



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE PLANTONES EN VIVEROS DE LA PARROQUIA
OCTAVIO CORDERO PALACIOS.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniera en Mecatrónica / Ingeniero
en Mecatrónica

AUTOR: WILLIAM JEFFERSON JUNCAL CHIQUI
KATHERINE DAYANNA SÁNCHEZ NOBOA

TUTOR: ING. ANGEL EUGENIO CARDENAS CADME M.SC.

Cuenca – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, William Jefferson Juncal Chiqui con documento de identificación N° 0150381226 y Katherine Dayanna Sánchez Noboa con documento de identificación N° 0107278822; manifestamos que:

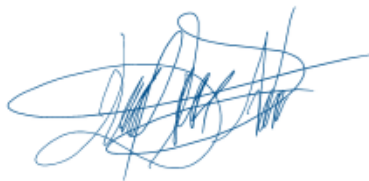
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



William Jefferson Juncal Chiqui
0150381226



Katherine Dayanna Sánchez Noboa
0107278822

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, William Jefferson Juncal Chiqui con documento de identificación N° 0150381226 y Katherine Dayanna Sánchez Noboa con documento de identificación N° 0107278822, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "Diseño de un sistema automatizado para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Mecatrónica / Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

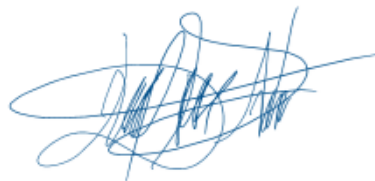
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



William Jefferson Juncal Chiqui
0150381226



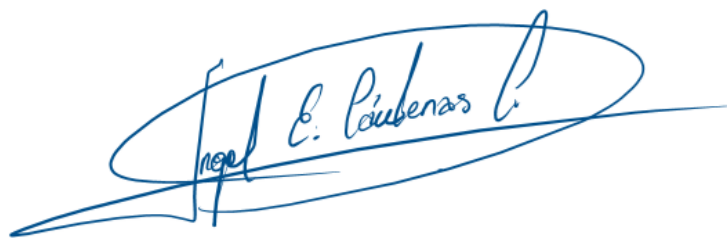
Katherine Dayanna Sánchez Noboa
0107278822

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Angel Eugenio Cárdenas Cadme con documento de identificación N° 0301631966, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PLANTONES EN VIVEROS DE LA PARROQUIA OCTAVIO CORDERO PALACIOS., realizado por William Jefferson Juncal Chiqui con documento de identificación N° 0150381226 y Katherine Dayanna Sánchez Noboa con documento de identificación N° 0107278822, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Angel Eugenio Cárdenas Cadme, M.Sc.
0301631966

Dedicatoria

William Juncal

Quiero dedicar esta tesis a mis padres, gracias por su amor incondicional, su paciencia y dedicación en mi educación. Gracias por ser mi inspiración y motivación en todo momento y por nunca dejar de creer en mí. Espero que este logro les llene de orgullo tanto como a mí. A mis hermanos, gracias por su amor, compañía y por ser mi apoyo incondicional en todo momento. Su presencia en mi vida ha sido invaluable y estoy agradecido por tenerlos en mi vida.

A mi amado Dios, gracias por ser mi guía y por bendecirme con las oportunidades y recursos necesarios para completar esta tesis. Su amor y misericordia han sido mi fortaleza y en ti he encontrado la paz y la inspiración para seguir adelante.

Gracias por estar siempre a mi lado, por su amor y apoyo incondicional. Este logro no habría sido posible sin su presencia en mi vida.

Dayanna Sánchez

Quiero dedicar este logro a las dos personas más importantes en mi vida, mi esposo y mi hija. Gracias por ser mi apoyo incondicional, por motivarme a seguir adelante y por creer en mí en todo momento. Sin ustedes, este camino habría sido mucho más difícil de recorrer. Los amo con todo mi corazón y les agradezco por ser mi mayor inspiración.

De igual forma a mi familia. A mis padres, por ser mis guías y mi apoyo en todo momento. A mis hermanos, por ser mis cómplices y amigos en esta aventura de la vida. Y a mis abuelitos Lucia Ortega y Alfonso Noboa, por ser mi fuente de sabiduría y por enseñarme el valor de la perseverancia y el trabajo duro. Gracias por su amor incondicional, por su confianza y por ser mi motor en este camino. Les dedico este logro con todo mi cariño y gratitud.

Agradecimientos

William Juncal

A lo largo de este camino, muchas personas han contribuido de diversas maneras para que esta tesis sea posible. En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor Ing. Eugenio Cárdenas, por su guía, orientación, y por compartir sus conocimientos y experiencia conmigo. Gracias por su dedicación y paciencia en cada etapa de este proceso, por motivarme a dar siempre lo mejor y por ayudarme a superar los obstáculos que se presentaron.

Agradezco también a mis profesores y maestros, quienes me han enseñado y compartido sus conocimientos en cada una de las materias que he cursado. Gracias por inspirarme y motivarme a crecer académicamente y a desarrollar habilidades y competencias en mi campo de estudio.

Quiero expresar mi gratitud a mis amigos y compañeros de estudio, quienes me han acompañado en este proceso y han sido una fuente constante de apoyo y motivación. Gracias por sus palabras de aliento, por las largas horas de estudio juntos, y por su amistad incondicional.

Quiero agradecer a mis padres, Nelson Juncal y Esthela Chiqui, por su amor incondicional, su apoyo y su paciencia en todo momento. Gracias por enseñarme el valor del trabajo duro, por motivarme a perseguir mis sueños y por creer en mí. Su amor y dedicación han sido una fuente constante de fortaleza en mi vida.

También quiero expresar mi gratitud a mis hermanos, Jhon y Maribel por su apoyo incondicional, por estar ahí en los momentos difíciles y por compartir conmigo los momentos de felicidad. Gracias por ser mi fuente de inspiración y por motivarme a dar siempre lo mejor de mí.

Finalmente, quiero agradecer a Dios por su amor y misericordia, por darme la fuerza y la sabiduría necesaria para completar este logro. Gracias por bendecirme con una familia amorosa, por permitirme estudiar y desarrollarme académicamente, y por ser mi guía y protector en cada paso que doy.

Dayanna Sánchez

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios por permitirme llegar hasta aquí y por darme la fortaleza y el coraje para terminar este proyecto. Gracias por guiarme y por iluminar mi camino en los momentos de incertidumbre. Agradezco por su amor incondicional y por las bendiciones que ha puesto en mi camino. Sin su presencia en mi vida, este logro no habría sido posible. A Dios le dedico este trabajo y le agradezco por todas las oportunidades que me ha brindado.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Ing. Mónica Romero y al Ing. Eugenio Cárdenas, quienes con su dedicación y compromiso, me guiaron y asesoraron en cada paso de mi trabajo de titulación. Gracias por su paciencia, por sus valiosos consejos y por compartir sus conocimientos conmigo. Agradezco también al Ing. Diego Urgilés y los demás docentes que contribuyeron en mi formación académica, quienes con su enseñanza me permitieron adquirir las herramientas necesarias para realizar este proyecto. Su apoyo y motivación han sido fundamentales en mi proceso de aprendizaje. Les agradezco de todo corazón y les dedico este logro.

