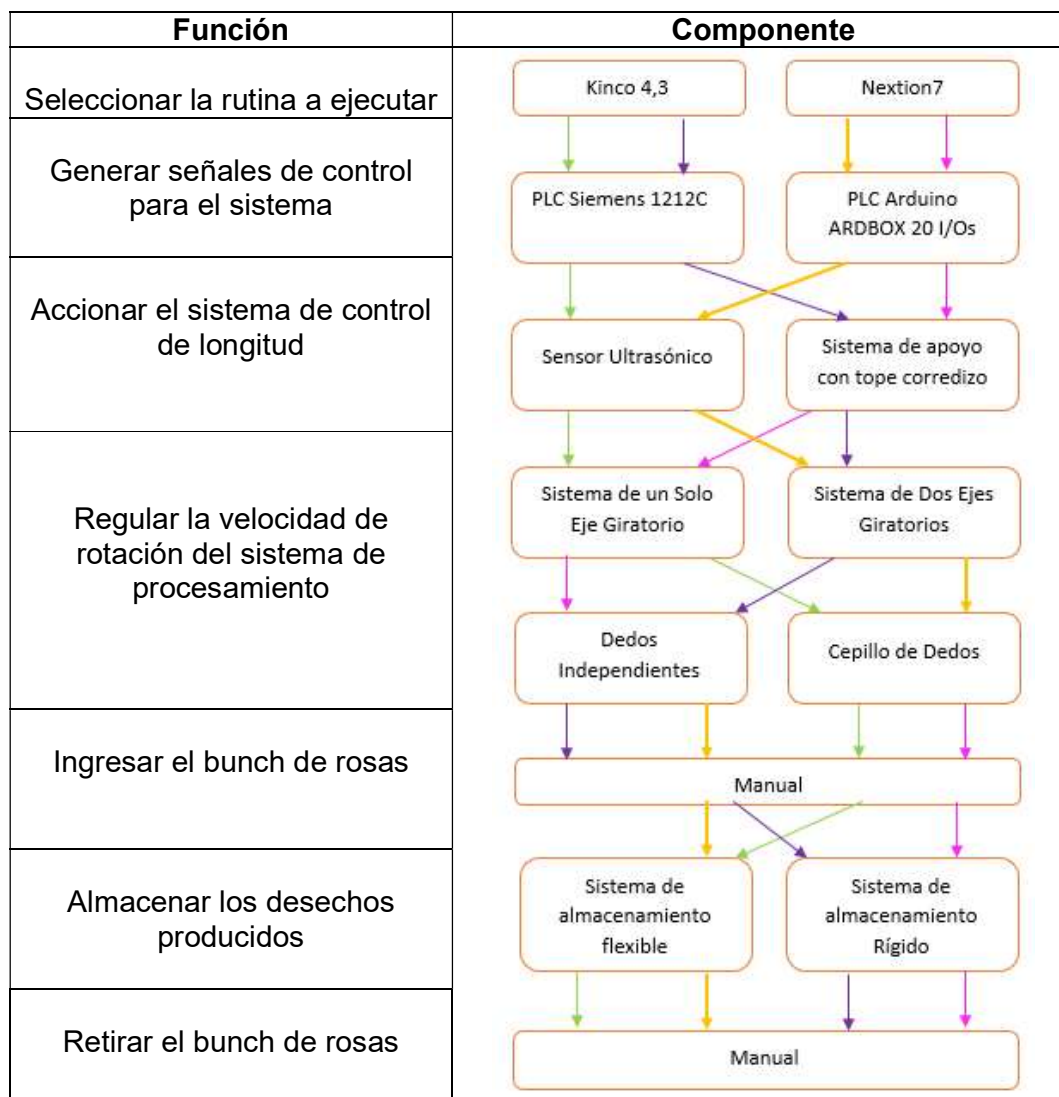
Tabla 19: Alternativas Módulo 6

DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Pantalla HMI Serial Arduino Nextion 7 inc  <i>Figura 2. 16. Nextion 7inc, NX8048K070-011C</i> Fuente: Nextion [22]	-Software Libre -Mayor Resolución -Comunicación serial -Se dispone de varios ejemplos con código libre	- Costo \$156.
1. Pantalla HMI Kinco 4,3 inc  <i>Figura 2. 17. Kinco 4,3inc</i> Fuente: Kinco [23]	-Software libre -Costo menor \$99 -Comunicación serial	- No se cuenta con mucha información para la programación

2.5 MATRIZ MORFOLÓGICA

En la Tabla 20, se realiza todas las posibles combinaciones de las soluciones para cada proceso, se debe considerar cada una de las mismas en función de cumplir los objetivos establecidos junto con los requerimientos del cliente y la disponibilidad de los mismos.

Tabla 20: Matriz Morfológica



Alternativa 1, Alternativa 2, Alternativa 3 y Alternativa 4

En la siguiente Tabla 21 se resume cada una de las alternativas generadas en la Tabla 20.

Tabla 21: Resumen de Alternativas

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Kinco 4,3	Kinco 4,3	Nextion 7	Nextion 7
PLC Siemens 1212C	PLC Siemens 1212C	PLC Arduino ARDBOX 20 I/Os	PLC Arduino ARDBOX 20 I/Os
Sensor ultrasónico	Sistema de apoyo con tope corredizo	Sensor ultrasónico	Sistema de apoyo con tope corredizo
Sistema de un eje giratorio	Sistema de dos ejes giratorios	Sistema de dos ejes giratorios	Sistema de un eje giratorio
Cepillo	Dedos independientes	Cepillo	Dedos independientes
Manual	Manual	Manual	Manual
Sistema de almacenamiento flexible	Sistema de almacenamiento rígido	Sistema de almacenamiento flexible	Sistema de almacenamiento rígido
Manual	Manual	Manual	Manual

2.6 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Luego de tener 4 alternativas de solución que satisfacen los requerimientos del cliente y cumplen con los objetivos se procede a analizar las mismas. Para determinar la mejor opción se utiliza el método de criterios ponderados. “La mayor parte de las veces, para decidir entre diversas soluciones (especialmente en la etapa de diseño conceptual) basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Es por ello que se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados que, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.” [16]

Utilizando esta metodología los valores a asignar son los siguientes [16]:

- 1, si el criterio de la fila es mejor que el de la columna
- 0.5, si el criterio de la fila es igual que el de la columna
- 0, si el criterio de la fila es peor que el de la columna

“Luego, para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución). Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.” [16]

2.6.1 MATRIZ DE RESIDUOS PONDERADOS

Antes de iniciar este análisis es importante definir los 5 criterios relevantes en el diseño de la máquina, a continuación, se detalla cada uno de ellos y el porqué de su importancia:

- I. Materiales: debe ser un material resistente a la corrosión, debido a que la máquina va a operar en un ambiente húmedo y en contacto tanto con agua como con fungicidas e insecticidas presentes en las rosas.
- II. Costo y plazo: se tiene un presupuesto inicial de \$7800 y un plazo de 365 días, para culminar el proyecto. Caso contrario se deberá pagar las penalidades pertinentes.
- III. Dimensiones: una vez determinado el rango de dimensiones en máquinas similares, el diseño de la misma deberá estar dentro de este.
- IV. Funciones 1: deberá cumplir con los siguientes parámetros 95% de eficiencia en el deshoje y un 85% de eficiencia en la remoción de espinas. Estos datos se obtuvieron de máquinas similares.
- V. Funciones 2: debido a que la empresa recibe continuamente visitas de entes de control, se deberá cumplir los parámetros estipulados en el Reglamento 2393 en relación a los criterios de seguridad.

Una vez conocido los criterios a analizar y la razón de su importancia se procede a realizar la ponderación Tabla 22.

Tabla 22: Ponderación de Criterios

Criterios	Materiales	Costo y Plazo	Dimensiones	Funciones 1	Funciones 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Materiales		0,5	1	0	0,5	3	0,2
Costo y Plazo	0,5		0,5	0	0,5	2,5	0,167
Dimensiones	0	0,5		0	0,5	2	0,133
Funciones 1	1	1	1		1	5	0,333
Funciones 2	0,5	0,5	0,5	0		2,5	0,167
Suma						15	1
Función1 > Materiales > Función2 =Costo y Plazo > Dimensiones							

En las siguientes Tablas 23 a 27, se efectúa la evaluación de cada uno de los criterios seleccionados anteriormente.

Materiales: en este parámetro se califica la duración de los componentes de la máquina Tabla 23, como es el caso del compartimento de almacenamiento de desechos cuya ponderación será mayor si es rígido, en comparación con uno flexible.

Tabla 23: Análisis de Materiales en las diferentes alternativas

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0,5	1	2,5	0,25
Alternativa 2	1		1	0,5	3,5	0,35
Alternativa 3	0,5	0		0	1,5	0,15
Alternativa 4	0	0,5	1		2,5	0,25
Suma					10	1
Alternativa2 > Alternativa4 > Alternativa 3> Alternativa 1						

Costo y Plazo: en este caso se analiza el costo de todos los mecanismos extras que conlleva cada alternativa, por ejemplo, el uso de dos ejes giratorios será más costoso que la implementación de un solo eje giratorio Tabla 24.

Tabla 24: Análisis de Costo y Plazo de las diferentes alternativas

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	0,5	3,5	0,35
Alternativa 2	0		0,5	0	1,5	0,15
Alternativa 3	0	0,5		0	1,5	0,15
Alternativa 4	0,5	1	1		3,5	0,35
Suma					10	1
Alternativa1 > Alternativa4 > Alternativa 3> Alternativa 2						

Dimensiones: el diseño de la máquina debe estar dentro del rango de las máquinas comerciales similares Tabla 25, en este caso al implementar más elementos en la misma las dimensiones se incrementan, como al introducir un sistema de apoyo con tope corredizo.

Tabla 25: Análisis de Dimensiones de las diferentes alternativas

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	0,5	3,5	0,35
Alternativa 2	0		0,5	0	1,5	0,15
Alternativa 3	0	0,5		0	1,5	0,15
Alternativa 4	0,5	1	1		3,5	0,35
Suma					10	1
Alternativa1 = Alternativa4 > Alternativa 2 = Alternativa 3						

Funciones 1 (eficiencia): se evalúa con las partes establecidas el cumplimiento de las tareas, como por ejemplo se determina que es más eficiente tener dos ejes giratorios en el área de procesamiento que tener uno solo Tabla 26.

Tabla 26: Análisis de Funciones 1 de las diferentes alternativas

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	0	1	0,1
Alternativa 2	1		1	1	4	0,4
Alternativa 3	1	0		0,5	2,5	0,25
Alternativa 4	1	0	0,5		2,5	0,25
Suma					10	1
Alternativa2 > Alternativa3 > Alternativa4> Alternativa1						

Funciones 2 (ergonómico y seguro): en esta sección se analiza la seguridad y ergonomía de la máquina Tabla 27, por ejemplo, al tener un número mayor de partes móviles se vuelve más insegura.

Tabla 27: Análisis de Funciones 2 de las diferentes alternativas

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	0,5	3,5	0,35
Alternativa 2	0		0,5	0	1,5	0,15
Alternativa 3	0	0,5		0	1,5	0,15
Alternativa 4	0,5	1	1		3,5	0,35
Suma					10	1
Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 4 > Alternativa 2						

Luego de realizar este análisis se procede a identificar la mejor alternativa, en la Tabla 28, cuantificando los valores obtenidos.

Tabla 28: Evaluación de Alternativas

Conclusión	Materiales	Costo y Plazo	Dimensiones	Funciones 1	Funciones 2	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,05	0,058	0,047	0,033	0,058	0,247	3
Alternativa 2	0,07	0,025	0,020	0,133	0,025	0,273	2
Alternativa 3	0,03	0,025	0,020	0,083	0,025	0,183	4
Alternativa 4	0,05	0,058	0,047	0,083	0,058	0,297	1

2.6.2 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

De acuerdo con el método de criterios ponderados la mejor alternativa a implementar es la 4 Tabla 28, se encuentra conformada por el uso de una HMI Nextion 7 para la implementación de la interfaz humano-máquina, un PLC Arduino ARDBOX 20I/Os para realizar el control del sistema, un sistema de apoyo con tope corredizo para el control de longitud de los tallos, en el caso del procesamiento para el deshoje y/o remoción de espinas la configuración a utilizar es un mecanismo con un eje giratorio y dedos independientes, en el almacenamiento de desechos se usará un contenedor rígido; tanto el ingreso del bunch a la máquina, como su retiro se realiza de forma manual.

CAPÍTULO III

3.1 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

Se procede a realizar un esquema de la alternativa seleccionada en el capítulo anterior Figura 3.1.

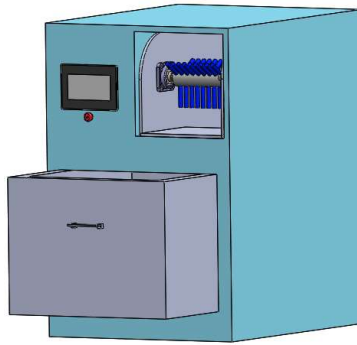


Figura 3. 1. Esquema alternativa seleccionada

En la Figura 3. 2 se indica cada uno de los módulos que conforman esta alternativa, siendo solo una idea inicial de la que se partirá para el diseño de la máquina.

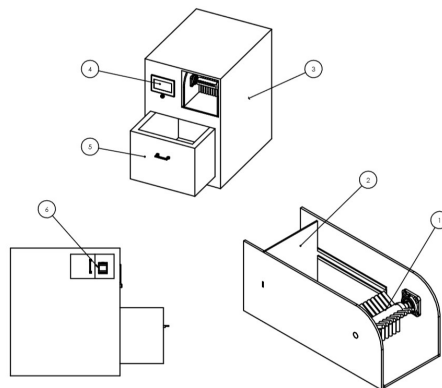


Figura 3. 2. Esquema con los módulos

Respecto a la Figura 3.2, la numeración de los módulos corresponde a la Tabla 29, en donde se detalla a que corresponde cada uno.

Tabla 29: Módulos del Esquema

Módulo	Definición
1	Módulo de Procesamiento
2	Módulo de Control de Longitud
3	Módulo Chasis
4	Módulo de Interfaz Gráfica
5	Módulo de Almacenamiento de Desechos
6	Módulo de Control

3.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA

Para el diseño de la máquina se parte del diseño del módulo de procesamiento, se procede a dimensionar, construir y realizar pruebas de funcionamiento, posteriormente se diseña y construye el resto de módulos.

3.2.1 DISEÑO MÓDULO DE PROCESAMIENTO

Para el diseño de este módulo es necesario tener datos de campo, para ello se requiere tomar medidas y realizar pruebas. Se procede a realizar medidas del diámetro de las rosas a procesar y para verificar si existe una variación significativa entre este valor respecto al tipo de rosas, como se observa en la Tabla 30 se ha elaborado fichas de cada tipo de rosa almacenando datos de fuerzas en N, diámetros en mm y longitudes de tallos en cm. Las pruebas se realizan con un dinamómetro Figura 3.3 para establecer la fuerza que se requiere para la remoción de hojas y espinas de las rosas.



Figura 3. 3. Dinamómetro

Tabla 30: Ficha de Datos Rosas Voodoo

Número	Diámetro Base (mm)			Fuerza (kgf)	Longitud (cm)	Fuerza (kgf)	Longitud (cm)	F1 (N)	F2 (N)
1	8	-	6	0,52	61,5	1,52	55	5,099458	14,906108
	Longitud (cm)			0,34	53	1,28	61	3,334261	12,552512
	63			0,52	49	1,56	59	5,099458	15,298374
	Número Espinas			0,22	46	1,16	60	2,157463	11,375714
	10	cm	11			1,45	56	0	14,2196425
2	7	-	5,5	0,16	63	0,56	59	1,569064	5,491724
	Longitud (cm)			0,12	62	0,96	54	1,176798	9,414384
	65			0,08	60	1,2	50	0,784532	11,76798
	Número Espinas			0,1	57	0,78	52	0,980665	7,649187
	10	cm	12	0,12	55	0,44	60	1,176798	4,314926
				0,24	49			2,353596	0
3	6,5	-	5,8	0,1	74	0,6	67	0,980665	5,88399
	Longitud (cm)			0,08	71	0,65	67	0,784532	6,3743225
	76			0,1	70	1,14	63	0,980665	11,179581
	Número Espinas			0,28	65	1,24	64	2,745862	12,160246
	10	cm	7	0,38	61	1,22	58	3,726527	11,964113
				0,38	55			3,726527	0
4	6,5	-	5,8	0,2	57	1,06	51	1,96133	10,395049
	Longitud (cm)			0,14	53	1,14	45	1,372931	11,179581
	59			0,28	49	0,98	49	2,745862	9,610517
	Número Espinas			0,34	47	1,1	51	3,334261	10,787315
	10	cm	10	0,36	38	1,16	43	3,530394	11,375714

En los datos tomados sobre la fuerza para la remoción de espinas se debe considerar que el dato no se lo tomó en el extremo de la espina debido a la dificultad que presentaba, por lo que se procede a determinar el valor de la fuerza real para el diseño como se indica en la Figura 3.4. Considerando que una espina tiene similitud con una viga empotrada en voladizo.