Quiero agradecer a mis amigos de estudio William Juncal, Fabrizio Torrez, Christian Pucha y Víctor Fajardo por acompañarme en este recorrido y por ser una fuente constante de apoyo y motivación. Gracias por compartir sus conocimientos, por trabajar juntos en equipo y por brindarme su amistad sincera en los momentos de alegría y también de dificultad. Agradezco por las largas horas de estudio juntos, por los consejos valiosos y por las risas compartidas. Su amistad ha sido fundamental en mi proceso de aprendizaje y en la realización de este proyecto. Les agradezco de todo corazón y les deseo éxito en sus futuros proyectos.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	I
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana	II
Certificado de dirección del trabajo de titulación	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	XVIII
Abstract	XIX
1. Introducción	1
2. Problema	2
2.1. Antecedentes	2
2.2. Descripción del problema	2
2.3. Importancia y alcances	3
2.4. Delimitación	4
2.4.1. Espacial o geográfica	4
2.4.2. Temporal	5
2.4.3. Sectorial o institucional	5
2.5. Problema General	5
2.6. Problemas Específicos	6
3. Justificación	6
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo General	7
4.2. Objetivos Específicos	7
5. Marco teórico	7
5.1. Proceso artesanal para el sembrado de semillas	7

5.2.	Tipos de semillas	11
5.2.1.	Semillas aptas para semilleros	11
5.2.2.	Semillas no aptas para semilleros	12
5.2.3.	Tiempo de germinación de semillas	12
5.3.	Bandejas de poliestireno para germinación	13
5.4.	Siembra de semillas en bandejas de germinación de forma automática	14
5.4.1.	Automatización	14
5.5.	Máquinas y líneas de producción de plántulas	14
5.5.1.	Sembradora manual SMN	15
5.5.2.	Línea AG300 agro triada	16
5.5.3.	Línea de siembra con rodillo multiagujero para producción de plántulas en bandeja.	17
5.5.4.	Máquina automática inteligente para viveros TZY-78-2	17
5.5.5.	Máquina de siembra automática para semillas SRSS80	18
5.5.6.	La línea de vivero de plántulas de arroz SNL280	19
5.5.7.	Eléctrica máquina sembradora de Kubota Sr-K1000cn arroz	20
6.	Marco metodológico	21
6.1.	Proponer los parámetros de diseño del sistema para el proceso de producción de plántulas en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.	21
6.1.1.	Parámetros de diseño	21
6.1.2.	Métricas del sistema	24
6.1.3.	Definición de mecanismos	25
6.2.	Diseñar el sistema mecatrónico para el proceso de producción de plántulas en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.	33
6.2.1.	Diseño del sistema.	33
6.2.2.	Dimensionamiento del compresor	94
6.2.3.	Evaluación del sistema: Análisis estático	97
6.2.4.	Definición de componentes eléctricos.	139
6.2.5.	Parámetros de control.	145
6.2.6.	Programación del PLC en el software Tia Portal	152
6.2.7.	Gemelo digital del sistema	169
6.3.	Analizar el costo de implementación del sistema automatizado para el proceso de producción de plántulas en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.	171
6.3.1.	Identificación de costos	171

6.3.2. Estimación de costos	172
6.3.3. Análisis de beneficio	182
6.3.4. Comparación con alternativas	183
7. Resultados	184
7.1. Proponer los parámetros de diseño del sistema para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.	184
7.2. Diseñar el sistema mecatrónico para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.	186
7.3. Analizar el costo de implementación del sistema automatizado para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.	189
8. Conclusiones	190
9. Recomendaciones	190
Referencias	194
ANEXOS	195

Lista de Tablas

1.	Tipos de semillas	13
2.	Parámetros específicos de cada módulo	23
3.	Métricas del sistema	24
4.	Definición de mecanismos generales	25
5.	Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 1	27
6.	Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 2	28
7.	Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 3	29
8.	Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 4	30
9.	Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 5	31
10.	Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 6	33
11.	Distribución del sistema de transporte	34
12.	Componentes	34
13.	Especificaciones del motor para las 3 bandas transportadoras	43
14.	Especificaciones del reductor para las 3 bandas transportadoras	44
15.	Especificaciones del actuador neumático para el módulo 1.	45
16.	Componentes neumáticos del dispensador de bandejas	46
17.	Especificaciones de la tolva del modulo 2	51
18.	Características Generales del motor para el sistema de distribución de sustrato	60
19.	Características Generales del Reductor para el sistema de distribución de sustrato	61
20.	Propiedades del Cepillo	62
21.	Características generales del motor para el cepillo industrial	64
22.	Características generales del reductor para el cepillo industrial	65
23.	Parámetros de selección para el generador de vacío	75
24.	Generador de vacío y componentes	75
25.	Componentes neumáticos del sistema de expulsión	77
26.	Especificaciones de la tolva del modulo 4	79
27.	Parámetros de la electroválvula	88
28.	Parámetros de selección del cilindro elevador de bandejas	90
29.	Resultados de selección	91
30.	Parámetros de selección del cilindro sujetador	92
31.	Resultados de selección del cilindro sujetador	92
32.	Consumo de Aire por Elemento	94
33.	Parámetros según la norma ISO	95

34.	Descripción del FRL seleccionado	96
35.	Parámetros del acero al carbono F-114.	97
36.	Resultados obtenidos para el eje.	98
37.	Especificaciones del material - Propiedades Mecánicas	100
38.	Parámetros de control general	146
39.	Parámetros de control del modulo 1	147
40.	Parámetros de control del modulo 2	148
41.	Parámetros de control del módulo 3	149
42.	Parámetros de control del modulo 4	150
43.	Parámetros de control del modulo 5	151
44.	Parámetros de control del módulo 6	152
45.	Tabla de Componentes Electrónicos	172
46.	Tabla de Componentes Neumáticos	173
47.	Tabla de Componentes Mecánicos	174
48.	Tubos de acero AISI 430	174
49.	Eje de acero inoxidable	175
50.	Placas de Acero 304	176
51.	Planchas de acero 304	177
52.	Tornillos y pernos	178
53.	Pernos prisioneros y tuercas	179
54.	Arandelas	180
55.	Equipo y Herramienta	181
56.	Costo mano de obra	181
57.	Costos indirectos	182
58.	Desglose de Costos	182
59.	Líneas de producción en el mercado	183
60.	Parámetros específicos de cada módulo	185
61.	Matriz de consistencia	196

Lista de Figuras

1.	Etapas del sistema para la producción de plantones.	4
2.	Ubicación donde se va a realizar el trabajo de titulación.	5
3.	Diferencia entre sembrar y plantar.	8
4.	Máquina semiautomática SEM 100AR	15
5.	Sembradoras semi automáticas	16
6.	Línea de siembra con rodillo multiagujero para producción	17
7.	Intelligent automatic nursery seeding Machine	18
8.	Máquina de siembra automática para semillas.	19
9.	Línea de vivero de plántulas de arroz SNL-280.	20
10.	Eléctrica máquina sembradora de Kubota Sr-K1000cn arroz	21
11.	Diagrama de proceso	22
12.	Funcionamiento del modulo 1 dispensador de bandejas	26
13.	Funcionamiento del modulo 2 dispensador de sustrato para el llenado de bandejas	27
14.	Funcionamiento del módulo 3 sistema de punzonado y sembrado	29
15.	Funcionamiento del módulo 4 dispensador de vermiculita	30
16.	Funcionamiento del modulo 5 sistema de riego	31
17.	Funcionamiento del modulo 6 apilador de bandejas	32
18.	Motor seleccionado para las bandas transportadoras	43
19.	Sistema de guías	44
20.	Cilindro neumático seleccionado	46
21.	Módulo 1: Sistema dispensador de bandejas	47
22.	Mecanismo de liberación de bandejas	48
23.	Estructura del módulo 1	49
24.	Módulo 1: Banda transportadora	49
25.	Módulo 1: Dispensador de bandejas de germinación	50
26.	Sistema dispensador de sustrato	57
27.	Paletas dispensadoras de sustrato	57
28.	Cepillo industrial	61
29.	Dispensador de sustrato para llenado	65
30.	Tambor del apisonador	66
31.	Punzón del apisonador	67
32.	Motor y Driver seleccionado	69
33.	Selección del rodamiento	70