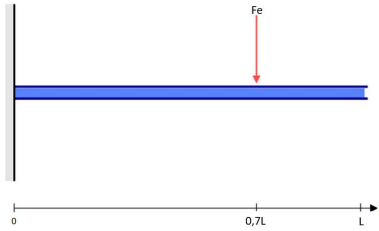


Figura 3. 4. Diagrama de fuerza de ensayo remoción espinas

Se calcula el momento de esta viga (1).

$$\sum Mi = 0 \quad (1)$$

Donde:

Mi .- Sumatoria de momentos, en Nm,

Fe .- Fuerza de remoción de espinas de forma experimental, en N.

$$M = Fe * 0,7 * L \quad (2)$$

Con esta ecuación (2) obtendremos el valor del momento en la remoción de espinas, pero la fuerza que requerimos obtener es la que necesitamos para la remoción en el extremo de la espina por lo que el diagrama que vamos a utilizar es el siguiente Figura 3.5.

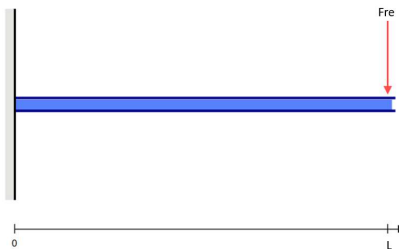


Figura 3. 5. Diagrama de fuerzas de remoción de espinas

Se calcula el momento de esta viga (3).

$$\sum Mi = 0 \quad (3)$$

Donde:

Mi.- Sumatoria de momentos, en Nm,

Fre.- Fuerza real de remoción de espinas, en N.

$$M = Fre * L \quad (4)$$

Si igualamos las ecuaciones (2) y (4) se tiene (5).

$$Fre * L = Fe * 0,7 * L$$

$$Fre = 0,7 * Fe \quad (5)$$

Obtenidos estos valores se procede a dimensionar el número, velocidad y sentido de giro de los dedos para el procesamiento, y que serán parte del eje con los valores de las fuerzas obtenidas Tabla 31, donde se resume la fuerza promedio obtenida de las pruebas individuales de rosas. Para 15 tipos diferentes que se procesan en mayor cantidad en la florícola.

Tabla 31: Valores Obtenidos de Fuerza Necesaria

Nombre	Fuerza Promedio		
	Deshoje (N)	F espinas (N)	F real espinas (N)
Voodoo	2,3629	10,3950	7,277
3D	2,2457	10,3852	7,270
Malibu	3,7756	8,5440	5,981
Lemone	3,4912	7,8126	5,469
Carrusel	2,3830	--	--
Kiko	4,2071	4,8987	3,429
Ambia	1,9352	6,3825	4,468
Blush	2,9747	8,4773	5,934
Chocolate	4,0425	4,6512	3,256
Deep Purple	3,0343	2,0594	1,442
Topaz	4,1090	12,4849	8,739
Milva	3,0728	8,5087	5,956
Vendela	3,8335	5,6668	3,967
Seisena	4,4980	6,2632	4,384
Pink Floyd	3,1843	5,2037	3,643

Conocido el valor de la fuerza necesaria tanto para deshoje como remoción de espinas, se determina el número de dedos necesarios para cada una de las filas que conforman el eje, en este caso el tipo de dedos que se va a utilizar son los de la empresa Whiz Strip Figura 3.6.



Figura 3. 6. Dedos de Goma

Fuente: Whiz Strip [4]

Es necesario conocer las medidas de los bunches de rosas a procesar Tabla 32.

Tabla 32: Medias bunches de rosas

Bunch	Largo (mm)	Ancho (mm)
1	170	120
2	170	125
3	170	130
4	180	110
5	180	120
6	180	120
7	170	130
8	180	120
9	180	120
10	180	125

El diámetro inferior de los dedos de goma es 26mm Figura 3.7, se procede a dividir el valor correspondiente al largo de los bunches para este valor (6).

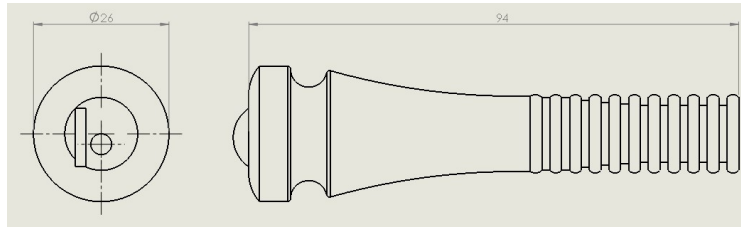


Figura 3. 7. Diámetro inferior y longitud de los dedos de goma

$$\#Dedos = \frac{Largo\ Bunch}{Diámetro\ Dedos} \quad (6)$$

Donde:

#D.- Número de dedos por fila,

Largo Bunch.- Largo del bunch de rosas, en mm,

Diámetro Dedos.- Diámetro inferior de los dedos de goma, en mm.

$$\#Dedos = \frac{180mm}{26mm}$$

$$\#Dedos = 6,923$$

$$\#Dedos = 7$$

Una vez conocido el número de dedos con el que se abarcará la longitud del bunch se calcula el torque (7).

$$T = F * d \quad (7)$$

Donde:

T.- Torque, en Nm;

F.- Fuerza, en N;

d.- Distancia, en m.

A la fórmula anterior se añade otro factor que interviene en el diseño, en este caso el 7, por el número de dedos que conforman las filas.

$$T = F * d * 7$$

El valor de la distancia es la longitud de los dedos de 94mm Figura 1.7; el valor de la fuerza se lo obtiene de la Tabla 31, los valores de remoción de espinas son superiores a los de deshoje, en este diseño se trabaja con los valores de remoción. Se descarta el valor más alto y el valor más bajo dentro de la columna de remoción de espinas por lo que el valor a utilizar será de 7,277N.

$$T = 7,277N * 0,094m * 7$$

$$T = 4,788Nm$$

Para determinar la potencia mecánica del motor se requiere conocer la velocidad de giro, en este caso se utilizó la velocidad de giro de la máquina Whiz Strip [4] que es 500 rpm $\left(52,36 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}\right)$. Con este valor se calcula la potencia mecánica con (8) como se observa a continuación, con el torque anteriormente obtenido.

$$P_{mec} = T * \omega \quad (8)$$

Donde:

P_{mec} .- Potencia mecánica, en W,

T .- Torque, en Nm,

ω .- Velocidad de giro, en $\frac{\text{rad}}{\text{seg}}$.

$$P_{mec} = 4,788Nm * 52,36 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$P_{mec} = 250,713w = 0,336Hp$$

3.2.1.1 MECANISMO DE TRANSMISIÓN

Con este valor de potencia se diseña el mecanismo de transmisión por banda, para determinar la potencia efectiva se añade un factor de servicio [24] a la potencia anteriormente calculada Tabla 33. Las horas de servicio de la máquina oscilan entre 6 y 7 por día (9).

Tabla 33: Factor de Servicio de Transmisión por banda [24]

CLASE DE TRABAJO	EJEMPLOS DE MÁQUINAS ACCIONADAS	TIPOS DE MÁQUINAS MOTRICES					
		Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Normal			Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Elevado		
		Horas de Servicio Diarias			Horas de Servicio Diarias		
		Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16	Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16
Ligero	Agitadores para líquidos. Aspiradores. Bombas y compresores centrífugos. Transportadores de cinta para carga ligera. Ventiladores y bombas hasta 7,5 Kw.	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Mediano	Amasadoras. Cizallas y prensas. Cribas rotativas y vibrantes. Generadores y excitatrices. Máquinas herramientas. Maquinaria para artes gráficas. Maquinaria para lavanderías. Transportadores de cinta para carga pesada. Ventiladores y bombas a partir de 7,5 Kw.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Pesado	Ascensores. Bombas de desplazamiento positivo. Centrifugadores. Compresores de pistón. Maquinaria para labrar madera. Maquinaria para cerámicas. Maquinaria para papeleras. Maquinaria Textil. Molinos de martillos. Sierras alternativas. Elevadores de cangilones. Transportadores de Tornillo.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra Pesado	Grúas Montacargas. Machacadoras y molinos (mandíbulas, conos, bolas, barras, etc). Maquinaria para caucho y plásticos.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Por tanto, en este caso el factor de servicio corresponde a 1.1 al ser una máquina herramienta de arranque normal con horas de servicio menores a 10.

$$P_e = P_c * F_s \quad (9)$$

Donde:

P_e .- Potencia efectiva, en Hp,

P_c .- Potencia consumida, en Hp,

F_s .- Factor de servicio.

$$P_e = 0,336\text{Hp} * 1.1$$

$$P_e = 0,369\text{Hp}$$

Se estandariza el valor de potencia del motor a $1/2$ Hp, y se busca opciones dentro del mercado que cumplan con las características requeridas Figura 3.8. El factor de servicio del motor es 1.15.



Figura 3. 8. Motor WEG 1/2 Hp

El motor tiene 1700 rpm que se espera reducir a 650 rpm para el funcionamiento de la máquina, con estos valores se calcula la relación de transmisión por banda (10). Se estima una velocidad de giro de 650 rpm, este valor como límite superior y como límite inferior 500 rpm, este cambio se realizará por medio de un variador de frecuencia. Se define el tipo de correa [24] por medio de la Figura 3.9, para ello es necesario transformar el valor de $\frac{1}{2}$ Hp a kW por tanto se tiene 0,373 kW.

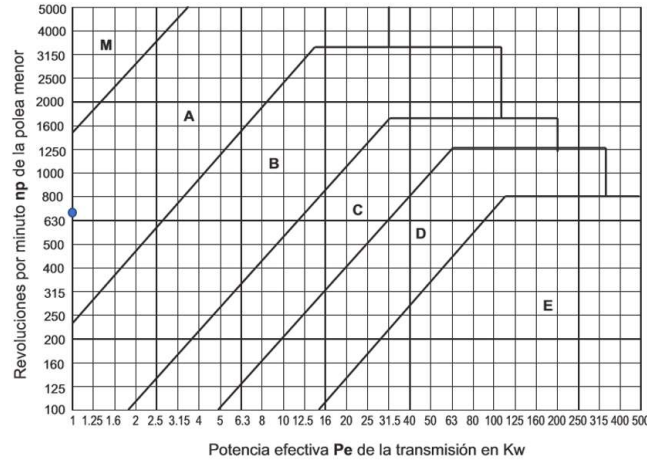


Figura 3. 9. Elección de la Sección de las Correas Clásicas [24]

En este caso se va a utilizar una correa tipo A.

$$R_{transmisión} = \frac{Rpm \text{ motor}}{Rpm \text{ máquina}} \quad (10)$$

Donde:

$R_{transmisión}$.- Relación de transmisión,

$Rpm \text{ motor}$.- Revoluciones por minuto del motor, en rpm,

$Rpm \text{ máquina}$.- Revoluciones por minuto de la máquina, en rpm.

$$R_{transmisión} = \frac{1700 \text{ rpm}}{650 \text{ rpm}}$$

$$R_{transmisión} = 2.615$$

Con este valor de relación de transmisión se determina el diámetro de la polea motriz y de la polea conducida (11). Se busca valores comerciales de poleas, debido a la disponibilidad del mercado se utiliza en este caso una polea de 1 ½ plg como polea motriz.

$$Dpc = \frac{Rpm \text{ motor} * Dpm}{Rpm \text{ máquina}} \quad (11)$$

Donde:

D_{pc} .- Diámetro de polea conducida, en plg,

$R_{pm \text{ motor}}$.- Revoluciones por minuto del motor, en rpm,

D_{pm} .- Diámetro de polea motriz, en plg,

$R_{pm \text{ máquina}}$.- Revoluciones por minuto de la máquina, en rpm.

$$D_{pc} = \frac{1700 \text{ rpm} * 1\frac{1}{2} \text{plg}}{650 \text{ rpm}}$$

$$D_{pc} = 3,9230 \text{ plg}$$

Se estandariza el valor de diámetro de la polea conducida a lo disponible en el mercado en este caso 4plg. Con estos valores se vuelve a calcular la relación de transmisión existente (12).

$$R_{transmisión} = \frac{D_{pc}}{D_{pm}} \quad (12)$$

$$R_{transmisión} = \frac{4 \text{plg}}{1\frac{1}{2} \text{plg}}$$

$$R_{transmisión} = 2,667$$

Con este nuevo valor de relación se calcula el valor de velocidad de salida en rpm:

$$R_{transmisión} = \frac{R_{pm \text{ motor}}}{R_{pm \text{ máquina}}}$$

$$R_{pm \text{ máquina}} = \frac{R_{pm \text{ motor}}}{R_{transmisión}}$$

$$R_{pm \text{ máquina}} = \frac{1700 \text{ rpm}}{2,615}$$

$$Rpm \text{ máquina} = 650.096 \text{ rpm}$$

$$Rpm \text{ máquina} = 650 \text{ rpm}$$

Luego con estos valores se calcula la distancia entre ejes, distancia mínima (13) y distancia máxima (14).

$$Distancia \text{ M}{\acute{a}}nima = 0,7 * (Dpm + Dpc) \quad (13)$$

$$Distancia \text{ M}{\acute{a}}nima = 0,7 * (1\frac{1}{2}plg + 4plg)$$

$$Distancia \text{ M}{\acute{a}}nima = 3,85 \text{ plg}$$

$$Distancia \text{ M}{\acute{a}}xima = 2 * (Dpm + Dpc) \quad (14)$$

$$Distancia \text{ M}{\acute{a}}nima = 2 * (1\frac{1}{2}plg + 4plg)$$

$$Distancia \text{ M}{\acute{a}}nima = 11 \text{ plg}$$

Se obtiene un rango de separaci3n entre 3,85 plg – 11 plg, se va a utilizar el valor de 4 plg como separaci3n de ejes. Para determinar la longitud de la correa es necesario obtener el diámetro primitivo (15) de las dos poleas. Se requiere conocer el factor i [24], este valor se observa en la Figura 3.10.

Factor i según tipo de polea.	<	M = 2,5 mm A = 3,3 mm B = 4,2 mm C = 5,7 mm	D = 8,1 mm E = 9,6 mm
--	---	--	--------------------------

Figura 3. 10. Factor i de las correas [24]

$$Dpp = Dp - 2i \quad (15)$$

Donde:

Dpp .- Diámetro primitivo de la polea, en mm,

Dp .- Diámetro exterior de la polea, en mm,

i .- Factor i , en mm

Diámetro primitivo motriz:

$$D_{ppm} = D_p - 2i$$

$$D_{ppm} = (1\frac{1}{2} * 25,4)\text{mm} - 2(3,3\text{mm})$$

$$D_{ppm} = 31,5 \text{ mm}$$

Diámetro primitivo conducido:

$$D_{ppc} = D_p - 2i$$

$$D_{ppc} = (4 * 25,4)\text{mm} - 2(3,3\text{mm})$$

$$D_{ppc} = 95 \text{ mm}$$

Con estos valores se calcula la longitud de la correa (16).

$$Long \ Correa = \left((D_{ppm} + D_{ppc}) * \frac{\pi}{2} \right) + 2 * Le + \left(\frac{(D_p - d)^2}{4 * Le} \right) \quad (16)$$

Donde:

$Long \ Correa$.- Longitud de la correa, en mm,

D_{ppm} .- Diámetro primitivo motriz, en mm,

D_{ppc} .- Diámetro primitivo conducido, en mm,

Le .- Longitud entre ejes, en mm,

D_p .- Diámetro primitivo polea mayor, en mm,

d_p .- Diámetro primitivo polea menor, en mm.

$$Long \ Correa = \left((31.5 + 95) * \frac{\pi}{2} \right) + 2 * (4 * 25,4) \text{ mm} + \left(\frac{(95 - 31.5)^2}{4 * (4 * 25,4)\text{mm}} \right)$$

$$Long\ Correa = 411.828mm$$

Con esta longitud se busca la correa más cercana disponible en el mercado, en este caso se utiliza 16plg o 406,4mm, correspondiente al código A 14 V. Con estos valores se puede determinar la separación de los ejes exacta (16).

$$Long\ Correa = \left((D_{ppm} + D_{ppc}) * \frac{\pi}{2} \right) + 2 * Le + \left(\frac{(Dp - dp)^2}{4 * Le} \right)$$

$$\left(Long\ Correa - \frac{\pi}{2} (D_{ppm} + D_{ppc}) \right) = 2 * Le + \left(\frac{(Dp - dp)^2}{4 * Le} \right)$$

$$2 * Le^2 - \left(Long\ Correa - \frac{\pi}{2} (D_{ppm} + D_{ppc}) \right) * Le + \left(\frac{(Dp - dp)^2}{4} \right) = 0$$

$$2 * Le^2 - \left(406,4 - \frac{\pi}{2} (31,5 + 95) \right) * Le + \left(\frac{(95 - 31,5)^2}{4} \right) = 0$$

$$2 * Le^2 - 207,69 * Le + 885,063 = 0$$

$$Le = 99,392mm = 3,91\ plg$$

Para determinar el número de correas es necesario conocer la relación existente entre los diámetros primitivos de las poleas (17) en este caso se tiene los siguientes diámetros 95mm y 31,5mm.