34.	Soporte variable del apisonador	70
35.	Sistema de punzonado ajustable	71
36.	Tambor sembrador	72
37.	Soporte lateral del tambor sembrador	72
38.	Aislante del tambor sembrador	73
39.	Generador de vacío	75
40.	Sistema de expulsión de semillas	76
41.	Sistema de sembrado	77
42.	Punzonado y sembrado	78
43.	Sistema de distribución de sustrato	86
44.	Dispensador de sustrato para tapado de bandejas	87
45.	Electroválvula seleccionada	88
46.	Sistema de tuberías	89
47.	Sistema de riego	89
48.	Sistema de sujeción de bandejas	93
49.	Riego y Apilador de bandejas	93
50.	Compresor seleccionado	95
51.	FRL seleccionado	96
52.	Carga aplicada eje de la banda	97
53.	Diseño del eje	98
54.	Diámetro ideal del eje	99
55.	Punto de carga del dispensador de bandejas	101
56.	Malla generada para la estructura del dispensador de bandejas	102
57.	Resultado de Von Mises del dispensador de bandejas	103
58.	Resultado del desplazamiento del dispensador de bandejas	104
59.	Resultado del factor de seguridad del dispensador de bandejas	105
60.	Masa del dispensador de bandejas	106
61.	Puntos de carga de la estructura del modulo 1	107
62.	Carga de la banda del modulo 1	107
63.	Puntos de carga de la banda transportadora	108
64.	Resultados de Von Mises para la estructura del módulo 1: Dispensador de bandejas	109
65.	Resultados de desplazamiento para la estructura del modulo 1: Dispensador de bandeja	110

66.	Resultados del factor de seguridad para la estructura del modulo 1: Dispensador de bandeja	111
67.	Resultados de Von Mises para la tolva dispensadora de sustrato del modulo 2	112
68.	Resultados de desplazamiento para la tolva dispensadora de sustrato del modulo	2113
69.	Resultados del factor de seguridad para la tolva dispensadora de sustrato del modulo 2	114
70.	Banda transportadora del modulo 2	115
71.	Sistema dispensador de sustrato del modulo 2	116
72.	Cepillo distribuidor de sustrato	117
73.	Sistema de rodillos del modulo 2	118
74.	Resultados de Von Mises para la estructura del módulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas	120
75.	Resultados de desplazamiento para la estructura del módulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas	121
76.	Resultados del factor de seguridad para la estructura del módulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas	122
77.	Banda transportadora y sistemas del modulo 3	123
78.	Resultados de Von Mises para la estructura del modulo 3: Punzonado y Sembrado	124
79.	Resultados de desplazamiento para la estructura del modulo 3: Punzonado y Sembrado	125
80.	Resultados del factor de seguridad para la estructura del módulo 3: Punzonado y Sembrado	126
81.	Resultados de Von Mises para la tolva dispensadora de sustrato del modulo 2	127
82.	Resultados del desplazamiento para la tolva dispensadora de sustrato del módulo 4	128
83.	Resultados del factor de seguridad para la tolva dispensadora de sustrato del modulo 4	129
84.	Banda transportadora del modulo 4	130
85.	Tolva dispensadora de sustrato del modulo 4	131
86.	Resultados de Von Mises para la estructura del módulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas.	132
87.	Resultados del desplazamiento para la estructura del módulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas.	133
88.	Resultados del factor de seguridad para la estructura del modulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas.	134
89.	Banda transportadora del modulo 5 y 6	135

90.	Resultados de Von Mises para la estructura del módulo 5: Riego y el módulo 6: Apilador de bandejas	137
91.	Resultados del desplazamiento para la estructura del modulo 5: Riego y el modulo 6: Apilador de bandejas	138
92.	Resultados del factor de seguridad para la estructura del módulo 5: Riego y el módulo 6: Apilador de bandejas	139
93.	PLC SIMATIC S7 1500 compact	140
94.	SIMATIC PM 1507 24V/8A	140
95.	Módulo de salidas digitales	141
96.	AQ 4xU/I HF	141
97.	ABB MC1I301ATD.	142
98.	Driver para motores Lexium 28	143
99.	KEMA 02 ATEX 1090X	143
100.	ABB Smile 11 EA AS-i	144
101.	SIMATIC HMI TP700 Comfort	144
102.	Luz piloto 800FP-P3 y pulsador 800FP-FA3	145
103.	Lógica de programación modulo 1 Dispensador de bandejas	153
104.	Lógica de programación modulo 2 dispensador de sustrato	154
105.	Lógica de programación modulo 3 apisonador y semillero	155
106.	Lógica de programación modulo 4 dispensador de vermiculita	156
107.	Lógica de programación modulo 5 sistema de riego	157
108.	Lógica de programación modulo 6 apilador de bandeja	158
109.	Diagrama Grafcet del modulo 1	159
110.	Diagrama Grafcet del modulo 1	160
111.	Diagrama Grafcet del modulo 1	160
112.	Diagrama Grafcet del modulo 1	161
113.	Diagrama Grafcet del modulo 1	161
114.	Diagrama Grafcet del modulo 1	162
115.	Activación/Desactivación del sistema	163
116.	Ejemplo de paro de emergencia en el módulo 2	164
117.	Activación de bandas transportadoras	165
118.	Lógica de luces Piloto	165
119.	Contadores de bandejas	166
120.	Lógica de Home para sistema de punzonado	167
121.	HMI del sistema de producción	168

122. Señales del sistema	169
123. Configuración de señales externas	170
124. Configuración de señales externas del módulo 2.	170
125. Gemelo digital del sistema de producción	171
126. Línea de producción de pláctones	187
127. HMI para el sistema de producción	188

Resumen

En este trabajo de titulación, se presenta la propuesta de diseño de un sistema automatizado para la producción de plántones en el vivero de la parroquia Octavio Cordero Palacios, con el objetivo de incrementar la producción de bandejas sembradas.

Los parámetros iniciales para el diseño del sistema automatizado se derivaron del proceso manual llevado a cabo por los agricultores en estos viveros. Además, las líneas de producción disponibles en el mercado sirvieron como referencia para el diseño propuesto.

Como resultado, se desarrolló un sistema mecatrónico que consta de seis módulos, incluyendo dispensador de bandejas, dispensador de sustrato para el llenado de bandejas, punzonado y siembra, dispensador de sustrato para cubrir las bandejas, riego y apilador de bandejas. Para controlar estos procesos, se utilizará un PLC, junto con una interfaz hombre-máquina (HMI) para facilitar la operación por parte de un usuario común. Es relevante destacar que los componentes y elementos de la máquina fueron diseñados cumpliendo diversas normativas para garantizar su seguridad.

Después de completar el diseño, se realizó un análisis de elementos finitos para verificar la robustez del sistema. Además, se creó un gemelo digital del sistema para asegurar la correcta integración y funcionamiento de las partes mecánicas, eléctricas, de programación y control, evaluando así si el sistema cumple con el propósito para el cual fue diseñado.

Finalmente, se llevó a cabo una estimación de costos para verificar el costo total del sistema y compararlo con los precios de sistemas existentes en el mercado, con el fin de determinar la competitividad de la máquina.

Palabras clave: Sistema de producción, Línea de producción, Plántones, Plántulas, Módulos.

Abstract

In this degree work, the design proposal of an automated system for the production of seedlings in the nursery of the Octavio Cordero Palacios parish is presented, with the objective of increasing the production of planted trays.

The initial parameters for the design of the automated system were derived from the manual process carried out by farmers in these nurseries. In addition, the production lines available on the market served as a reference for the proposed design.

As a result, a mechatronic system was developed consisting of six modules, including a tray dispenser, substrate dispenser for tray filling, punching and seeding, substrate dispenser for covering trays, irrigation and tray stacker. To control these processes, a PLC will be used, along with a human-machine interface (HMI) to facilitate operation by a common user. It is important to highlight that the components and elements of the machine were designed in compliance with various regulations to guarantee its safety.

After completing the design, a finite element analysis was performed to verify the robustness of the system. In addition, a digital twin of the system was created to ensure the correct integration and operation of the mechanical, electrical, programming and control parts, thus evaluating whether the system meets the purpose for which it was designed.

Finally, a cost estimate was carried out to verify the total cost of the system and compare it with the prices of existing systems in the market. This was done in order to determine the competitiveness of the machine.

Keywords: Production System, Production Line, Seedlings, Seedlings, Modules.

1. Introducción

La automatización de procesos agrícolas se ha convertido en una herramienta importante para mejorar la eficiencia y la productividad en la industria agrícola. En particular, la implementación de sistemas automatizados en el proceso de siembra de semillas en bandejas de germinación presenta un potencial significativo para optimizar la producción de plántones y reducir las pérdidas económicas asociadas con una germinación inadecuada.

En la comunidad de Santa Marianita, ubicada en la parroquia Octavio Cordero Palacios, los agricultores enfrentan desafíos en el proceso de producción de plántones debido a la naturaleza manual de la siembra de semillas en bandejas de germinación. A pesar de producir aproximadamente 120 bandejas diarias, la falta de acceso a tecnologías de siembra automatizada debido a sus costos elevados limita la capacidad de los agricultores para mejorar su proceso de siembra y optimizar la calidad de los plántones producidos.

Por lo tanto, esta investigación se enfoca en diseñar un sistema automatizado adaptado a las necesidades específicas de los agricultores de Santa Marianita, que aborde los problemas identificados en el proceso de siembra manual. Se investigarán y analizarán soluciones tecnológicas disponibles en el mercado, así como también se desarrollará un diseño personalizado que pueda integrarse de manera efectiva en los viveros locales.

El objetivo principal de esta investigación es proponer un sistema automatizado eficiente y rentable para el proceso de producción de plántones en la parroquia Octavio Cordero Palacios. Se espera que este sistema no solo mejore la calidad de los plántones producidos, sino que también incremente la productividad de los agricultores y reduzca las pérdidas económicas asociadas con una germinación inadecuada.

A través de un enfoque integral que combine la tecnología, la ingeniería y el conocimiento agrícola, este estudio busca contribuir al desarrollo sostenible de la agricultura en la comunidad de Santa Marianita, ofreciendo soluciones innovadoras para optimizar los procesos de producción de plántones y mejorar la calidad de vida de los agricultores locales.

2. Problema

2.1. Antecedentes

En la comunidad de Santa Marianita de la parroquia Octavio Cordero Palacios, según información proporcionada por uno de los agricultores locales, se destaca que varios miembros de la comunidad se dedican a la producción de plántones, logrando aproximadamente producir 120 bandejas diarias. Sin embargo, se ha observado que el proceso de plantado se lleva a cabo de manera manual. Esto es debido a los costos elevados y la falta de accesibilidad de las máquinas necesarias para el sembrado de las semillas, según la misma fuente.

El agricultor informó que la adquisición de tecnología automatizada para el proceso de siembra resulta difícil debido a las limitaciones financieras y a la falta de disponibilidad de recursos. La información recopilada resalta la necesidad de buscar alternativas que permitan agilizar y mejorar el proceso de siembra en la comunidad, con el objetivo de aumentar la eficiencia y productividad de los agricultores.

Según (Gonzalo y Rivas, 2015) proponen en su investigación el diseño y la construcción de una máquina sembradora de semillas para una empresa dedicada a la venta de estos productos. La máquina en cuestión posee un sistema de control de proceso, la cual permite automatizar las actividades de punzonado del sustrato y la colocación de semillas en almácigos. Este diseño es compacto, además de que implementa controladores y software libre, lo cual permite que el sistema sea flexible para su uso con diferentes tipos de semillas.

2.2. Descripción del problema

En la ciudad de Cuenca, en la parroquia Octavio Cordero Palacios, específicamente en el sector Santa Marianita, la información recopilada de uno de los agricultores locales revela que el proceso de producción de plántones se realiza de forma manual. Según el testimonio proporcionado, cada bandeja sembrada experimenta una pérdida de entre el 5% al 10% de semillas que no logran germinar.

Además, el proceso de siembra manual implica la participación de cuatro personas y demanda un tiempo considerable, tomando entre 10 a 15 minutos para completar cada bandeja de germinación. Esta información se obtuvo directamente de los agricultores que participan en esta actividad.

El agricultor también informó que, a pesar de los esfuerzos, el proceso manual conlleva a problemas adicionales, como la distribución inadecuada de las semillas en las bandejas de germinación, el uso excesivo de sustrato antes y después de la siembra, así como la posibilidad de exceder la cantidad de agua durante el riego de las bandejas.

Es importante destacar que el tiempo total empleado por los agricultores para sembrar 120 bandejas se estima en 8 horas, lo que implica una inversión de recursos humanos. Todos estos inconvenientes, según la información proporcionada por los agricultores locales, contribuyen a una germinación inadecuada y, en última instancia, generan pérdidas económicas para la comunidad agrícola en Santa Marianita.

2.3. Importancia y alcances

El diseño de un sistema automatizado propone una mejora en los tiempos de la producción de plántones, ya que reemplaza el proceso manual disminuyendo tiempos de producción y personal de trabajo, puesto que al tener un sistema automático solo se requiere de una persona para preparar la máquina y supervisar la fase de sembrado.

Automatizar el sistema de producción de plántones garantizará al operador seguridad y evitará que sufra complicaciones como cansancio visual y dolor en las articulaciones de las manos.

El sistema automatizado para la producción de plántones posee seis etapas, los cuales se muestran en la figura 1.

Figura 1

Etapas del sistema para la producción de plantones.



Nota: Se puede observar las 6 etapas del sistema para el proceso de producción de plantones

2.4. Delimitación

El problema de estudio se delimitará en las siguientes dimensiones:

2.4.1. Espacial o geográfica

El proyecto se realizará en la ciudad de Cuenca, en el sector de Santa Marianita perteneciente a la parroquia Octavio Cordero Palacios como se muestra en la figura 2.

Figura 2

Ubicación donde se va a realizar el trabajo de titulación.



Nota: Se puede observar la ubicación de donde se realizara el proyecto de titulación, la información ha sido tomada de google maps. (Valle, 2018)

2.4.2. Temporal

El tiempo establecido en el que se ejecutará el proyecto es de 400 horas las cuales constan en las asignaturas de trabajo de titulación 1 y trabajo de titulación 2.

2.4.3. Sectorial o institucional

El proyecto de titulación se llevará a cabo en el ámbito del sector industrial agrícola, centrándose específicamente en los viveros ubicados en la Parroquia Octavio Cordero Palacios.

2.5. Problema General

- ¿Es posible diseñar un sistema automatizado para el proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios?

2.6. Problemas Específicos

- ¿Se podrá proponer los parámetros de diseño del sistema para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios?
- ¿Se podrá diseñar el sistema mecatrónico para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios?
- ¿Se podrá analizar el costo de implementación del sistema automatizado para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios?

3. Justificación

El presente trabajo de titulación está enfocado a mejorar la forma de producción de plantones por medio de la automatización del proceso, ya que los agricultores que siembran las semillas en bandejas lo hacen de forma manual, lo cual ocasiona problemas que afectan al proceso de germinación y ponen en riesgo la salud del operario. Debido a que el sustrato usado para el sembrado está compuesto de varios químicos, hongos o bacterias, además de que el tiempo que se necesita para la plantación de las semillas a largo plazo ocasiona problemas en la vista debido al tamaño de las semillas.

Automatizar el proceso de sembrío de semillas tiene varias ventajas tales como, el aumento de la velocidad de sembrado, reducción de tiempo, evita desperdicio de semillas, brinda seguridad, no afecta a la salud del usuario y eliminará errores del proceso manual.

Algunos de los errores que se comenten en el proceso manual son la incorrecta profundidad del sembrado, el exceso de sustrato utilizado para cubrir las semillas y la sobrecarga de agua ocasionando que algunas semillas se desborden. Al automatizar se evitará que se presenten pérdidas económicas por los errores mencionados con anterioridad, favoreciendo así al agricultor y sus sembríos.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema automatizado para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.

4.2. Objetivos Específicos

- Proponer los parámetros de diseño del sistema para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.
- Diseñar el sistema mecatrónico para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.
- Analizar el costo de implementación del sistema automatizado para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.