$$R = \frac{Dp}{dp} \quad (17)$$

Donde:

R.- Relación de las poleas, en mm,

Dp.- Diámetro primitivo polea mayor, en mm,

dp.- Diámetro primitivo polea menor, en mm.

$$R = \frac{95\text{mm}}{31,5\text{mm}}$$

$$R = 3,016$$

Una vez conocido este valor, el diámetro primitivo de la polea menor que es 31,5mm y sus revoluciones por minuto 1700rpm, determinamos el valor de potencia en kW transmitida por cada correa Figura 3.11.

dpp mm	R	Revoluciones por minuto np de la polea menor													
		200	400	700	800	950	1200	1450	1800	2000	2200	2400	2600	2850	3200
71	1,00	0,17	0,29	0,45	0,56	0,56	0,67	0,76	0,88	0,94	1,00	1,05	1,10	1,16	1,22
	1,05	0,17	0,30	0,46	0,59	0,59	0,69	0,80	0,92	0,99	1,05	1,11	1,16	1,22	1,30
	1,20	0,18	0,32	0,50	0,63	0,63	0,75	0,86	1,00	1,08	1,15	1,22	1,28	1,35	1,44
	1,50	0,19	0,33	0,52	0,66	0,66	0,79	0,91	1,07	1,15	1,23	1,30	1,37	1,45	1,55
	≥ 3,00	0,20	0,34	0,54	0,69	0,69	0,82	0,95	1,11	1,20	1,29	1,37	1,44	1,53	1,64
80	1,00	0,21	0,37	0,59	0,74	0,74	0,89	1,02	1,20	1,29	1,37	1,45	1,53	1,61	1,71
	1,05	0,22	0,38	0,60	0,77	0,77	0,92	1,06	1,24	1,33	1,42	1,51	1,59	1,68	1,79
	1,20	0,23	0,40	0,63	0,81	0,81	0,97	1,12	1,32	1,42	1,52	1,62	1,70	1,81	1,93
	1,50	0,23	0,42	0,66	0,84	0,84	1,01	1,17	1,38	1,50	1,60	1,70	1,80	1,91	2,05
	≥ 3,00	0,24	0,43	0,68	0,87	0,87	1,04	1,21	1,43	1,55	1,66	1,76	1,86	1,98	2,13

Figura 3. 11. Potencia transmitida por cada correa tipo A [24]

Con ese valor se procede a obtener el número de correas (18).

$$N_c = \frac{Pe}{Pot\ Correa} \quad (18)$$

Donde:

N_c .- Número de correas,

Pe .- Potencia efectiva, en kW,

$Pot\ Correa$.- Potencia transmitida por cada correa, en kW.

$$N_c = \frac{(0,5Hp * 0,746)kW}{1,11kW}$$

$$N_c = 0,336 = 1\ Correa$$

Se concluye que se requiere una 1 correa Tipo A 14 V.

3.2.1.2 DISEÑO DE EJE

Se diseña el eje en donde estarán sujetos 28 dedos de goma formando 4 filas, cada una de 7 unidades como se observa en la Figura 3.12. Se debe considerar que el eje gira a una velocidad de 650rpm, y la polea A recibe una potencia de 0,5Hp.

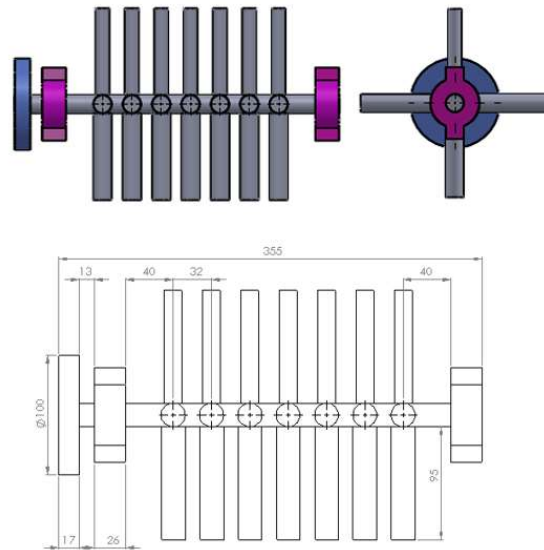


Figura 3. 12. Diseño de Eje y medidas

Diagrama XZ:

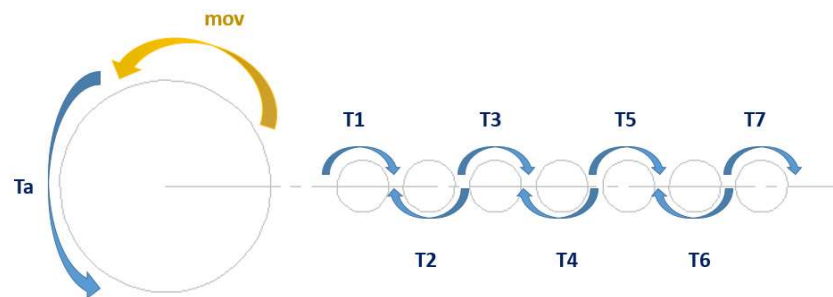


Figura 3. 13. Diagrama XZ de movimientos y torques en el eje

Se realiza el diagrama de cortantes y momentos tanto en el eje XY como en el eje XZ.

En la Figura 3.14 se puede observar el diagrama de torques. De igual manera se realiza el diagrama de cortantes en el eje XY Figura 3.15 y del eje XZ Figura 3.17; por último, se realiza el diagrama de momentos en el eje XY Figura 3.16 y en el eje XZ Figura 3.18.

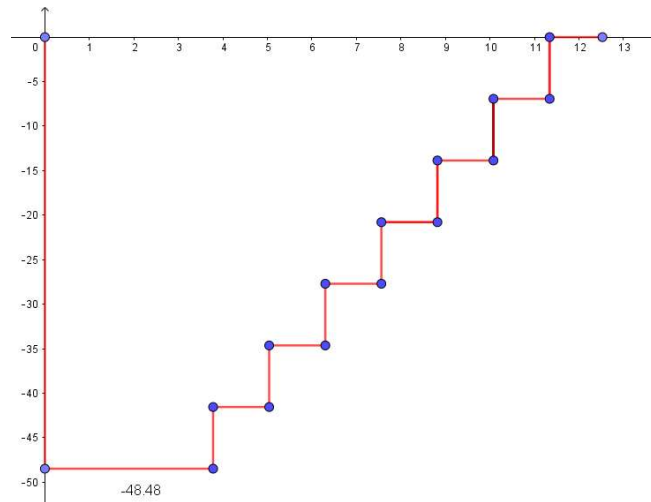


Figura 3. 14. Diagrama de Torques

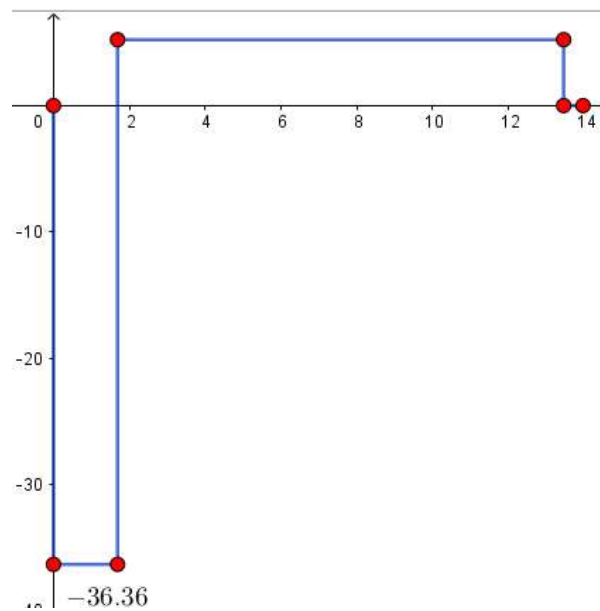


Figura 3. 15. Cortantes Eje XY

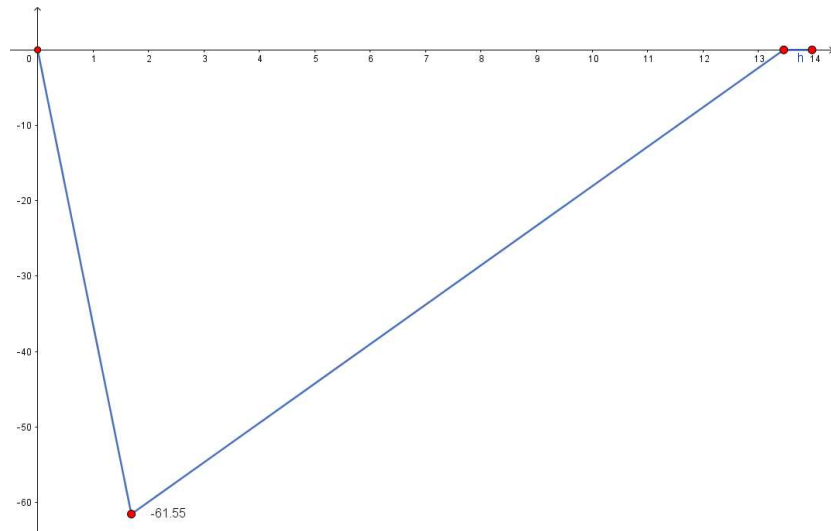


Figura 3. 16. Momentos Eje XY

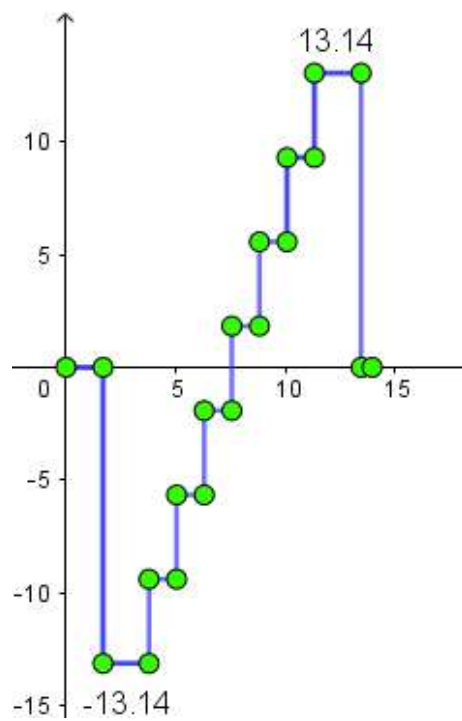


Figura 3. 17. Cortantes Eje XZ

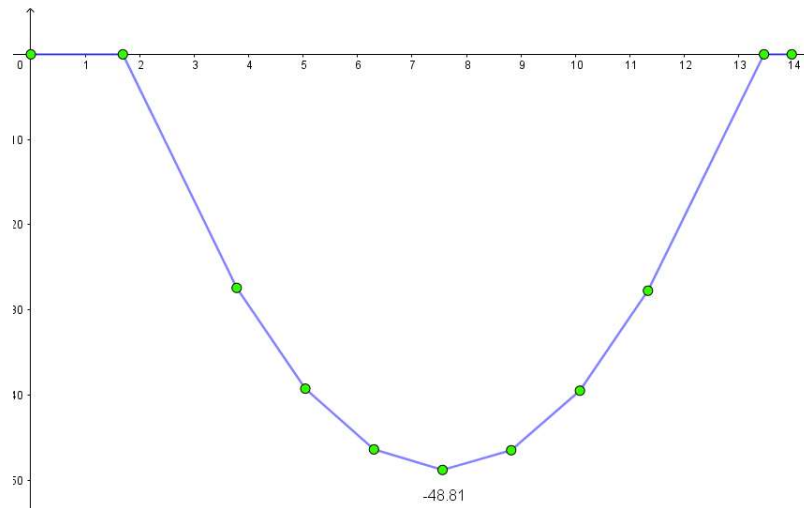


Figura 3. 18. Momentos Eje XZ

Se revisa los valores obtenidos y se determina que el lugar de análisis es el punto

B Tabla 34.

Tabla 34: Puntos de análisis

Punto	Momento XY	Momento XZ	Mom. Total	Torque
A	0	0,000	0,000	-48,481
B	-61,5553	0,000	61,555	-48,481
1	-33,9192	-27,426	43,620	-48,481
2	-29,5068	-39,270	49,120	-41,555
3	-25,0948	-46,399	52,750	-34,629
4	-20,6823	-48,811	53,012	-27,703
5	-16,27023	-46,509	49,273	-20,777
6	-11,8571	-39,491	41,233	-13,852
7	-7,4443	-27,758	28,738	-6,926
C	0	0,000	0,000	0,000

Con estos valores se calcula el esfuerzo equivalente de ellos por medio de Von Mises (19) [25].

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{32*M}{\pi*d^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{16*T}{\pi*d^3}\right)^2} \quad (19)$$

Donde:

σ_{eq} .- Esfuerzo equivalente, en lbf * plg,

M .- Momento equivalente en el punto B, en lbf * plg,

T .- Torque en el punto B, en lbf * plg.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{32 * 61,555}{\pi * d^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{16 * 48,481}{\pi * d^3}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{758,96}{d^3} = \sigma_a$$

Se estima el límite de resistencia a la fatiga por medio de correcciones multiplicativas, hasta conocer las mismas se utiliza un factor de 0,3 (20).

$$Se = 0,3 * Se' \quad (20)$$

Donde:

Se .- Límite de resistencia a la fatiga por medio de correcciones multiplicativas, en kpsi,

Se' .- Límite de resistencia a la fatiga, en kpsi.

$$Se = 0,3 * 0,506 * Sut$$

Se va a utilizar el acero SAE 1018 estirado en frío, un acero de transmisión disponible en el mercado, por tanto el valor de $Sut = 64\text{kpsi}$ Tabla 35 [4].

Tabla 35: Resistencia diversos aceros [4]

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131

$$Se = 0,3 * 0,506 * 64\text{kpsi}$$

$$Se = 9,7152 \text{ kpsi}$$

Se usa la ecuación de Goodman modificada (21), con un factor de seguridad de 1,5 para asegurar el buen funcionamiento de la pieza bajo condiciones adversas al diseño [25].

$$\frac{\sigma_a}{Se} - \frac{\sigma_m}{Sut} = \frac{1}{n} \quad (21)$$

Donde:

σ_a .- Resistencia alternante, en kpsi,

Se .- Límite de resistencia a la fatiga por medio de correcciones multiplicativas, en kpsi,

σ_m .- Resistencia media, en kpsi,

Sut .-Límite de resistencia, en kpsi.

n .- Factor de diseño o seguridad.

Por inversión completa se elimina σ_m , por tanto nos queda (22), y se reemplaza los valores obtenidos previamente.

$$\frac{\sigma_a}{Se} = \frac{1}{n} \quad (22)$$

$$\frac{\frac{758,96}{d^3}}{9,7152 \text{ kpsi}} = \frac{1}{1,5}$$

$$d^3 = \sqrt[3]{0,1172 \text{ plg}^3}$$

$$d = 0,489 \text{ plg}$$

Se estandariza esta medida de acuerdo a los ejes disponibles en el mercado, siendo de $1/2$ plg con este valor se vuelve a calcular el esfuerzo equivalente y se introducen las constantes.

$$\sigma = \frac{32 * 61,555}{\pi * d^3}$$

$$\sigma = 5,016 \text{ kpsi}$$

$$\tau = \frac{16 * 48,481}{\pi * d^3}$$

$$\tau = 1,975 \text{ kpsi}$$

$$\sigma_a = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{kb * kc * ke}\right)^2 + 3 * \left(\frac{\tau}{kb * kc * ke}\right)^2}$$

$$Se = 0,3 * ka * kd * Se'$$

$$\frac{\sigma_a}{Se} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{8098 \text{ psi}}{29044 \text{ psi}} = \frac{1}{n}$$

$$n = 3,587$$

Con estos nuevos parámetros tenemos un $n=3,587$, que cumple con lo requerido por lo que se va a utilizar un eje de $1\frac{1}{2}$ plg o 12,7mm.

3.2.1.3 SELECCIÓN DE COJINETES DE FRICCIÓN

Se va a utilizar cojinetes de fricción de bronce sólido debido a la aplicación y condiciones de operación de la máquina. Como características principales de los mismos se tiene las siguientes [26]:

- Insensibles a los entornos sucios
- Resistentes a las cargas de choque y vibraciones a velocidades bajas
- Buena resistencia a los contaminantes corrosivos
- Poseen ranuras para retener el lubricante
- Operación silenciosa [27]
- Larga vida útil por fatiga de sus elementos

De igual manera son recomendables para aplicaciones como parte de maquinaria en procesamiento de celulosa y papel [26].

Para conocer el tipo de cojinete que se requiere utilizar, se calcula la carga dinámica de la aplicación en este caso el peso total de todos los componentes que rotarán con el eje Tabla 36 con un factor de seguridad de 1,5 al ser una maquinaria con impactos moderados.

Tabla 36: Peso total soportado por el eje

Elemento	Material	Peso Unitario	Cantidad	Peso Total	Unidades
Dedos de Goma	Varios	0,0241	28	0,675	kg
Eje	SAE 1018 1/2 plg	0,3560	1	0,356	kg
Soportes Dedos	SAE 1018 1/4 plg	0,0098	28	0,274	kg
Cojinetes	Varios	0,2495	2	0,499	kg
Polea 4 plg	Varios	0,2571	1	0,257	kg
Polea 1 1/4 plg	Varios	0,0643	1	0,064	kg
Total *1,5				3,188	kg

Se utiliza el cojinete de la Figura 3.19, en la ficha técnica del mismo Anexo A.2 se observa que soporta una carga dinámica de 50000lb lo que equivale a 22679.619kg con lo que se asegura su buen funcionamiento.



Figura 3. 19. Cojinete de Bronce

3.2.2 DISEÑO MÓDULO DE CONTROL DE LONGITUD

Para regular la longitud de limpieza de los tallos de las rosas se propone un mecanismo con un husillo de potencia; tomando en cuenta que las longitudes que se va a regular van desde 15cm hasta 30cm Figura 3.20.

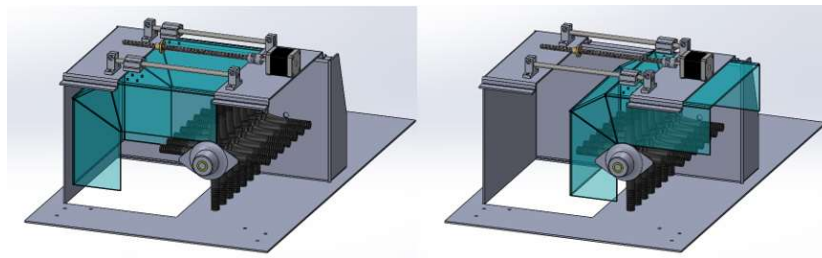


Figura 3. 20. Mecanismo Control de Longitud

3.2.2.1 DIMENSIONAMIENTO PLACA TOPE

Para obtener el espesor de la placa tope, se considera la fuerza que ejerce el bunch sobre esta cuando la máquina esta funcionando, este valor se lo obtuvo de forma experimental en la Tabla 37 en la que se observan los valores obtenidos.

Tabla 37: Fuerza ejercida por el bunch en la placa

Prueba	Fuerza (kgf)	Fuerza (N)
1	1,1	10,7873
2	1,5	14,7100
3	1,26	12,3564
4	1,3	12,7486
5	1,15	11,2776
6	1,3	12,7486
7	1,34	13,1409
8	1,45	14,2196
9	1,25	12,2583
10	1,55	15,2003

Con estos valores se procede a sacar un promedio siendo de 1,32 kgf o 12,945N; se observa en la Figura 3.21 la representación de esta carga distribuida.

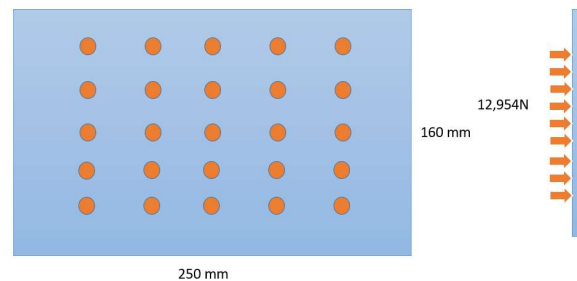


Figura 3. 21. Representación cargas distribuidas bunch de rosas

Se cambia la representación de la misma a un diagrama de cuerpo libre Figura 3.22.

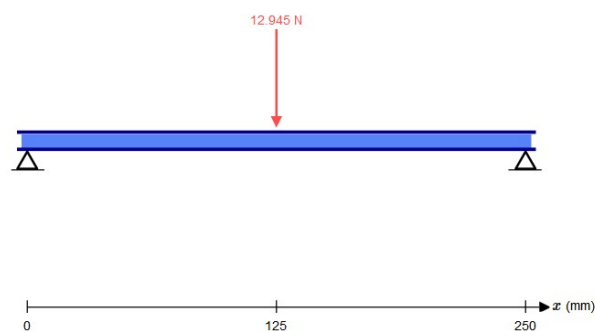


Figura 3. 22. Diagrama cuerpo libre placa tope

Se realiza el análisis de cortantes Figura 3.23 y momentos Figura 3.24.

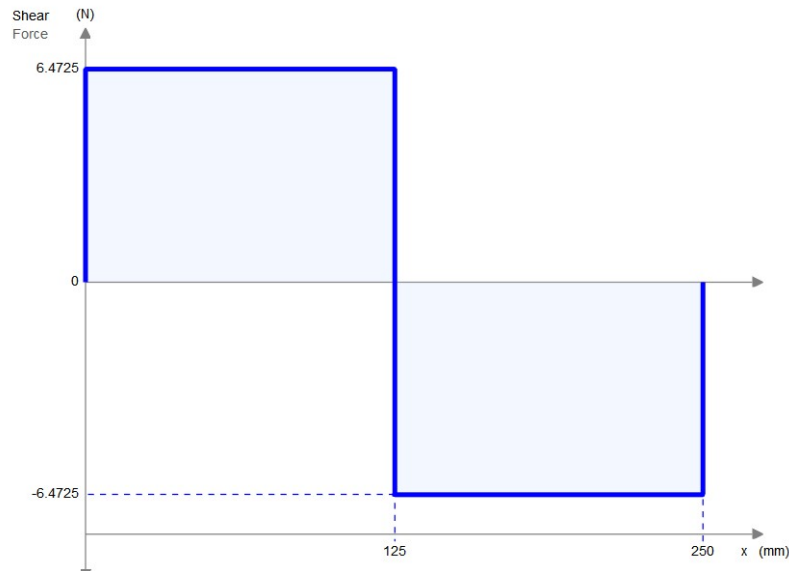


Figura 3. 23. Diagrama de cortantes

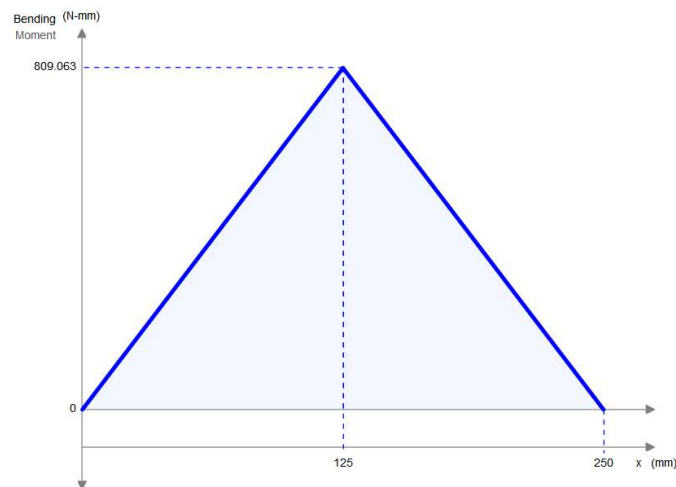


Figura 3. 24. Diagrama de Momentos

Conocidos estos parámetros se determina la deflexión máxima y mínima permisible en este elemento. Utilizando (23), al ser una máquina de precisión moderada [28].

$$Y_{m\acute{a}x} = 0,00001 \text{ a } 0,0005 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \text{ de longitud de la viga.} \quad (23)$$

Se reemplaza la longitud de la viga de 250mm y se obtiene el límite inferior y superior respectivamente.

$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{0,00001\text{mm}}{\text{mm de longitud}} * 250\text{mm}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = 0.0025\text{mm} \text{ Límite mínimo}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{0,0005\text{mm}}{\text{mm de longitud}} * 250\text{mm}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = 0.125\text{mm} \text{ Límite máximo}$$

Con (24) se determina la fuerza máxima que puede soportar la placa tope.

$$Y_{m\acute{a}x} = -\frac{F * l^3}{48 * E * I} \quad (24)$$

Donde:

$Y_{m\acute{a}x}$.- Límite mínimo de deflexión, en mm,

F .- Fuerza máxima de deflexión, en N,

l .- Largo de la viga, en mm,

E .- Módulo de elasticidad, en Gpa,

I .- Inercia del elemento, en mm^4 .

Al módulo de elasticidad le corresponde el valor de 190 GPa porque se utiliza acero inoxidable AISI304. En el caso de la inercia se considera diversos valores de espesor para determinar la mejor opción, y se realiza el cálculo respecto de deflexión máxima en cada uno de los casos Tabla 38.

Tabla 38: Deflexión máxima en función del espesor de la placa

Espesor (mm)	Altura (mm)	Inercia (mm ⁴)	E (Gpa)	Long (mm)	Y _{máx} (mm)	Y/L	Y1>0,00001	Y2<0,0005
0,5	160	1,66666667	200	250	13,30695	0,0532278	VERDADERO	FALSO
1	160	13,33333333	200	250	1,66337	0,0066535	VERDADERO	FALSO
2	160	106,666667	200	250	0,20792	0,0008317	VERDADERO	FALSO
3	160	360	200	250	0,06161	0,0002464	VERDADERO	VERDADERO
4	160	853,333333	200	250	0,02599	0,0001040	VERDADERO	VERDADERO
5	160	1666,66667	200	250	0,01331	0,0000532	VERDADERO	VERDADERO

Por tanto, se utiliza la placa de 3mm de espesor partiendo de la Tabla 38.

3.2.2.2 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS LINEALES

Para esta selección se debe considerar el tipo de cargas que se requiere soporten los rodamientos en este caso son las cargas dinámicas y cargas estáticas.

Carga estática

En el caso de la carga estática [29] el primer parámetro a calcular es el coeficiente de seguridad estático (25).

$$a_s = f_c * f_b * \frac{C_o}{P} \quad (25)$$

Donde:

a_s . - Coeficiente de seguridad estático,

f_c . - Factor de contacto,

f_b . - Coeficiente de layout recirculaciones,

C_o .- Capacidad de carga estática, en N,

P .- Carga máxima aplicada, en N.

El factor de contacto hace referencia al número de rodamientos en una misma guía, en este caso se utiliza 1. Con este valor se observa en la Tabla 39, el valor del factor que es 1.

Tabla 39: Número de rodamientos por Eje [30]

Número de casquillos por cada eje Number of linear bearings for shaft	f_c
1	1.0
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61

El coeficiente de layout recirculaciones hace referencia al número de bolas que componen al rodamiento, en este caso son 4 Figura 3.25, Anexo A.3; se procede a buscar en la Figura 3.26 y se determina que el coeficiente tiene un valor de 1.

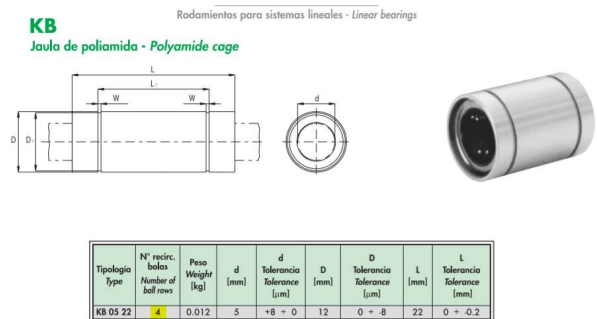


Figura 3. 25. Tipo de rodamiento con número de bolas [8]

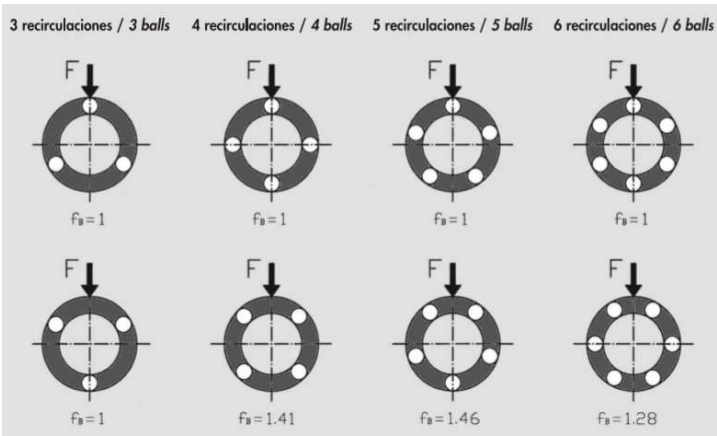


Figura 3. 26. Coeficiente de layout recirculaciones [8]

La capacidad de carga estática viene dada por el diámetro del rodamiento como se observa en el Anexo A.2.

Para carga máxima aplicada se utiliza (26),

$$P = P_y + P_z \quad (26)$$

Donde:

P .- Carga máxima aplicada, en N,

P_y .- Carga actuante en dirección y, en N,

P_z .- Carga actuante en dirección z, en N,

En las fuerzas actuantes en el eje Y se tiene el peso de todos los elementos que soportan los rodamientos, se adiciona un factor de seguridad de 1,2 de acuerdo a su aplicación en este caso maquinaria con impactos ligeros, Tabla 40.

Tabla 40: Cargas Rodamientos

Elemento	Material	Peso Unitario	Cantidad	Peso Total	Unidades
Placa Tope	Acero Inoxidable	4,3782	1	4,378	kg
Total * 1,2				5,254	kg

En este caso el peso a soportar es el de la placa tope Figura 3.27.

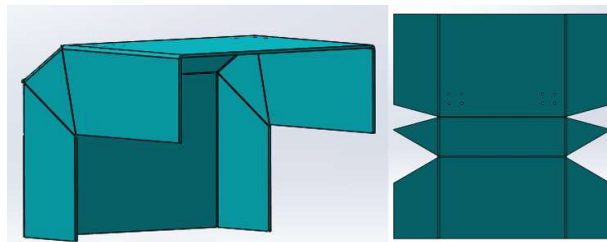


Figura 3. 27. Placa Tope

Para determinar la fuerza (27) ejercida por esta masa se procede a multiplicar por el valor de la gravedad en este caso $9,8 \frac{m}{s^2}$.

$$F_y = m * a \quad (27)$$

Donde:

F .- Fuerza resultante, en N,

m .- Masa, en kg,

a .- Aceleración, en $\frac{m}{s^2}$.

$$Fy = 5,254kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$Fy = 51,487 \text{ N}$$

La fuerza en el eje Z es el valor del impacto del bunch contra la placa tope. Para determinar este valor se realiza pruebas de forma experimental como se observa en la Figura 3.28 y los datos obtenidos en la Tabla 41.



Figura 3. 28. Prueba experimental para determinar la fuerza de impacto

Tabla 41: Datos pruebas experimentales impacto del bunch

Prueba	Fuerza (kgf)	Fuerza (N)
1	1,1	10,79
2	1,5	14,71
3	1,26	12,36
4	1,3	12,75
5	1,15	11,28
6	1,3	12,75
7	1,34	13,14
8	1,45	14,22
9	1,25	12,26
10	1,55	15,20

De todos los valores obtenidos se toma un promedio, determinando que la fuerza en el eje Z será de 12.9448 N. Se reemplaza estos valores en (26) para determinar P.

$$P = 51,487 \text{ N} + 12.9448 \text{ N}$$

$$P = 64,432 \text{ N}$$

Con este valor se obtiene el coeficiente de seguridad estático (25) para diferentes diámetros Tabla 42.

Tabla 42: Coeficiente de seguridad estático

fc	fb	d (mm)	Co (N)	P (N)	as
1	1	5	270	64,43	4,19
1	1	8	410	64,43	6,36
1	1	10	470	64,43	7,29
1	1	12	790	64,43	12,26
1	1	16	910	64,43	14,12

Por la posibilidad de impactos eventuales o vibraciones, y partiendo de los datos de la Tabla 43 se determina utilizar un valor de coeficiente entre 3 a 5.

Tabla 43: Coeficientes de seguridad estático recomendado

Condiciones de funcionamiento <i>Working conditions</i>	α_s mínimos α_s minimum
Estático y pequeñas flexiones <i>Static and very small deformations</i>	1.0 ÷ 2.0
Dinámico con ligeras flexiones <i>Dynamic with light deformations</i>	2.0 ÷ 4.0
Dinámico con impactos, vibraciones y ligeras flexiones <i>Dynamic with impacts, vibrations and light deformations</i>	3.0 ÷ 5.0

De los resultados de la Tabla 43, se utiliza los rodamientos de 8mm de diámetro interno debido a la facilidad de su adquisición en el mercado.

Carga Dinámica

La capacidad de carga dinámica de un rodamiento se ve limitada por factores como cargas o momentos, flexiones del eje, velocidad de funcionamiento, etc.