5. Marco teórico

5.1. Proceso artesanal para el sembrado de semillas

En el proceso de sembrado existen dos términos que pueden ser confundidos con facilidad siendo estos plantar y sembrar, por ello es de suma importancia identificar con anterioridad la diferencia que existen entre ambas palabras.

Según la RAE (Real academia española) sembrar hace referencia a esparcir o arrojar las semillas en la tierra preparada con el propósito de que estas germinen, mientras que plantar significa meter en la tierra una planta, un vástago, un esqueje, etc. En la figura 3 podemos observar de una mejor manera la diferencia entre estos dos términos.

Figura 3

Diferencia entre sembrar y plantar.



Nota: En la siguiente imagen se puede notar la diferencia entre las palabras de sembrar y plantar, la información ha sido tomada de (Lima, 2022).

A continuación, se describe el proceso de sembrado de semillas de forma manual y en semilleros al aire libre, de modo que las estaciones o cambios climáticos se toman en cuenta para este proceso, sin embargo, al automatizar el proceso los cambios climáticos no afectan de ninguna forma, ya que el proceso se puede realizar en un espacio cerrado, Oliva, Vacalla, Pérez, y Tucto (2014).

- A. Para obtener un brote en perfectas condiciones se debe sembrar las semillas aproximadamente seis meses antes de la próxima helada (se recomienda realizar la siembra entre julio y agosto que son los meses más cálidos), necesita saber el número promedio de semanas entre la siembra de semillas y el trasplante de plántulas. El tiempo de crecimiento varía según la semilla que esté plantando en la mayoría de casos este tiempo se especifica en el paquete de semillas. El tiempo medio de crecimiento suele oscilar

entre cuatro y doce semanas por lo que se debe tomar en cuenta para evitar interferir en los meses fríos ocasionando que la planta germinara de manera incorrecta.

Además del tiempo de germinación, es importante tomar en cuenta el tiempo que necesita el brote para recuperarse del trasplante. Las verduras de estación cálida no pueden salir al aire libre hasta después de la última helada, mientras que las verduras de estación fría pueden salir al aire libre hasta un mes antes de la última helada. (Lipford, 2021)

- B.** A continuación, elegiremos las bandejas que se van a utilizar. Existe una gran variedad de bandejas en el mercado y es criterio del agricultor seleccionar la bandeja más adecuada para su semillero. Las bandejas son una herramienta muy recomendada ya que evita que los plántones interfieran entre sí, además de que garantiza que el cepellón posea la firmeza correcta.

Una vez seleccionado las bandejas, se debe llenar cada celda con tierra para macetas o fibra de coco en caso de no haber encontrado una mezcla inicial de sustrato para semillas. Coloque el sustrato hasta la parte superior de las celdas, no habría inconveniente si se coloca sustrato en exceso, ya que la mezcla se asentará a medida que se la moje. (Gardener, 2015)

Las mezclas para germinar semillas sin suelo tienen una textura más fina y están hechas de ingredientes como turba molida, perlita, fibra de coco y vermiculita. Aunque en caso de no contar con los ingredientes necesarios se puede usar la tierra para macetas para iniciar el proceso de germinación de las semillas, tienden a tener una textura más gruesa y pueden contener tierra de campo, compost o estiércol compostado junto con vermiculita, turba o perlita. Algunas mezclas para semillas o macetas pueden contener fertilizante como aditivo, es importante leer el empaque de las semillas. (Heilig, 2021)

- C.** Según (Gardener, 2015). Para el proceso de sembrado se debe realizar agujeros en la tierra, para ello se utilizará el dedo índice, con el cual se hará un agujero de aproximadamente 1/4 de pulgada de profundidad en cada celda.

Para conseguir semillas de buena calidad se puede realizar pruebas antes del sembrado. Las pruebas más comunes para esto son:

Prueba de agua:

Tome sus semillas y póngalas en un recipiente con agua, déjelos reposar durante unos 15 minutos, si las semillas se hunden, todavía son viables; si flotan, lo más probable es que no broten. Este método es utilizado por algunos agricultores, pero no es la mejor manera de comprobar el estado de las semillas. Para obtener resultados más seguros, intente realizar una prueba de germinación.(Woodie, 2013)

Prueba de germinación:

Tome algunas de sus semillas, preferiblemente 10, y colóquelas en fila sobre una toalla de papel húmeda. Doble la toalla de papel, colóquela en una bolsa de plástico con cremallera y séllela; esto ayuda a mantener la toalla húmeda y protegida. Luego colóquelo en un lugar cálido, como un estante alto o encima del refrigerador, y revise las semillas con frecuencia, aproximadamente una vez al día, para ver si han comenzado a germinar o para verificar la humedad. Si necesita más agua, rocíe cuidadosamente la toalla hasta donde esté húmeda y no aplicar demasiada agua. Asegúrese de que la ubicación que ha elegido esté alejada de la exposición a la luz solar directa. Esto puede sobrecalentar sus semillas.ITTO (2009)

Sus semillas deberían comenzar a germinar en varios días hasta un par de semanas, según el tipo de semilla. Como regla general se debe esperar aproximadamente 10 días; sin embargo, es importante investigar el tiempo de germinación que necesitan sus semillas. Una vez que haya pasado el tiempo asignado, verifique cuántos han germinado. Si colocó 10 semillas, será fácil de calcular, ya que, si germinaron menos de 5, es posible que su paquete anterior no tenga mucho éxito a la hora de plantar, pero si brotaron más de 5, a las semillas todavía les queda mucho vigor.

Algunas personas esperan para realizar esta prueba de germinación al momento de la siembra, de modo que las semillas que broten puedan colocarse directamente en su huerto.

No es importante el método que utilice para probar la viabilidad de sus semillas, recuerde siempre que cada semilla es diferente y sus resultados pueden variar.(Woodie, 2013)

- D. Una vez que ha sembrado todas las semillas de un vegetal en particular, comience a cubrir las semillas con la mezcla inicial de sustrato. Use el dedo para sacar un poco de mezcla inicial, luego presione suavemente las semillas para asegurarse de que hagan buen contacto con la mezcla y asegúrese de hacer esto de forma ligera. (Gardener, 2015)

- E. Por último, riegue las bandejas ya sea por aspersión o chorros de agua para hidratar las semillas.

5.2. Tipos de semillas

Existe una gran variedad de semillas sin embargo se pueden dividir en dos grupos:

5.2.1. Semillas aptas para semilleros

Las verduras que se plantan una vez germinado el brote son aquellas que no soportan cambios físicos abruptos como puede ser el cambio de temperatura o la distribución de la tierra, sin embargo, soportan el trasplante el cual puede ser por medio de raíz desnuda o cepellón.

A raíz desnuda

Como su nombre indica, este tipo de plantas no cuentan con un cepellón de tierra. Las raíces se presentan al aire, por lo tanto, son mucho más delicadas que una planta que tiene sus raíces protegidas. Al plantar a raíz desnuda es importante tener en cuenta el agarre del arbusto o árbol que se haya elegido y la tierra a su alrededor sobre la que va crecer.

La mayoría de plantas que soportan este tipo de trasplante son árboles frutales, sin embargo, existen algunas verduras que también pueden ser trasplantadas por este método, entre ellas están: Puerros, cebollas, coles, tomates, pimientos, fresas, etc.

Trasplante con cepellón

La planta apenas sufre cuando es trasplantada con raíces adheridas al cepellón, incluso en condiciones secas y soleadas. El trasplante simplemente implica cambiarla de lugar sin afectar

su estado si se realiza correctamente. Necesitará menos atención después del trasplante, ya que por lo general se traslada a un lugar más amplio, conservando la humedad por más tiempo y manteniendo las raíces frescas. Además, este tipo de trasplante se puede hacer en cualquier momento, ya que las plantas pueden sobrevivir varios días con el cepellón solamente. Esta situación suele ocurrir cuando se compra una planta en un vivero, ya que la extraen de las bandejas de alveolos y se la entrega con el cepellón.(Huerto, 2016)

Entre las plantas que soportan este tipo de trasplante están: Brócoli, repollo, coliflor, lechuga, acelga, col, apio, cebollín, remolacha, espinaca, etc.