[26] Este valor viene dado por cada rodamiento, en este caso la capacidad de carga dinámica del rodamiento de 8mm es de 270N como se observa en la Anexo A.3.

Vida útil Nominal

Para determinar el recorrido teórico del rodamiento antes de la aparición de fatiga se utiliza (28).

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 * 50 \quad (28)$$

Donde:

L .- Vida útil nominal, en km,

C .- Capacidad de carga dinámica, en N,

P .- Carga equivalente aplicada, en N.

$$L = \left(\frac{270N}{64,43}\right)^3 * 50$$

$$L = 3679,23 \text{ km}$$

Vida útil horas de servicio

Se utiliza (29) para determinar las horas de servicio de los rodamientos.

Considerando como velocidad media $6 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ en vista de que el recorrido máximo es 15cm en un tiempo estimado de 1,5seg.

$$L_h = \frac{L * 10^3}{(v_m * 60)} \quad (29)$$

Donde:

L_h .- Vida útil de servicio, en h,

L .- Vida útil nominal, en km,

v_m .- Velocidad media equivalente, en $\frac{m}{min}$.

$$L_h = \frac{3679,23 \text{ km} * 10^3}{\left(6 \frac{m}{min} * 60\right)}$$

$$L_h = 10220,09h \approx 1,1667 \text{ años}$$

Como se trata de una máquina para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas el rango de horas de vida útil de trabajo debe estar entre 10000 a 25000 horas, por lo que se encuentra dentro del rango Anexo A.4

3.2.2.3 SELECCIÓN DE HUSILLO DE POTENCIA

En esta sección se presenta los cálculos a realizar para la elección del husillo de potencia del mecanismo de control de longitud. Teniendo en cuenta que un husillo de potencia es un elemento que transforma un movimiento de rotación a un movimiento rectilíneo con el fin de transmitir fuerza o potencia.

Para facilitar la adquisición de este elemento se parte de la información de elementos disponibles en el mercado local Tabla 44.

Tabla 44: Características técnicas husillo de potencia, [4]

Características Técnicas	
Diámetros Exterior (d)	8 mm
Paso (p)	2 mm
Diámetro de Raíz (dr)	6,59mm
Número de entradas de rosca (n)	4
Ángulo de la rosca (φ)	30°
Coeficiente de fricción (μ)	0,18

La carga que el husillo debe transportar está dada por el peso de todos los elementos a movilizar, en la Tabla 45 se observa el detalle.

Tabla 45: Detalle peso de diseño husillo de potencia

Elemento	Material	Peso Unitario	Cantidad	Peso Total	Unidades
Rodamientos Lineales	Varios	0,0180	2	0,036	kg
Soportes Rodamientos	Varios	0,0560	2	0,112	kg
Placa Tope	Acero Inoxidable	4,3782	1	4,378	kg
Total * 2,5				11,315	kg

Para determinar la fuerza (27) ejercida por esta masa se procede a multiplicar por el valor de la gravedad en este caso $9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

$$F = m * a$$

$$F = 11,315\text{kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 110,891 \text{ N}$$

Torque Husillo de potencia

Por medio de (30) se determina el torque inicial del husillo, este dato posteriormente ayuda a fijar la eficiencia global del mismo [25].

$$T_o = \frac{F * l}{2\pi} \quad (30)$$

Donde:

T_o .- Torque inicial, en Nm,

F .- Fuerza total, en N,

l .- Avance o paso del husillo, en m.

Para calcular el paso del husillo se utiliza la ecuación (31), reemplazando los valores de la Tabla 44.

$$l = n * p \quad (31)$$

$$l = 4 * 2\text{mm}$$

$$l = 8\text{mm} = 0,008\text{m}$$

Estos valores se reemplazan en (30).

$$T_o = \frac{110,891 \text{ N} * 0,008\text{m}}{2\pi}$$

$$T_o = 0.14119 \text{ Nm}$$

Torque de Subida Husillo de potencia

A pesar que el movimiento que va a realizar el husillo de potencia es en sentido horizontal la ecuación (32) todavía es válida porque representa el sentido de rosca arriba del husillo [25].

$$T_s = \frac{F * dm}{2} * \left[\frac{\cos \varphi * \tan \lambda +}{\cos \varphi - * \tan \lambda} \right] \quad (32)$$

Donde:

T_s .- Torque de subida, en Nm,

F .- Fuerza total, en N,

dm .- Diámetro de paso, en m,

φ .- Ángulo de rosca, en grados,

λ .- Ángulo de avance, en grados,

μ .- Coeficiente de fricción, adimensional.

Para determinar el diámetro de paso se utiliza (33) con los datos de la Tabla 44.

$$dm = d - \frac{p}{2} \quad (33)$$

$$dm = 8\text{mm} - \frac{2\text{mm}}{2}$$

$$dm = 7\text{mm} = 0,007\text{m}$$

El valor del ángulo de avance se determina por medio de (34), reemplazando los datos obtenidos anteriormente en (31) y (33).

$$\tan\lambda = \frac{l}{\pi * dm} \quad (34)$$

$$\tan\lambda = \frac{0,008}{\pi * 0,007}$$

$$\lambda = 19,99^\circ = 20^\circ$$

Ahora con todos estos valores se reemplaza en (32) para determinar el torque de subida.

$$T_s = \frac{110,891 \text{ N} * 0,007\text{m}}{2} * \left[\frac{\cos 30 * \tan 20 + 0,18}{\cos 30 - 0,18 * \tan 20} \right]$$

$$T_s = 0,2401 \text{ Nm}$$

Torque de Bajada Husillo de potencia

El par de torsión debe superar una parte de la fricción al bajar la carga [25], este valor se determina por medio de (35).

$$T_B = \frac{F * dm}{2} * \left[\frac{\mu - \cos \varphi * \tan \lambda}{\cos \varphi * \tan \lambda} \right] \quad (35)$$

Donde:

T_B .- Torque de bajada, en Nm,

F .- Fuerza total, en N,

dm .- Diámetro de paso, en m,

ϕ .- Ángulo de rosca, en grados,

λ .- Ángulo de avance, en grados,

μ .- Coeficiente de fricción, adimensional.

$$T_B = \frac{110,891 \text{ N} * 0,007}{2} * \left[\frac{0,18 - \cos 30 * \tan 20}{\cos 30 + 0,18 * \tan 20} \right]$$

$$T_B = 0,0563 \text{ Nm}$$

Eficiencia

Para determinar la eficiencia de transmisión se tiene la siguiente ecuación (36).

$$e = \frac{T_o}{T_s} \quad (36)$$

Donde:

e .- Eficiencia de transmisión, en %,

T_o .- Torque inicial, en Nm,

T_s .- Torque de subida, en Nm.

$$e = \frac{0,14119 \text{ Nm}}{0,2401 \text{ Nm}}$$

$$e = 0,588 = 59\%$$

Se tiene eficiencia baja debido a que los husillos de potencia de rosca Acme presentan fricción adicional que provoca la acción de cuña [25]. Si se desea mejorar esta eficiencia se podría reemplazar el cojinete de contacto en este caso de bronce por un rodamiento de bolas, sin embargo, se conserva el de bronce por los efectos de la corrosión explicados previamente.

Esfuerzos en el Husillo de potencia

El esfuerzo cortante nominal en torsión del husillo de potencia puede representarse con la siguiente expresión (37), donde se utiliza el torque de subida que es el valor más alto.

$$\tau = \frac{16 * T_s}{\pi * dr^3} \quad (37)$$

Donde:

τ .- Esfuerzo cortante, en MPa,

T_s .- Torque de subida, en Nm.

dr .- Diámetro de raíz, en m.

$$\tau = \frac{16 * 0,2401 \text{ Nm}}{\pi * (0.00659\text{m})^3}$$

$$\tau = 4,273 \text{ MPa}$$

Ahora se determina el esfuerzo axial (38), en este caso el área de incidencia se determina con el diámetro de la raíz.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi * \left(\frac{dr}{2}\right)^2} \quad (38)$$

Donde:

σ .- Esfuerzo axial, en MPa,

F .- Fuerza total, en N,

dr .- Diámetro de raíz, en m.

$$\sigma = \frac{110,891\text{N}}{\pi * \left(\frac{0.00659\text{m}}{2}\right)^2}$$

$$\sigma = 3,25\text{MPa}$$

Con estos datos y por medio de (39) se determina el factor de seguridad del husillo.

$$\frac{1}{N^2} = \left(\frac{\sigma}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{S_{ys}}\right)^2 \quad (39)$$

Donde:

N .- Factor de seguridad,

σ .- Esfuerzo axial, en MPa,

τ .- Esfuerzo cortante, en MPa,

S_y .- Resistencia a la fluencia, en MPa,

S_{ys} .- Resistencia a la fluencia corregido, en MPa.

$$\frac{1}{N^2} = \left(\frac{3,25\text{MPa}}{310\text{MPa}}\right)^2 + \left(\frac{4,273\text{ MPa}}{0,577 * 310\text{MPa}}\right)^2$$

$$N = 38,33$$

Se obtiene un factor alto, pero se debe a la disponibilidad del mercado, en este factor también se consideran sobrecargas imprevistas a la hora del funcionamiento.

El motor a utilizar en este mecanismo debe ser de por lo menos 0,2401Nm, que corresponde al torque de elevación siendo este el mayor valor.

3.2.3 DISEÑO MÓDULO DE CHASIS

En esta sección se diseña la estructura encargada de soportar los módulos de procesamiento, control de longitud, interfaz gráfica y control.

3.2.3.1 DISEÑO DE ESTRUCTURA BASE

Para determinar el lado y espesor del tubo cuadrado para la base es necesario conocer el peso de todos los elementos que van sobre ella como se observa en la Tabla 46, donde se utilizó la balanza analítica PCE-BT 2000 con una legibilidad de 0,01g.

Tabla 46: Cargas presentes en la base

Elemento	Material	Peso Unitario	Cantidad	Peso Total	Unidades
Motor Dayton	Varios	6,327	1	6,3276084	kg
Variador de Frecuencia	Varios	1,496	1	1,4968536	kg
HMI	Varios	0,408	1	0,4082328	kg
PLC	Varios	0,34	1	0,34	kg
Cableado	Varios	0,5	1	0,5	kg
Tornillos	Acero	0,025	30	0,765	kg
Piezas Superiores	Acero A36	2,962	1	2,96208	kg
Piezas Laterales	Acero A36	6,168	1	6,1681	kg
Tapa Superior	Acero A36	7,008	1	7,008	kg
Tapa Laterales	Acero A36	14,168	1	14,168	kg
Dedos de Goma	Varios	0,0241	28	0,6748	kg
Eje	SAE 1018 1/2 plg	0,356	1	0,356	kg
Soportes Dedos	SAE 1018 1/4 plg	0,0098	28	0,2744	kg
Cojinetes	Varios	0,2495	2	0,4989522	kg
Polea 4 plg	Varios	0,2571	1	0,25712	kg
Polea 1 1/4 plg	Varios	0,0643	1	0,06428	kg
Rodamientos Lineales	Varios	0,0180	2	0,036	kg
Soportes Rodamientos	Varios	0,0560	2	0,112	kg
Eje 8mm	Acero	0,0900	2	0,18	kg
Soporte Eje	Acero	0,0319	4	0,12757275	kg
Motor Nema 17	Varios	0,3900	1	0,39	kg
Correa Transmisión	Varios	0,0499	1	0,04989512	kg
Husillo de Potencia	Varios	0,0454	1	0,0453592	kg
Placa Tope	Acero Inoxidable	4,3782	1	4,378161784	kg
Placa Base	Acero A36	6,4325	1	6,43246	kg
Adicional (30%)	Varios	16,2063	1	16,20626276	kg
Total				70,227	kg

Se transforma esta carga en una fuerza al multiplicarla por la gravedad con (27).

$$F = m * a$$

$$F = 70,227\text{kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 688,226 \text{ N}$$

Se reemplaza la estructura base por su representación como una viga Figura 3.29.

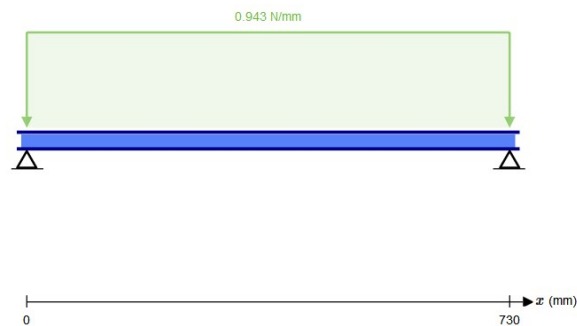


Figura 3. 29. Representación estructura base

Se tiene los siguientes diagramas Figura 3.30 de cortantes y de momentos
Figura 3.31.

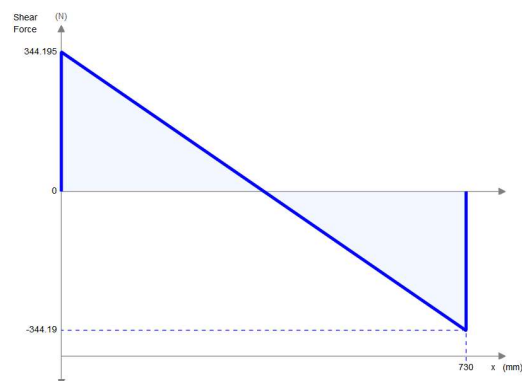


Figura 3. 30. Cortantes de la estructura base

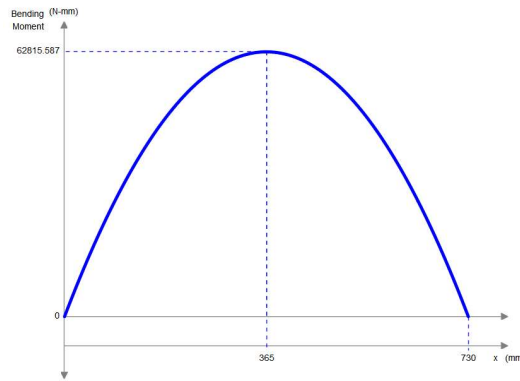


Figura 3. 31. Momentos de la estructura base

Conocidos estos parámetros se determina la deflexión máxima y mínima permisible en este elemento. Utilizando (23), al ser una máquina de precisión moderada [28].

$$Y_{m\acute{a}x} = 0,00001 \text{ a } 0,0005 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \text{ de longitud de la viga.} \quad (23)$$

Se reemplaza la longitud de la viga de 730mm y se obtiene el límite inferior y superior respectivamente.

$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{0,00001\text{mm}}{\text{mm de longitud}} * 730\text{mm}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = 0.0073\text{mm} \text{ Límite mínimo}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{0,0005\text{mm}}{\text{mm de longitud}} * 730\text{mm}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = 0.365\text{mm} \text{ Límite máximo}$$

Con (24) se determina el lado y espesor del tubo cuadrado para la estructura. En este caso se utiliza el catálogo IPAC de Acero ASTM A500 GR, Anexo A.5.

$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{w * l^4}{384 * E * I} \quad (24)$$

Donde:

$Y_{m\acute{a}x}$.- Límite máximo de deflexión, en mm,

w .- Carga distribuida de deflexión, en $\frac{N}{mm}$,

l .- Largo de la viga, en mm,

E .- Módulo de elasticidad, en Gpa,

I .- Inercia del elemento, en mm^4 .

En la Tabla 47, se detallan los resultados obtenidos.

Tabla 47: Lado y espesor tubo cuadrado

Altura (mm)	Espesor (mm)	Inercia (cm4)	Inercia (mm4)	E (Gpa)	Long (mm)	Ym�x (mm)	Y/L	Y1>0,00001	Y2<0,0005
20	1,4	0,56	5600	207	730	-0,601465	0,00082	VERDADERO	FALSO
	1,5	0,58	5800	207	730	-0,580724	0,00080	VERDADERO	FALSO
	1,8	0,66	6600	207	730	-0,510334	0,00070	VERDADERO	FALSO
	2	0,7	7000	207	730	-0,481172	0,00066	VERDADERO	FALSO
25	1,4	1,16	11600	207	730	-0,290362	0,00040	VERDADERO	VERDADERO
	1,5	1,22	12200	207	730	-0,276082	0,00038	VERDADERO	VERDADERO
	1,8	1,39	13900	207	730	-0,242317	0,00033	VERDADERO	VERDADERO
	2	1,49	14900	207	730	-0,226054	0,00031	VERDADERO	VERDADERO

Por tanto, el diseño de la máquina se establece como se observa en la Figura 3.32.