5.2.2. Semillas no aptas para semilleros

Estas semillas a diferencia de las anteriores soportan cambios naturales, sin embargo, sus raíces no soportan el trasplante, por lo que es recomendable sembrarlos directamente en la tierra, existen varias técnicas de sembrado como el repicado que consiste en sembrar una cantidad uniforme de semillas en un área determinada, una vez que aparezcan los brotes se procede a eliminar a los más pequeños, para que de este modo los demás puedan tener espacio para crecer y madurar.

Entre las semillas que no soportan el trasplante están: Haba, alverja, maíz, rábano, patata, zanahoria, girasoles, etc.

5.2.3. Tiempo de germinación de semillas

A continuación, se muestran algunos ejemplos del tiempo de germinación para distintas semillas.

Asegúrese de revisar la etiqueta de cada paquete de semillas, ya que las diferentes variedades de un vegetal en particular pueden tener varios niveles de tolerancia al frío. En la tabla 1 se presenta una guía general para ayudarlo a planificar sus tiempos de siembra de primavera.(Lipford, 2021)

Tabla 1

Tipos de semillas, tiempo de germinación y su tolerancia a frío.

Verdura	Tiempo de crecimiento interior	Tiempo de siembra al aire libre
Brócoli	5-7 semanas	4-6 semanas antes de la última helada
Col	5-7 semanas	4-6 semanas antes de la última helada
Maíz	4-5 semanas	Después de la última helada
Pepino	3-4 semanas	Después de la última helada
Berenjena	6-8 semanas	Después de la última helada
Lechuga y espinacas	4-6 semanas	4 semanas antes de la última helada
Pimienta	6-8 semanas	Después de la última helada
Calabaza	3-4 semanas	Después de la última helada
calabaza de verano	3-4 semanas	Después de la última helada
Tomate	6-8 semanas	Después de la última helada

Nota: En la siguiente tabla están la mayoría de semillas tienen un tiempo de germinación entre 3 a 6 semanas, la información ha sido tomada de (Lipford, 2021).

5.3. Bandejas de poliestireno para germinación

Hoy en día varios de los agricultores tienen grandes espacios de tierra, los cuales utilizan para cultivar frutas, vegetales y hortalizas, tanto de consumo propio como para comercialización. Algunos agricultores realizan la siembra de sus productos de forma directa en la tierra desperdiciando así una gran cantidad de semillas.

La mayoría de semillas que se siembran en la tierra no pueden ser contabilizadas, no tiene una protección adecuada, ya que se encuentran expuestas al ataque de hongos, bacterias o nemátodos, pueden ser consumidas por aves, hormigas, entre otros insectos, ocasionando una pérdida para el agricultor. Por otra parte, al arrojar las semillas por una zona del terreno, las que lleguen a germinar competirán unas con otras por nutrientes y agua haciendo que se pierdan muchas plántulas.

Para que el agricultor pueda llevar un conteo de sus plántulas y evitar la pérdida de semillas por factores externos, se recomienda utilizar bandejas de germinación. Las mismas

que son una herramienta beneficiosa para ahorrar y controlar la cantidad de sustrato, semillas y agua.

Las bandejas de germinación por la variedad de tamaños y la cantidad de pocillos, permiten sembrar a gran escala, haciendo que la producción sea de forma más rápida y exista un mínimo de pérdida en la germinación.

Al utilizar las bandejas de germinación por la forma de los pocillos al extraer las plántulas, sus raíces pueden salir de una forma más fácil y segura sin daños o rupturas de las mismas, cuando las raíces de las plántulas se encuentran en buen estado tienen una mayor garantía de que crezcan saludables, de forma más rápida y fuerte, ya que la forma del pocillo permite que las raíces formen un cepellón robusto que sostiene el sustrato permitiendo así, que se mantenga la humedad por mayor tiempo y los nutrientes sean absorbidos de mejor manera.

5.4. Siembra de semillas en bandejas de germinación de forma automática

5.4.1. Automatización

Es un proceso que ejecuta una serie de tareas repetitivas minimizando la intervención del ser humano, aumenta y asegura la optimización de los procesos de producción en los que han sido implementados. Al automatizar la producción permite que la misma se pueda programar y reestructurar de manera rápida y eficaz.

Hoy en día se ha incrementado los procesos automatizados dentro de la agricultura, dado que la tecnología avanza y mejora las distintas áreas de producción, lo cual reduce costos de manufactura por medio de un mejor control de producción, permite proveer con mayor facilidad, brinda mayor seguridad al personal y disminuye el área en la producción haciéndola más eficiente.

5.5. Máquinas y líneas de producción de plantones

En la actualidad existen varios tipos y modelos de máquinas sembradoras de semillas en bandejas de germinación automatizadas y semi automatizadas, las cuales varían sus tamaños, funciones y costos.

5.5.1. Sembradora manual SMN

Esta máquina es pequeña y liviana, ya que su estructura es de aluminio y ha sido diseñada para una gran variedad de semillas como las de hortalizas, florales, tabaco y frutas. Contiene un barral de siembra con 12 picos intercambiables y cuenta con un regulador de presión acorde al tipo de semillas.

Permite adaptar diferentes tipos de bandejas, las semillas son dosificadas por agujas industriales por medio de presión (proveniente de un compresor) caen la semilla en la bandeja hasta que el flujo de aire sea interrumpido, este proceso se lo realiza hasta completar la bandeja, cabe indicar que el traslado y llenado de sustrato de la bandeja es de forma manual. En la figura 4 se puede observar la siguiente máquina (Arias, 2012)

Figura 4

Máquina semiautomática SEM 100AR



Nota: Máquina semiautomática SEM 100AR, la información ha sido tomada de (Canedo, 2009)

En la figura 5 podemos observar la máquina que cuenta con un buen rendimiento, permite el ahorro de la mano de obra a comparación de la máquina manual. Cuenta con fases de carga y descarga de forma automática, aunque su accionamiento y las bandejas de germinación se trasladan hasta los cilindros manualmente.

La máquina comprende dispositivos de presión, como el compresor, reguladores y por medio de una serie de cilindros distribuye las semillas, logrando así una mejor dosificación y colocación de la semilla en cada alveolo.(Arias, 2012)

Figura 5

Sembradoras semi automáticas



Nota: Máquina semiautomática SEM 100AR, la información ha sido tomada de (Canedo, 2009)

5.5.2. Línea AG300 agro triada

Esta línea de sembrado de charolas de germinación realiza ocho operaciones, partiendo de la alimentación automática de bandejas, llena las cavidades de las charolas con regulación de la compactación, limpia el exceso de sustrato por medio de un cepillo redondo giratorio, permite la recirculación del exceso de sustrato a la tolva de la máquina, realiza los agujeros con un rodillo de aluminio para luego sembrar las semillas mediante un tambor de vacío, singularización y potencias que son regulables, procede aplicar la vermiculita y finaliza estibando las bandejas de germinación.

5.5.3. Línea de siembra con rodillo multiagujero para producción de plantones en bandeja.

La línea de siembra electrónica, contiene rodillos multiagujero dirigido a la producción de MICROGREENNS en bandeja(Figura 6), es capaz de sembrar en cada alveolo la cantidad de semillas que se requiere, tiene una pantalla táctil de fácil uso y es dotada de una electrónica robusta.