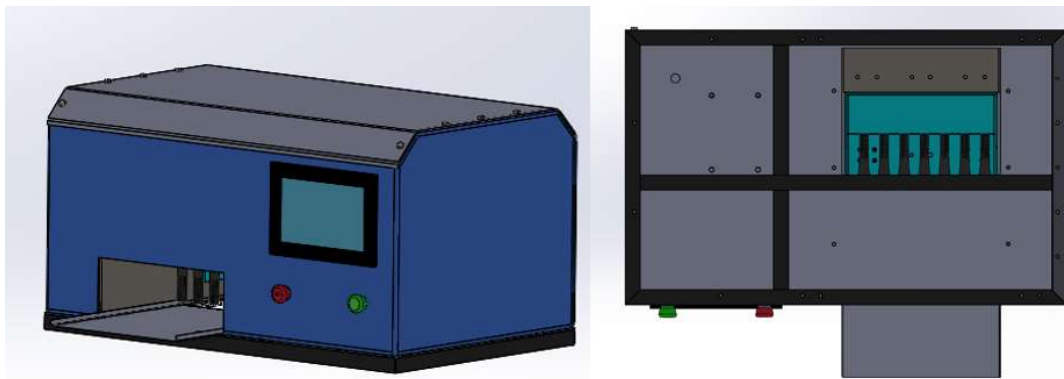


Figura 3. 32. Diseño estructura base

3.2.4 DISEÑO MÓDULO DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS

Para el diseño de este módulo se propone este esquema Figura 3.33, por lo que se debe determinar la cantidad de basura en promedio que genera cada bunch de rosas que sea procesado, como se observa en la toma de datos de la Tabla 48.

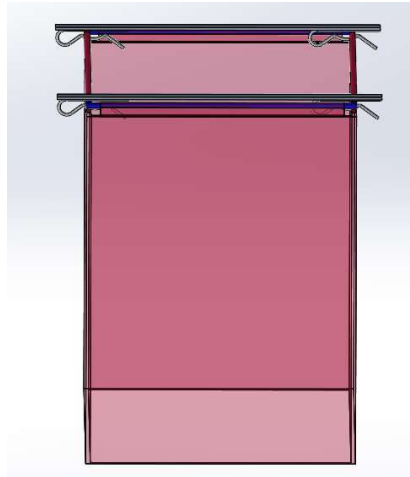


Figura 3. 33. Módulo de almacenamiento de desechos

Tabla 48: Datos de bunches masa y volumen

Bunch	Masa (kg)	Volumen (m ³)
1	0,170	0,00558
2	0,106	0,00349
3	0,191	0,00627
4	0,142	0,00465
5	0,163	0,00534
Promedio	0,15442	0,00507

Por tanto, la cantidad de desechos generados en promedio por un bunch es de 0,15 kg y el volumen que ocupa es de 0,00507 m³, con este dato se procede a determinar los componentes que conforman este módulo. Considerando que se espera vaciar el contenedor de desechos luego de procesar 30 bunches como mínimo, lo que conlleva una masa aproximada de 4,63 kg y un volumen de 0,1521m³.

Se propone un diseño de recolector suspendido en cuatro horquillas de chavetas como se observa en la Figura 3.34.

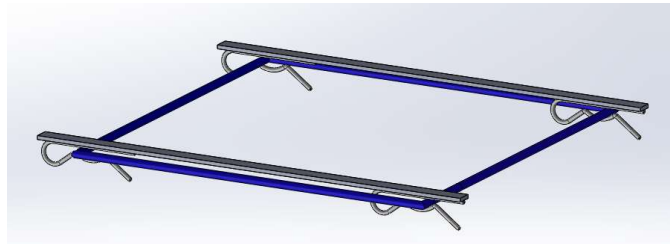


Figura 3. 34. Sujeción módulo de almacenamiento de desechos

3.3 DISEÑO ELECTRÓNICO

El sistema cuenta con 4 partes electrónicas fundamentales que son:

- Módulo de control de motor del eje
- Módulo de control de placa tope
- Módulo de control central PLC
- Control de elementos complementarios.

En la Figura 3.35 se observa un esquema del funcionamiento general del sistema electrónico.

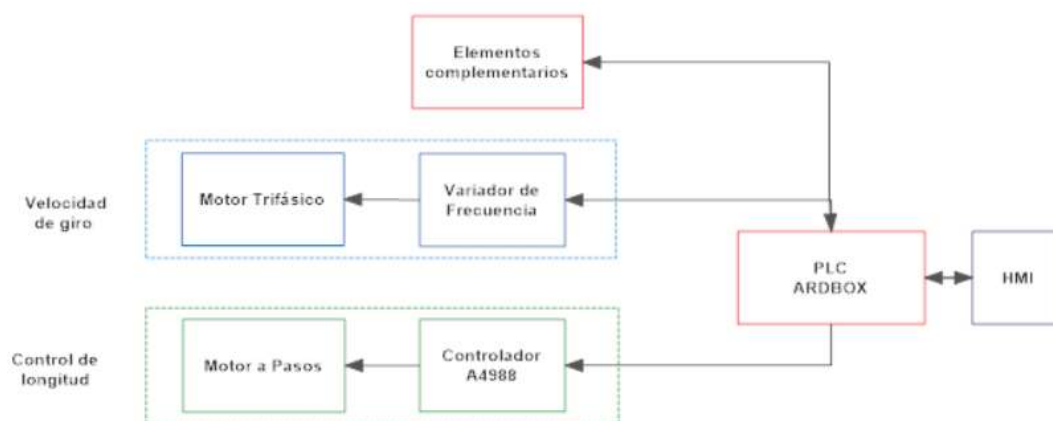


Figura 3. 35. Diagrama sistema electrónico

3.3.1 MÓDULO DE CONTROL CENTRAL PLC

Para controlar todas las funciones de la máquina se utiliza un PLC Arduino ARDBOX Figura 3.36, el mismo consta de 10 entradas de 5 a 24 Vdc, 10 salidas de 5 a 24 Vdc y comunicación por medio de USB, RS485 Half-Full Duplex (Modbus), I2C, SPI, RS-232 [30]. De igual manera tiene una potencia de 30W, memoria flash de 32Kb y una velocidad de clock de 16MHz.



Figura 3. 36. Módulo PLC ARDBOX

Fuente: Industrial Shields [30]

Las funciones que ejecuta en la máquina son:

- Recibir datos del usuario
- Interpretar y procesar los datos ingresados
- Enviar señales de control al variador de frecuencia para controlar la velocidad del motor para el giro del eje
- Enviar señales al motor a pasos para controlar la distancia de avance de la placa tope
- Controlar las entradas generadas por el final de carrera, el botón de encendido y el botón de emergencia, en el caso de la activación de cualquiera de ellos ejecutar acciones correspondientes.

3.3.2 MÓDULO DE CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR DEL EJE

La velocidad de giro del motor del eje dependerá de la función que cumpla si es solo deshoje o remoción de espigas. Este módulo se encuentra conformado por un motor trifásico de 1/2 Hp con 1700rpm, un variador de frecuencia de entrada monofásica y salida trifásica el mismo que tiene como entrada las señales del PLC y es este el que recibe, interpreta y procesa los requerimientos dados por el usuario en la HMI. En la Tabla 49, se observan las características principales del variador de frecuencia [31].

Tabla 49: Características variador de frecuencia

Figura	Nombre	Función	Características
	Variador de frecuencia W300	Controlar la velocidad del giro del eje	CFW300A02P6S1NB20
			Voltaje entrada: 110V 1f
			Voltaje salida: 220V 3f
			Frecuencia entrada: 50-60Hz
			Frecuencia salida: 0-400Hz
			Potencia: 0,5 Hp
			Corriente entrada: 1-11,5A
			Corriente de salida 2,6A

Se utiliza este tipo de variador de frecuencia ya que solo se cuenta con un voltaje de 110V monofásico, mientras que el motor requiere una entrada trifásica de 220V y esta transformación se realiza internamente [31]. En la Tabla 50, se detallan las características del motor a utilizar.

Tabla 50: Características motor

Figura	Nombre	Función	Características
	Motor Trifásico	Rotación del eje	Potencia: 0,5 HP
			Voltaje entrada: 220V/380V
			Corriente: 2,07/1,20
			RPM: 1700
			Frecuencia: 60 Hz
			Factor de Servicio: 1,15

3.3.3 MÓDULO DE CONTROL DE PLACA TOPE

El avance y ubicación de este módulo depende de la longitud de limpieza de los tallos que se requiere en cada bunch de rosas, por lo que se necesita el ingreso de datos del usuario en la HMI para interpretar, procesar y dar la señal correspondiente de salida al módulo de control del motor. Este módulo se encuentra conformado por un motor a pasos, un husillo de potencia unido a la placa a desplazar y el driver de control A4988 el mismo que recibe las señales del PLC. En la Tabla 51 se detalla las características de driver de control [32].

Tabla 51: Características módulo A4988

Figura	Nombre	Función	Características
	Controlador A4988	Manejo de motor a pasos hasta 2 A	Voltaje operación de 3 a 5.5V
			Diferentes resoluciones:
			Paso completo
			1/2 paso
			1/4 paso
			1/8 paso
			1/16 paso
			Protecciones para sobre temperatura, bajo voltaje, etc.

Ahora las características del motor corresponden a la Tabla 52, recordando que el torque mínimo del motor debe ser de 0,2401Nm.

Tabla 52: Características motor a pasos

Figura	Nombre	Función	Características
	Motor a Pasos NEMA 17	Desplazamiento de la placa de control de longitud	Número de pasos: 200
			Giro por paso: 1.8
			Número de fase: 2
			Torque nominal: 0,3 Nm
			Voltaje nominal: 12 V
			Corriente: 0,4 A
			Resistencia por fase: 300

El driver A4988 tiene una alimentación de entrada entre 3 a 5,5 V y la tensión de alimentación del motor entre 8 y 35 V. En el caso del número de pasos que ejecutará el motor, este viene dado por el número de escalones correspondientes que ingresen al módulo por el pin de STEP, mientras que el sentido de giro viene gobernado por el voltaje que se encuentre aplicado en el pin DIR [33]. Mientras que la resolución del tamaño de paso se selecciona por medio de los pines MS1, MS2 y MS3; recordando que para el funcionamiento ideal de los módulos de micropasos, el límite de corriente debe ser lo suficientemente bajo [33].

Para determinar el desplazamiento de la placa se requiere conocer el número de pasos del motor Tabla 52 y especificaciones del husillo de potencia Tabla 44, se utiliza (40) para determinar el valor [34].

$$d_{pm} = \frac{n_p}{n_e * p} \quad (40)$$

Donde:

d_{pm} .- Número de pasos para avanzar 1mm, en *pasos/mm*,

n_p .- Número de pasos del motor,

n_e .- Número de entradas del husillo,

p .- Pasos del husillo de potencia, en *mm*.

En la Tabla 52 se observa que el número de pasos del motor es 200, en la Tabla 38 consta el número de entradas del husillo en este caso 4 y el paso del husillo de potencia 2mm. Con estos valores se determina (40).

$$d_{pm} = \frac{200 \text{ pasos}}{4 * 2 \text{ mm}}$$

$$d_{pm} = 25 \text{ pasos/mm}$$

En consecuencia con 25 pasos del motor la placa de control de longitud avanza un 1mm.

3.3.4 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

Dentro de este módulo se considera elementos como:

- Generadores como la fuente de alimentación,
- Conductores
- De control y mando como son los interruptores, conmutadores y pulsadores [35].

3.3.4.1 BOTONES

La máquina consta de dos botones uno para el encendido y otro como “paro de emergencia” en la Figura 3.37, se observa su ubicación.

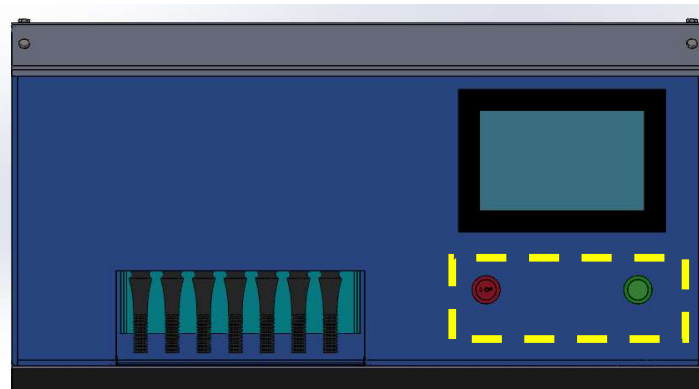


Figura 3. 37. Ubicación botones en la máquina

3.3.4.2 FIN DE CARRERA

La máquina tiene un fin de carrera en el módulo de control de longitud, su finalidad es ser el punto de referencia para el posicionamiento adecuado en las longitudes óptimas de la placa tope como se observa en la Figura 3.38.

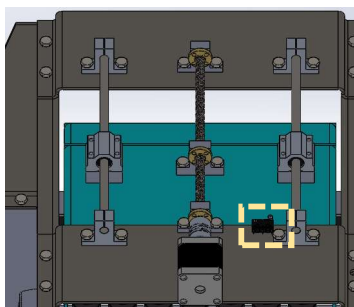


Figura 3. 38. Módulo de control de longitud

3.3.4.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

En la Tabla 53, se detalla el consumo de cada uno de los componentes que intervienen en el circuito eléctrico para determinar las características de la fuente.

Tabla 53: Componente del esquema electrónico

Componente	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)
PLC Ardbox	1	24	0,5
Botones	2	5	0,1
Fin de Carrera	1	5	0,1
Módulo A4988	1	5	0,3
Motor a Pasos	1	24	0,5

A los valores anteriormente mencionados se les añade un factor de seguridad de 2 al valor de la corriente para precautelar los elementos. En la Tabla 54, se observa el resumen.

Tabla 54: Características de las fuentes

Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de Seguridad	Potencia (W)
5	0,6	1,2	6
24	1	2	48

Por motivos de diseño y para obtener un funcionamiento modular se procede a implementar dos fuentes de alimentación es decir una de 5V y otra de 24V.

En el caso de la fuente de 5V se utiliza un MDR-20-5 Figura 3.39, que tiene una capacidad de 3A con una potencia de 15W; este tipo de fuente se selecciona por las protecciones que tiene para cortocircuito, sobrecarga y sobretensión como se observa en la Ficha Técnica Anexo A.6. De igual forma por su bajo consumo energético.



Figura 3. 39. Módulo de alimentación de energía a 5V MDR-20-5

Para la fuente de 24V se utiliza un EDR-120-24 Figura 3.40, con una capacidad de 5A, de igual manera posee protecciones para cortocircuito, sobrecarga, sobretensión y sobre temperatura como se observa en su Ficha Técnica A.7.



Figura 3. 40. Módulo de alimentación de energía a 24V EDR-120-24

Además de las seguridades de las fuentes se añade un fusible de seguridad externo a ellas. Para dimensionar el mismo se utiliza (41).

$$V_{en} * I_{en} * f_p = W_{sal} \quad (41)$$

Donde:

V_{en} .- Voltaje RMS de entrada a la fuente, en V,

I_{en} .- Corriente RMS de entrada a la fuente, en A,

f_p .- Factor de potencia,

W_{sal} .- Potencia de salida de la fuente, en W.

Se obtiene dos potencias de salida dependiendo de cada una de las fuentes. Se procede a determinar la corriente RMS para la fuente de 5V, por lo que W_{sal} es 6W, el V_{en} es 110V y f_p es 1.

$$I_{en} = \frac{W_{sal}}{f_p * V_{en}}$$

$$I_{en} = \frac{6W}{1 * 110V}$$

$$I_{en} = 0.055 \text{ A}$$

Conocido el valor de la corriente RMS se debe determinar la corriente pico con (42).

$$I_{pico} = I_{en} * \sqrt{2} \quad (42)$$

Donde:

I_{pico} .- Corriente pico de entrada a la fuente, en A,

I_{en} .- Corriente RMS de entrada a la fuente, en A.

$$I_{pico} = 0.055 * \sqrt{2}$$

$$I_{pico} = 0.078A$$

Se realiza los mismos cálculos para la fuente de 24V, en este caso se tiene que W_{sal} es 48W, el V_{en} es 110V y f_p es 1; se reemplaza estos valores en (41).

$$V_{en} * I_{en} * f_p = W_{sal}$$

$$I_{en} = \frac{W_{sal}}{f_p * V_{en}}$$

$$I_{en} = \frac{48W}{1 * 110V}$$

$$I_{en} = 0.436 \text{ A}$$

Y este valor se reemplaza en (42).

$$I_{pico} = I_{en} * \sqrt{2}$$

$$I_{pico} = 0.436 * \sqrt{2}$$

$$I_{pico} = 0.617A$$

Se procede a estandarizar los valores de estos dos fusibles tomando en cuenta que el voltaje de los mismos es el doble que el de la entrada en este caso 220V. Por tanto, se utiliza dos fusibles de 1A a 220V.

3.3.4.4 CONEXIONES

Para las conexiones se va a utilizar la norma AWG, en la Figura 3.41 se observan las diferentes opciones disponibles en el mercado. En el caso de la fuente de 5V se utiliza el cable calibre 20 AWG y para la fuente de 24V el cable calibre 19 AWG, este parámetro se determina por medio de la corriente que consume [36].