Con esta línea se puede sembrar todo tipo de semillas, ya sea desnuda o como píldora, se puede modificar la cantidad de semillas que se requiere en el alveolo como el cliente desee.(Tectraplant, 2016)

Figura 6

Línea de siembra con rodillo multiagujero para producción



Nota: Línea de siembra con rodillo multiagujero para producción de MICROGREENS y BABY LEAF en bandeja, la información ha sido tomada de (Tectraplant, 2016)

5.5.4. Máquina automática inteligente para viveros TZY-78-2

Toda la máquina está construida de acero inoxidable(Figura 7), es fácil de operar, ya que el usuario solo debe proporcionar una fuente de alimentación universal y no requiere mantenimiento. Es flexible en funcionamiento, tiene una estructura simple, ya que automáticamente carga las bandejas de sustrato, realiza el proceso de agujereado, coloca las semillas, cubre la siembra y completa el proceso.

Cuenta con un sistema de detección de inducción fotoeléctrico automático, si no hay ninguna bandeja, no arranca el proceso. Cuando ha finalizado todo el proceso automáticamente, por

medio de un botón continua con la labor de la suciedad por medio de un cepillado. El vivero automática máquina de siembra es utilizada para plántulas de hortalizas y flores en la agricultura intensiva y eficiente. Está valorada en 11.150 dólares americanos.(Henan, 2012)

Figura 7

Intelligent automatic nursery seeding Machine



Nota: Intelligent automatic nursery seeding Machine, la información ha sido tomada de (Henan, 2012)

5.5.5. Máquina de siembra automática para semillas SRSS80

El producto adopta una tecnología patentada de cilindro de succión de aire, actualiza a la siembra de semillas pequeñas con precisión. La máquina automática de sembrado de plántulas es un equipo profesional de cría de plántulas, que se puede utilizar para sembrar verduras, frutas, flores y plantas. Puede completar los pasos de cubrir el tapón con tierra, agujeros de perforación, sembrar semillas y regar al mismo tiempo. Está valorada entre 9.000 a 15.000 dólares americanos, se puede observar en la figura 8 la máquina.(Henan, 2012)

Figura 8

Máquina de siembra automática para semillas.



Nota: Máquina de siembra automática para semillas, la información ha sido tomada de (Henan, 2012)

5.5.6. La línea de vivero de plántulas de arroz SNL280

Realiza la colocación automática del subsuelo, el riego, la siembra de semillas y el proceso de cobertura de la superficie del suelo a la vez. Garantiza en gran medida la cantidad uniforme de siembra de semillas y el espesor del subsuelo unificado para un mejor efecto de vivero de plántulas. Se adapta a distintas semillas de arroz y a la variedad de bandejas de plástico de 580x280x30mm Su velocidad de siembra puede llegar a más de 1000 bandejas por hora, comparando con las plántulas manuales tradicionales, la línea puede reducir la siembra de semillas nulas y permite ahorrar el costo de mano de obra, en la figura 9 podemos ver el aspecto de esta máquina.(Henan, 2012)

Parámetros:

- Productividad: 1000 bandeja/bandeja HourAppliedd: 580x280x30mm
- Potencia del Motor: 180w (sistema transportador) + 120w (Sistema de siembra)

- Capacidad de riego: 0,5-1,4L
- La siembra de la cantidad: 50-200 gramos/disco
- Uniformidad de siembra: ≥ 95
- Capacidad de la tolva: 52L (suelo de cama) / 32L (semilla) / 52L (suelo de cubierta)
- Peso: 175kg
- Dimensión: 5920x500x1150mm
- Valorada entres los 3.000a2.900

Figura 9

Línea de vivero de plántulas de arroz SNL-280.



Nota: Línea de vivero de plántulas de arroz SNL-280, la información ha sido tomada de (Henan, 2012)

5.5.7. Eléctrica máquina sembradora de Kubota Sr-K1000cn arroz

Las bandejas se transportan de un punto a otro por medio de una banda transportadora, automáticamente coloca el suelo o el sustrato en la bandeja, con un cepillo retar los excesos de sustrato.

Se encuentra equipada con rociadores de agua para que el riego sea de forma uniforme y

permite que los usuarios pueden ajustar la cantidad dependiendo su necesidad. Está diseñada a una amplia gama de semillas ya sea de grano largo, de grano redondo y semillas de germinación. Su mantenimiento no es complejo, ya que cuenta con un motor configurado para cada sección y es transmitido por una correa, siendo así fácil de mantener y operar como se puede ver en la figura 10.(Henan, 2012)

Figura 10

Eléctrica máquina sembradora de Kubota Sr-K1000cn arroz



Nota: Máquina sembradora de Kubota Sr-K1000cn arroz, la información ha sido tomada de (Henan, 2012)

6. Marco metodológico

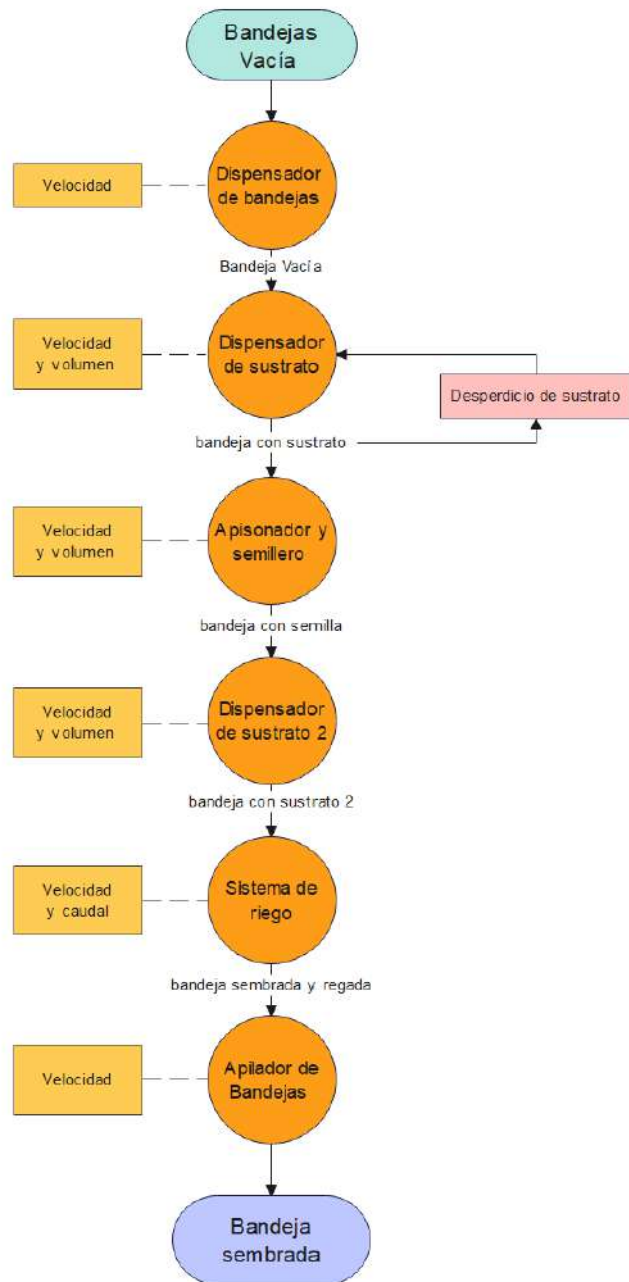
6.1. Proponer los parámetros de diseño del sistema para el proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.

6.1.1. Parámetros de diseño

Para definir los parámetros de diseño, se investigó el proceso de siembra de semillas en bandeja de germinación. Por lo tanto, estos parámetros deben garantizar el correcto funcionamiento del sistema de producción.

Figura 11

Diagrama de proceso



Nota: En la siguiente figura se puede observar los diferentes procesos que se debe seguir para producir una bandeja sembrada.

Parámetros Generales:

A continuación, se detallan los parámetros generales necesarios para que el sistema sea plenamente funcional.