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ω/Km.)	Capacidad (A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	78
4	5,189	21,15		188	0,80	60
5	4,621	16,77		149	1,01	48
6	4,115	13,30		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6

Figura 3. 41. Valores normalizados cables A.W.G

Fuente: Cables normalizados [36]

3.4 DISEÑO DE LA INTERFAZ

En esta etapa se permitirá al usuario el poder manipular y controlar el software y el hardware por medio de las interfaces [37]. La interfaz del usuario puede ser gráfica, texto o audiovisual dependiendo de las necesidades y del hardware y software que se tengan disponibles. Los parámetros que se debe cumplir son los siguientes [38]:

- Fácil de usar
- De respuesta rápida
- Atractiva a la vista

La interfaz del usuario se divide en dos grupos, las de líneas de comando y las gráficas [39]. Se va a utilizar la interfaz gráfica debido a la facilidad que presenta para las personas que van a utilizar la máquina.

Para la representación de las interfaces a implementar se utiliza los ADV que son Diagramas de Vista de Datos Abstractos, con ello se especifica la organización y comportamiento de la interfaz.

En la Figura 3.42, se tiene el ADV inicial en el cual se debe seleccionar el tipo de rosas con el que se va a trabajar. Este parámetro de igual manera varía la velocidad de giro del motor dado que en algunos tipos de rosas se requiere más o menos fuerza para conseguir el deshoje y/o remoción de espinas.

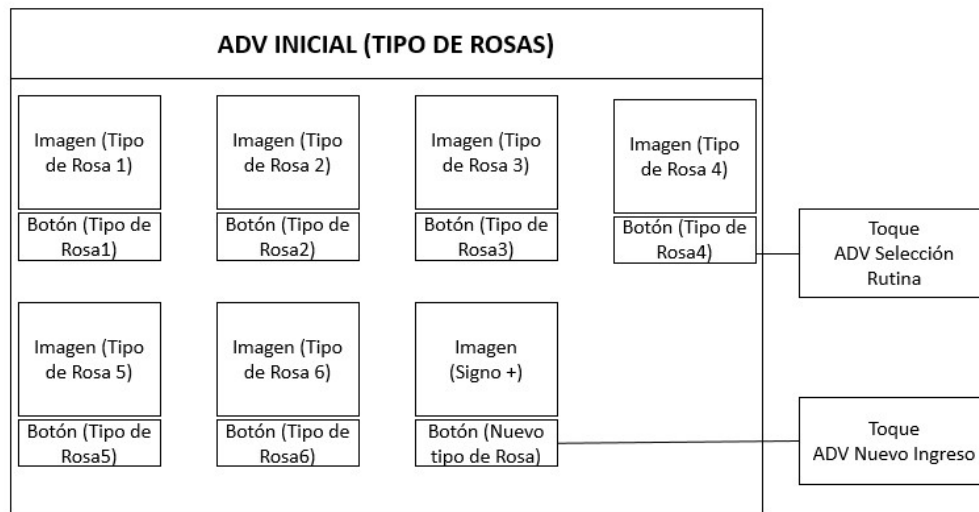


Figura 3. 42. ADV Inicial

Luego de la pantalla inicial viene la selección de rutina es decir deshoje y/o remoción de espinas, esta interfaz se encuentra representada en el ADV de la Figura 3.43.

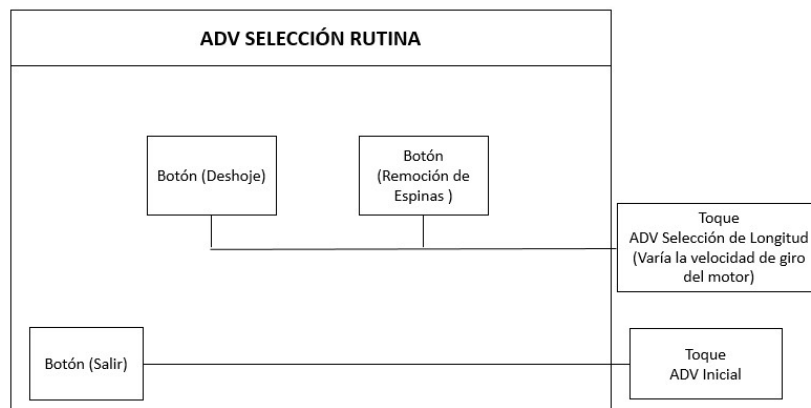


Figura 3. 43. ADV Selección rutina

En la Figura 3.44, se observa el ADV de selección de longitud de limpieza de tallo donde se puede elegir 15, 20, 25 o 30 cm sea de deshoje y/o remoción de espinas.

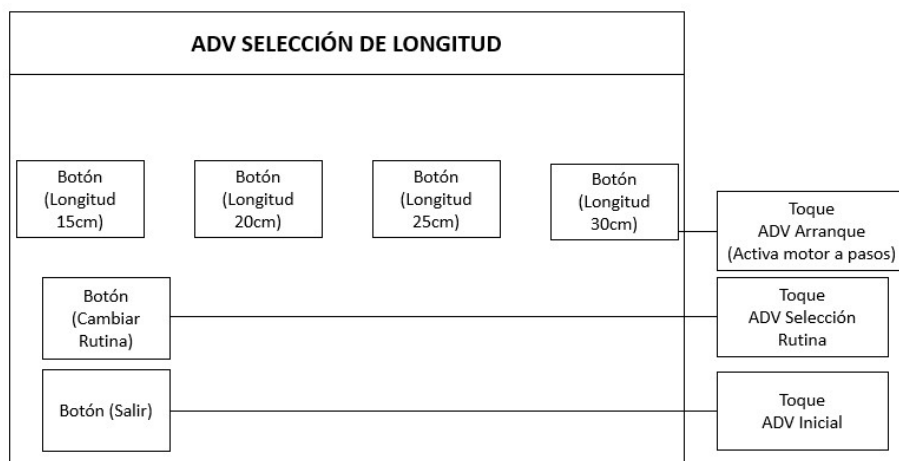


Figura 3. 44. ADV Selección de Longitud

El último ADV se observa en la Figura 3.45, en el que se encuentra el botón de inicio que da arranque al proceso.

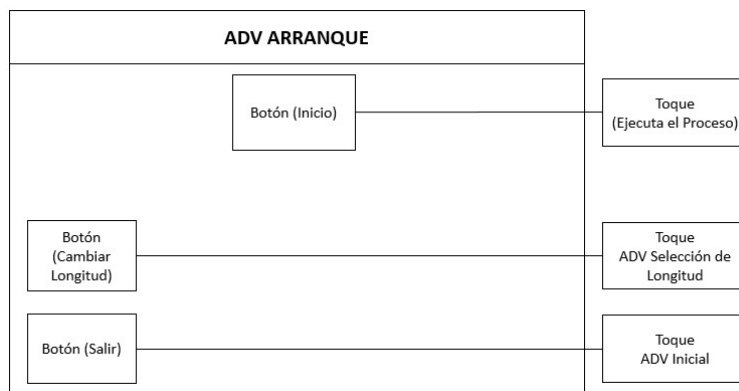


Figura 3. 45. ADV Arranque

Luego que se inicia el proceso el motor se enciende por un tiempo predeterminado, hasta que se haya finalizado ya sea el proceso de deshoje y/o remoción de espinas y se apaga, de existir un cambio en la longitud de limpieza la placa se mueve de lo contrario permanece en la posición establecida inicialmente.

Al ingresar un nuevo tipo de rosa se utiliza el ADV de nuevo ingreso como se observa en la Figura 3.46. En el mismo se requiere el ingreso de nuevos parámetros para el óptimo funcionamiento de la máquina con otros tipos de rosas.

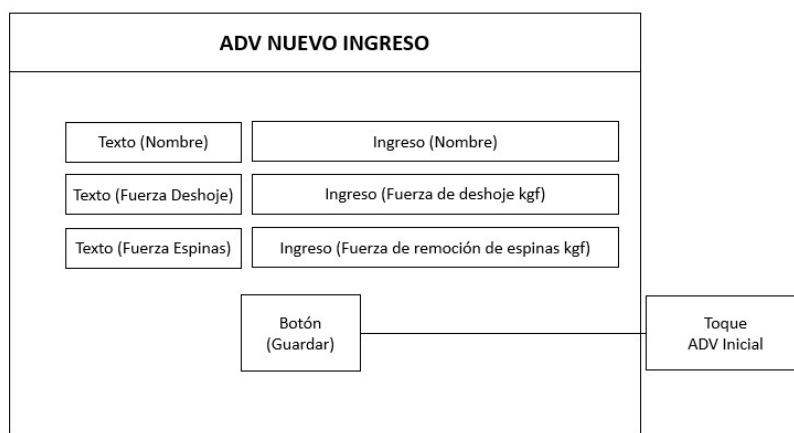


Figura 3. 46. ADV Nuevo ingreso

Cuando la máquina se enciende la placa de control de longitud avanza hasta llegar al final de carrera y de esta forma se consigue calibrar la longitud.

3.5 ALGORITMO DE PROGRAMACIÓN

La máquina es programada con un algoritmo general y además intervienen varios algoritmos secundarios, que se detallan a continuación.

3.5.1 ALGORITMO GENERAL

Cuando la máquina se enciende lo primero que realiza es la ubicación de la placa tope en la posición cero, para luego poderla desplazar a la longitud deseada. Una vez culminado este paso es necesario que el usuario ingrese algunos datos del tipo de rosa con el que va a trabajar, el proceso que va a realizar, la longitud que espera limpiar y por último ejecutar la rutina como se observa en la Figura 3.47.

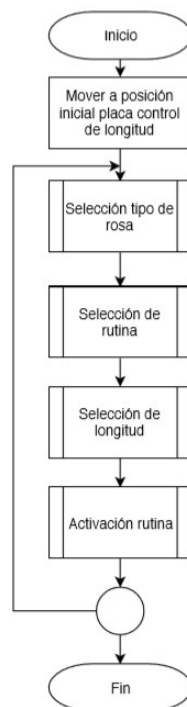


Figura 3. 47. Algoritmo general

3.5.2 ALGORITMO SELECCIÓN TIPO DE ROSA

Es fundamental ingresar el tipo de rosa que se va a procesar, dado que se requiere una fuerza diferente para deshoje y/o remoción de espinas; como se observa en la Tabla 55.

Tabla 55: Ejemplos fuerzas correspondientes a cada tipo de rosa

Nombre	Fuerza Promedio	
	Deshoje (N)	F espinas (N)
Voodoo	2,36	7,28
Lemone	3,49	5,47
Carrusel	2,38	--
Kiko	4,21	3,43
Blush	2,97	5,93
Deep Purple	3,03	1,44
Topaz	4,11	8,74

En la Figura 3.48 se observa el proceso de búsqueda de datos es decir de velocidades de trabajo, para que al girar los dedos de goma entreguen la fuerza necesaria en cada caso.

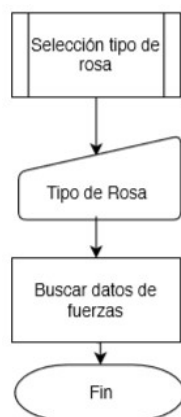


Figura 3. 48. Algoritmo elección tipo de rosas

3.5.3 ALGORITMO DE SELECCIÓN DE RUTINA

Es necesario conocer el tipo de proceso a realizar en el bunch es decir solo deshoje y/o remoción de espinas, de esta selección dependerá la velocidad de giro del motor. En la Figura 3.49 se detalla su funcionamiento.



Figura 3. 49. Algoritmo selección de rutina

3.5.4 ALGORITMO DE SELECCIÓN DE LONGITUD

Otro de los parámetros a ingresar es la longitud del tallo a ser limpiada desde la base del bunch, estas varían entre 15, 20, 25 y 30cm. Al determinar la longitud adecuada la placa avanza o retrocede según corresponda como se observa en la Figura 3.50.

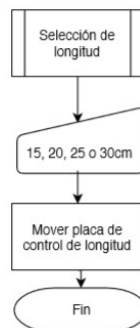


Figura 3. 50. Algoritmo selección de longitud

3.5.5 ALGORITMO DE ACTIVACIÓN RUTINA

Finalmente, el usuario debe confirmar el inicio de la rutina en este caso el eje comienza a girar por un tiempo determinado y luego se apaga. De no existir ninguna modificación a la rutina establecida se puede iniciar la misma por varias ocasiones, de existir un cambio se puede ir modificando la longitud o la rutina seleccionada. Al cambiar de tipo de rosa se debe configurar todo nuevamente porque se modifica los valores de fuerza requerido Figura 3.51.

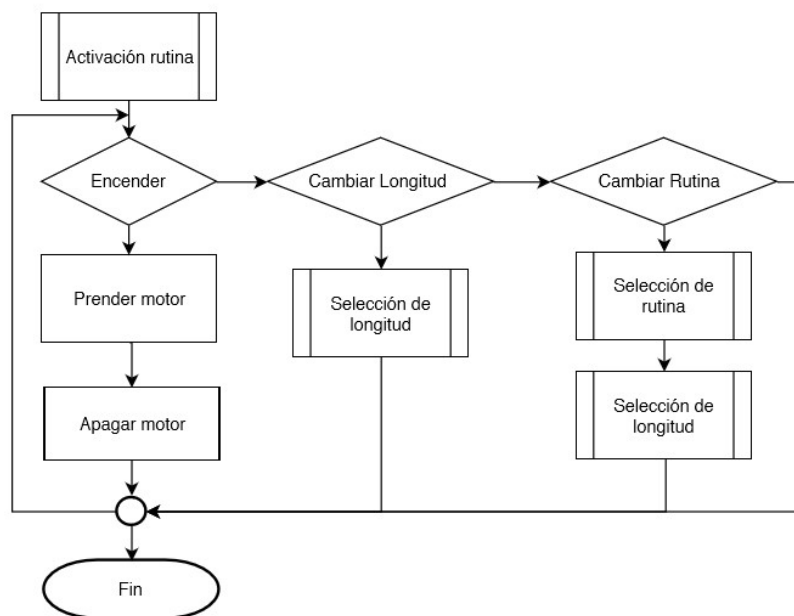


Figura 3. 51. Algoritmo activación rutina

CAPÍTULO IV

4.1 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN

4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El funcionamiento de la máquina se realiza de la siguiente manera: el operario selecciona en la HMI el tipo de rosas del lote a procesar; dependiendo del destino de exportación se selecciona la rutina a ejecutar, si es deshoje y/o remoción de espinas en la HMI. Luego de esto se determina la longitud del tallo que se desea trabajar y finalmente se toma el bunch de rosas para dar inicio al proceso. La placa tope para controlar la longitud de los tallos se mueve a la medida deseada y se enciende el motor que hace girar el eje que contiene los dedos de goma, los desechos generados por esta actividad se recolectan en el chimbuzo situado en la parte posterior de la máquina. De ser necesario un cambio en la longitud de procesamiento se apaga el motor del eje; se posiciona nuevamente la placa tope y se enciende el motor. Cuando se requiera un cambio de rutina es decir entre deshoje y/o remoción de espinas de igual manera se apaga el motor del eje y luego se enciende con la velocidad requerida en función de la fuerza necesaria. Al terminar de procesar un lote de rosas nuevamente se ingresa el tipo de rosas a trabajar y todos los parámetros anteriormente mencionados; para procesar un tipo de rosas que no se encuentre en el sistema se puede ingresar de forma manual en la HMI los datos de las mismas como son: el tipo, la fuerza necesaria para deshoje y la fuerza necesaria para remoción de espinas.

4.1.2 DATOS DEL SISTEMA

En el sistema interviene dos tipos de variables; la primera es la fuerza que se requiere entreguen los dedos de goma al contacto con el bunch, el valor de esta fuerza se lo obtuvo en el levantamiento de datos como se observa en la Tabla 31 donde dependerá del tipo de rosa y de la rutina entre deshoje y/o remoción de espinas. Para obtener la fuerza necesaria se modifica la velocidad de giro del motor del eje por medio de un variador de frecuencia. La segunda variable es la longitud del tallo a ser procesada la misma va en un rango de 15-30cm; este valor depende del destino al que se exportarán las rosas. Para conseguir que se cumpla este parámetro interviene la placa tope, la cual impide que el bunch ingrese más de la longitud requerida.

4.1.3 APLICACIONES Y BENEFICIOS

Esta máquina se puede usar dentro de las florícolas que se encuentren dedicadas a la exportación de su producto, en vista de que facilitará el cumplimiento de los estándares requeridos. También puede ser utilizada con nuevos tipos de rosas porque permite el ingreso de otros datos al sistema. Así como la longitud de limpieza de los tallos de rosas porque en el diseño se consideró la longitud más larga y más corta de los bunches. Por lo que se puede considerar a este diseño versátil capaz de acoplarse a las diversas necesidades de las florícolas del país. Los beneficios que presenta el uso de esta máquina son: el procesamiento de las rosas de forma grupal y no individual, la reducción del tiempo de procesamiento del bunch de rosas en un 66% en la etapa de limpieza de tallos, no maltrata el tallo de las rosas, reducción de una etapa en el procesamiento de bunches, adecuado almacenamiento de desechos resultantes del proceso y reducción de riesgos laborales para los trabajadores.

4.2 PRUEBAS Y RESULTADOS

Con el prototipo que se construyó de la máquina se realizó pruebas Figura 4.1, donde se utilizó 4 tipos de rosas.



Figura 4. 1. Prototipo

Se determinó el número promedio de hojas y espinas presentes en los tallos de los bunches a procesar. Así como también el proceso de limpieza para cada tipo de rosa como se observa en la Figura 4.2; en el de 2 lados es necesario procesar el bunch por la parte superior luego girarlo 180° y procesar la parte inferior; en el de 4 lados se debe procesar todos los lados del bunch.

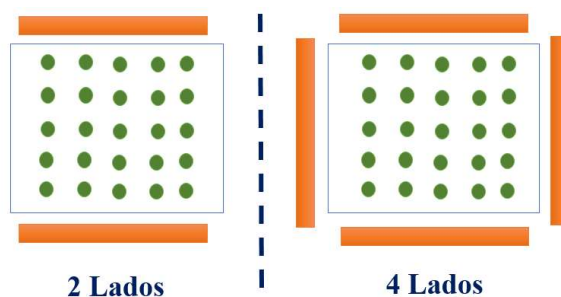


Figura 4. 2. Métodos de Procesamiento

En las siguientes Tablas 56-59 se observan los datos obtenidos, considerando que los mismos fueron tomados para una longitud de limpieza de 15 cm, siendo esta una longitud estándar para la mayoría de bunches.

Tabla 56: Datos rosas Topaz

Nombre	Datos	
Topaz	Promedio de Hojas por Bunch	80
	Promedio de Espinas por Bunch	125
	Proceso	4 Lados

Tabla 57: Datos rosas Carrusel

Nombre	Datos	
Carrusel	Promedio de Hojas por Bunch	63
	Promedio de Espinas por Bunch	0
	Proceso	4 Lados

Tabla 58: Datos rosas Ambia

Nombre	Datos	
Ambia	Promedio de Hojas por Bunch	75
	Promedio de Espinas por Bunch	288
	Proceso	2 Lados

Tabla 59: Datos rosas Suisna

Nombre	Datos	
Suisna	Promedio de Hojas por Bunch	75
	Promedio de Espinas por Bunch	200
	Proceso	4 Lados

Después de procesar 2 bunches de cada tipo de rosas los resultados obtenidos se observan en las Tablas 60-63. Los bunches se encuentran conformados por 25 rosas cada uno Figura 4.3.



Figura 4. 3. Bunches de rosas

Tabla 60: Resultados rosas Topaz

Topaz	Espinas	% Error	Hojas	% Error	Tiempo (seg)
Bunch 1	8	6,4%	2	2,5%	22
Bunch 2	9	7,2%	1	1,3%	23
Promedio	8,5	6,8%	1,5	1,9%	22,5

En la Tabla 60 se observa el porcentaje de errores obtenidos con el tipo de rosa Topaz, vale recalcar que este tipo de rosa cuenta con espinas muy resistentes como se observa en la Tabla 31. En estos casos donde las rosas poseen gran cantidad de espinas Figura 4.4 la remoción completa de las espinas podría dañar el tallo por lo que es suficiente con una remoción parcial y con el despunte de las espinas restantes Figura 4.5.



Figura 4. 4. Tallos rosas Topaz



Figura 4. 5. Resultado rosas Topaz

Tabla 61: Datos rosas Carrusel

Carrusel	Espinas	% Error	Hojas	% Error	Tiempo (seg)
Bunch 1	-	-	0	0,0%	18
Bunch 2	-	-	4	6,4%	21
Promedio	-	-	2	3,2%	19,5

Las rosas Carrusel Tabla 61, no poseen espinas Figura 4.6 por lo que este proceso corresponde solo a deshoje Figura 4.7.



Figura 4. 6. Tallos rosas Carrusel



Figura 4. 7. Resultado rosas Carrusel

Tabla 62: Datos rosas Ambia

Ambia	Espinas	% Error	Hojas	% Error	Tiempo (seg)
Bunch 1	2	0,7%	1	1,3%	19
Bunch 2	1	0,3%	2	2,7%	15
Promedio	1,5	0,5%	1,5	2,0%	17

A pesar de que las rosas Ambia poseen espinas no muy resistentes Figura 4.8 son muy numerosas, por lo que se utilizó únicamente el proceso de 2 lados, en la Tabla 62 se detalla los resultados obtenidos Figura 4.9.

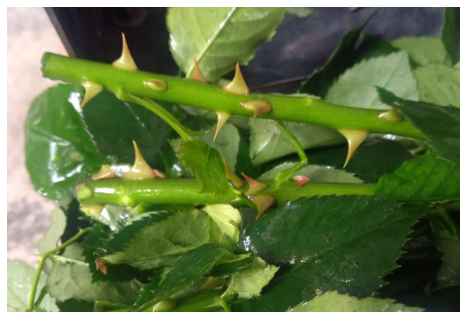


Figura 4. 8. Tallos rosas Ambia



Figura 4. 9. Resultado rosas Ambia

Tabla 63: Datos rosas Suisna

Suisna	Espinas	% Error	Hojas	% Error	Tiempo (seg)
Bunch 1	6	3,0%	2	2,7%	19
Bunch 2	5	2,5%	4	5,3%	21
Promedio	5,5	2,8%	3	4,0%	20

En la Tabla 63 se observa los resultados correspondientes a las rosas Suisna
Figura 4.11.



Figura 4. 10. Tallos rosas Suisna



Figura 4. 11. Resultado rosas Suisna

El resumen de los valores obtenidos se observa en la Tabla 64, donde se considera el porcentaje promedio de errores en la remoción de espinas, el porcentaje promedio de errores presentes en el deshoje y el tiempo promedio de procesamiento.

Tabla 64: Promedios de Pruebas

	Errores Espinass	Errores Deshojess	Tiempo (seg)
Promedio	3,36%	2,77%	19,75

4.3 CONCLUSIONES

Se realizó un prototipo inicial donde constaba únicamente el módulo de procesamiento del que se puede concluir lo siguiente:

- El diámetro de los tallos de los distintos tipos de rosas no tiene significancia para el diseño.
- El número adecuado de dedos por fila es 7, para abarcar el largo del bunch de rosas que utiliza esta empresa.
- Al momento de ingresar el bunch de rosas se debe realizar movimientos únicamente en el eje Z, porque al realizar movimientos en el eje X los tallos se maltratan con los dedos de goma. Por lo que para el diseño final se considera una bandeja que sirva como guía para este movimiento.
- El módulo de almacenamiento de los desechos es de vital importancia, de no ser implementado el lugar de trabajo se llena rápidamente de desechos (hojas y/o espinas).
- El tiempo de procesamiento por bunch fue de aproximadamente 20 segundos en comparación con el tiempo inicial de 1 minuto, cumpliendo con la reducción de tiempo esperada en un 66,6%. Es muy importante la experticia del operario ya que de ello depende que el tiempo de procesamiento disminuya en un 10% adicional.
- Si el tipo de rosas presenta gran cantidad de espinas, con el objetivo de preservar el tallo es suficiente con la remoción de algunas de ellas y el despunte de las restantes.
- El prototipo cumple con los objetivos establecidos de eficiencia en un 95% en el deshoje y un 85% en la remoción de espinas.

- Máquina completamente versátil capaz de adaptarse a las diversas necesidades del mercado exportador.

4.4 OBSERVACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

- En el caso de utilizar la máquina con otro tipo de rosa es necesario realizar el levantamiento de información de la fuerza para el deshoje y/o remoción de espinas.
- Los ADV de programación deben ser muy amigables para los usuarios de este tipo de maquinaria.
- En la HMI se debe añadir el tipo de procesamiento para cada tipo de rosa es decir 2 lados o 4 lados para que el operario realice los pasos correctos.
- Es necesario la implementación de recomendaciones de seguridad para los usuarios de este equipo.
- Es recomendable cubrir todas las partes móviles de la máquina a efecto de minimizar los riesgos laborales.
- En el caso de disponer de energía eléctrica trifásica se debe cambiar de variador de frecuencia por uno acorde a estas condiciones.
- El motor con el que se realizó las pruebas es de 1/3Hp y no posee regulación de la velocidad de giro. Por lo que al implementar el variador de frecuencia y el motor de 1/2Hp se esperaría que disminuya el porcentaje de errores en el deshoje como en la remoción de espinas.

REFERENCIAS

- [1] Flores en el Ecuador: Pasado y Futuro. IDE Business School, Universidad de los Hemisferios, Ecuador, 2005.
- [2] Maquinaria BERCOMEX, Cota, Colombia. [En Línea], Disponible en: <http://ipack.com.co/bercomex-procesamiento-de-flores/>
- [3] F. B.V., "Olimex floraflex unidad deshoje para las flores, Duijndam Machines", *Duijndam-machines.com*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.duijndam-machines.com/es/maquinas/1233/olimax-floraflex-unidad-deshoje-para-las-flores/#>.
- [4] "Whiz Strip - Easily strip leaves and thorns from roses and other straight stemmed flowers quickly and efficiently", *Whizstrip.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: http://www.whizstrip.com/whiz_strip_pricingordering.
- [5] "Rose Thorn Exclusion Machine | Sujeong Hitech", *Sujng.gobizkorea.com*, 2018. [En Línea]. Disponible: http://sujng.gobizkorea.com/catalog/product_view.jsp?blogId=sujng&pageNo=1&pageVol=12&listStyle=A&objId=1008475.
- [6] F. B.V., "Becomex máquina duoflor deshoje, Duijndam Machines", *Duijndam-machines.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.duijndam-machines.com/es/maquinas/179/becomex-m%C3%A1quina-duoflor-deshoje/#>.
- [7] "Horizontal Single Row Deleafing Machine Defoliating Machine Flower Stem Cleaner - Buy Defoliating Machine, Deleafing Machine, Flower Stem Cleaner Product on Alibaba.com", *www.alibaba.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/Horizontal-single-row-deleafing-machine-defoliating_60643005114.html.
- [8] "Stem cleaning machine, Carts and equipment, products for nurseries on sale", *Orlandelli.it*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.orlandelli.it/fr-en/stem-cleaning-machine.aspx#!/>.
- [9] "Máquina alemana para cortar y limpiar flores - mejor precio | unprecio.es", *Unprecio.es*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <http://www.unprecio.es/precio/maquina-alemana-para-cortar-y/>.
- [10] "Vertical Double Rows Defoliating Machine Deleafing Machine Rose Stem Cleaner - Buy Defoliating Machine, Deleafing Machine, Rose

- Stem Cleaner Product on Alibaba.com", *www.alibaba.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/Vertical-double-rows-defoliating-machine-deleafing_60642794760.html.
- [11] P. Floristenbedarf, "Entblättermaschine Rosenentdörner TER-RSM J1", *Peijs Verpackungen GmbH*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.peijs.de/ausstattungen/werkzeuge-und-maschinen/entblaettermasch.-und-zubehoer/51207/entblaettermaschine-rosenentdoer-ter-rsm-j1>.
- [12] "PA/a/2002/006416 Correas de transmisión que comprenden una cuerda con por lo menos dos hilos fundidos", *Patentscope.wipo.int*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=MX100673&redirectedID=true>.
- [13] "2212540 sistema asociado a un dispositivo de transmisión por correa.", *Patentscope.wipo.int*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=ES5683544&recNum=1&maxRec=2&office=&prevFilter=&sortOption=Fecha+de+publicaci%C3%B3n%2C+orden+descendente&queryString=FP%3A%28SISTEMA+ASOCIADO+A+UN+DISPOSITIVO+DE+TRANSMISION+POR+CORREA%29&tab=NationalBiblio>.
- [14] "Espacenet - Bibliographic data", *Worldwide.espacenet.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=2&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20140507&CC=CN&NR=203575604U&KC=U#.
- [15] "Espacenet - Bibliographic data", *Worldwide.espacenet.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CN&NR=107411132A&KC=A&FT=D&ND=3&date=20171201&DB=&locale=en_EP#.
- [16] C. Riba, *Diseño concurrente*, ETSEIB-UPC, 2002.
- [17] <http://agro-technology.com/productos/bercomex-optiflor-unoflor-y-duoflor/>

- [18] "Sensores de detección directa", *Pepperl+Fuchs*, 2018. [En Línea]. Disponible en: https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_186.htm?view=productdetails&prodid=39276.
- [19] "PLC Arduino ARDBOX 20 I/Os Analog HF Modbus – Controlador PLC Industrial basado en Arduino, de Industrial Shields", *Industrialshields.com*, 2017. [En Línea]. Disponible en: <https://www.industrialshields.com/es/product/plc-arduino-ardbox-20-ios-analog-hf-modbus/>.
- [20] "Siemens CPU 1212C - 6ES7212-1AE40-0XB0", *Automation24.es*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.automation24.es/siemens-cpu-1212c-6es7212-1ae40-0xb0>.
- [21] A. S.L., "Archivador EDWIN 3 CAJONES, gran capacidad de almacenaje, en chapa de acero, color beige - Archivador EDWIN 3 CAJONES, 103x46x62cm, Muy robusto, en Metal, Color Beige", *Ofisillas.es*, 2015. [En Línea]. Disponible en: <https://www.ofisillas.es/archivador-edwin-3-cajones-103x46x62cm-muy-robusto-en-metal-color-beige.html>.
- [22] 7. Enclosure, "7.0" Enhanced Nextion HMI Capacitive Resistive Touch Display", *Itead.cc*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.itead.cc/nextion-nx8048k070-011r-011c.html>.
- [23] "Kinco", *En.kinco.cn*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <http://en.kinco.cn/productByld?kind=1&id=91>.
- [24] Optibelt, Correas trapeciales Correas múltiples, Colombia.
- [25] J. K. N. Richard G. Budynas, "Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley", México D. F.: McGraw-Hill Interamericana, Octava, Ed. 2008.
- [26] "Cojinetes de fricción, arandelas axiales y láminas", *Skf.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/plain-bearings/bushings-thrust-washers-strips/index.html>.
- [27] Castaño, "Cojinetes de fricción", *Es.slideshare.net*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/miguelespitiacastano/cojinetes-de-friccion>.

- [28] R. L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, México D. F.: University of Dayton, Pearson Educación, Cuarta, Ed. 2006
- [29] NBS. Inc, Catálogo de Sistema de Guiado Lineal, Barcelona, España, 2012
- [30] "PLC Arduino ARDBOX 20 I/Os Analog HF Modbus", *Boot & Work Corp. S.L.*, 2017. [En Línea]. Disponible en: https://www.industrialshields.com/es_ES/shop/product/plc-arduino-ardbox-20-i-os-analog-hf-modbus-17.
- [31] WEG, CFW300, Brazil. [En Línea]. Disponible en: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h1f/hce/WEG-CFW300-50077175-en.pdf>
- [32] "Driver para motor a pasos A4988 - Geek Factory", *Geek Factory*, 2019. [En Línea]. Disponible en: <https://www.geekfactory.mx/tienda/motores-y-controladores/driver-para-motor-a-pasos-a4988/>.
- [33] "Driver para Motor Paso A Paso 1A - A4988 Pololu Original - Electronilab", *Electronilab*, 2019. [En Línea]. Disponible en: <https://electronilab.co/tienda/driver-motor-paso-a-paso-1a-a4988-pololu/>.
- [34] "Desarrollo Electrónica DIYLILCNC - Casiopea", *Wiki.ead.pucv.cl*, 2019. [En Línea]. Disponible en: https://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Desarrollo_Electr%C3%B3nica_DIYLILCNC.
- [35] "Los Componentes de un Circuito Eléctrico - Comuval S.L.", *Descripción de los principales componentes de un circuito eléctrico.*, 2015. [En Línea]. Disponible en: <http://www.comuval.com/blog/componentes-circuito-electrico.html>.
- [36] "Valores normalizados cables A.W.G", *Electronicafacil.net*, 2016. [En Línea]. Disponible en: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/Valores-normalizados-cables-AWG.php>.
- [37] "¿Qué es una Interfaz de Usuario? - Ryte Wiki", *Es.ryte.com*, 2017. [En Línea]. Disponible en: https://es.ryte.com/wiki/Interfaz_de_Usuario.

- [38] "Diseño Software de interfaz de usuario", *www.tutorialspoint.com*, 2017. [En Línea]. Disponible en: https://www.tutorialspoint.com/es/software_engineering/software_user_interface_design.htm.
- [39] "Diseño de interfaz abstracta", *Fabymetodologia.blogspot.com*, 2017. [En Línea]. Disponible en: <http://fabymetodologia.blogspot.com/2009/06/disenio-de-interfaz-abstracta.html>.