- Modular: Permite que la línea de producción sea flexible y tenga mayor facilidad de ensamblaje y mantenimiento.
- Sistema de seguridad: Es fundamental para crear un entorno seguro, nos permite proteger la vida de los operadores contra cualquier amenaza. Su implementación es importante, por lo tanto, se requiere un botón de seguridad en cada módulo.
- Coordinación de velocidad y tiempo: Permite optimizar la eficiencia, la uniformidad, la productividad y la calidad del cultivo, como también garantiza el uso eficiente de los recursos.
- Detección de recursos: Alarmas de falta de recursos para garantizar un funcionamiento continuo y eficiente. Nos permitirá saber cuándo falte bandejas, sustrato, semillas, entre otros.
- Capacidad de producción de mínimo 120 bandejas en una hora.
- Capacidad de siembra de distintas semillas para bandejas de germinación.
- Resistente a la corrosión.

Parámetros de diseño específicos:

Tabla 2

Parámetros específicos de cada módulo

Módulo	Parámetros de Diseño Específicos
Módulo 1	<ul style="list-style-type: none">• Capacidad para dispensar 10 bandejas.• Alimentación continua.• Detección de presencia de bandejas en el dispensador.• Detección de salida de bandeja al final del módulo.

Módulo 2	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de bandejas. • Cantidad de sustrato para 120 bandejas. • Uniformidad del sustrato. • Almacenamiento de residuos.
Módulo 3	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de bandejas. • Punzonado regulable. • Precisión en la siembra.
Módulo 4	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de bandejas. • Cantidad de sustrato para mínimo 120 bandejas. • Almacenamiento de residuos.
Módulo 5	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de bandejas. • Drenaje de agua.
Módulo 6	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de bandejas. • Capacidad para apilar 5 bandejas.

Nota: En la siguiente tabla, se pueden identificar los diferentes parámetros de diseño que estarán presentes en cada módulo de la línea de producción.

6.1.2. Métricas del sistema

Las métricas son herramientas esenciales para gestionar, monitorizar y mejorar el rendimiento de la línea de producción automatizada, permiten que el funcionamiento del sistema sea eficiente y efectivo.

Tabla 3

Métricas del sistema

Variable	Unidad de medida	Rango de medida
Control de velocidad	RPM	0 - 100
Material con resistencia moderada	N/A	Cumple / No cumple
Presión del aire	Bar	1-8
Tamaño de las tolvas	Volumen	5 - 50

Sistema de seguridad	N/A	Cumple / No cumple
Colores personalizados	N/A	Cumple / No cumple
Desmontaje fácil	N/A	Cumple / No cumple
Manual de uso	N/A	Cumple / No cumple
Materiales y componentes de calidad	N/A	Cumple / No cumple
Materiales antioxidantes	N/A	Cumple / No cumple
Materiales aislantes	N/A	Cumple / No cumple
Acabados no peligrosos	N/A	Cumple / No cumple
Cantidad de semillas sembradas	Unidades	0 - 20000
Profundidad de siembra	Centímetros	0 - 2
Facilidad de mantenimiento	N/A	Cumple / No cumple
Precisión de siembra	Porcentaje	80% - 95%
Fiabilidad de la máquina	N/A	Cumple / No cumple

Nota: En la tabla se observa la métricas que se deben tomar en cuenta a la hora de diseñar el sistema

6.1.3. Definición de mecanismos

Mecanismos generales:

Tabla 4

Definición de mecanismos generales

Procesos	Mecanismos/Actuadores
Transporte de bandejas	<ul style="list-style-type: none"> • Banda transportadora • Rodillos mecánicos • Tornillo de potencia
Materiales para estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Perfiles de acero • Tubos de acero

Nota: En la siguiente tabla se presentan diversos mecanismos junto con la selección del más adecuado para el sistema general.

Se ha seleccionado una banda transportadora para el sistema de transporte debido a su costo, es más económica, permite facilidad de mantenimiento y tiene la capacidad para cumplir con los requisitos necesarios.

Como material estructural, se optó por utilizar tubos de acero debido a su menor costo y la resistencia estructural.

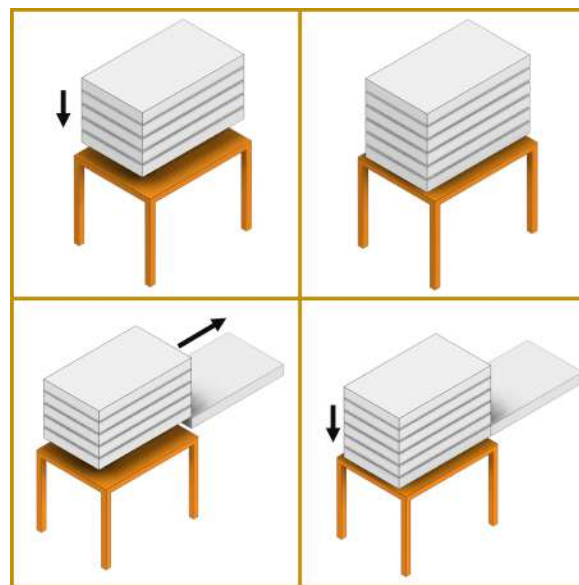
Mecanismos específicos:

Módulo 1: Dispensador de bandejas de germinación.

El proceso comienza cuando el operario carga las bandejas en la máquina. Luego, un mecanismo de liberación permite que las bandejas caigan una a una para ser transportadas al siguiente módulo.

Figura 12

Funcionamiento del modulo 1: Dispensador de bandejas



Nota: En la figura siguiente, se aprecian los cuatro procesos que el módulo 1 debe llevar a cabo para dispensar las bandejas de germinación.

Tabla 5

Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 1

Procesos	Mecanismos/Actuadores
Mecanismo de liberación	<ul style="list-style-type: none">• Actuadores lineales eléctricos• Actuadores Hidráulicos• Actuadores Neumáticos

Nota: En la siguiente tabla se destacan los distintos mecanismos asociados al proceso de liberación de bandejas, así como la selección más adecuada conforme a nuestros criterios.

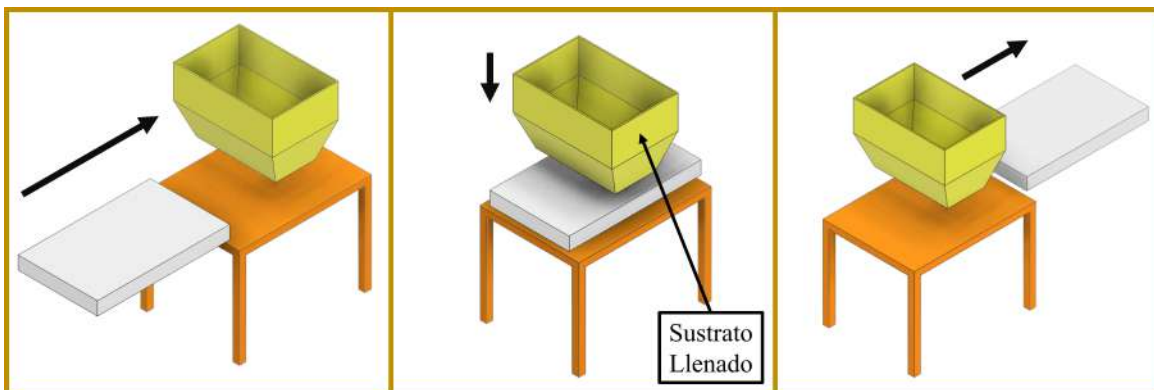
En cuanto al sistema de liberación, se ha seleccionado un mecanismo de biela-manivela accionado por un cilindro neumático, el cual se implementará en cada extremo de la máquina. Se utilizará el cilindro neumático, debido a su fácil mantenimiento, costo y velocidad para liberar las bandejas de forma individual.

Módulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas.

La operación inicia con la llegada de la bandeja al módulo. Un sistema de dispensado liberará sustrato hacia las bandejas, llenando los alveolos.

Figura 13

Funcionamiento del modulo 2 dispensador de sustrato para el llenado de bandejas



Nota: En la figura siguiente, se delinearán los tres procesos que el módulo 2 debe ejecutar para llenar las bandejas de germinación con sustrato.

Tabla 6

Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 2

Procesos	Mecanismos/Actuadores
Dispensador de sustrato	<ul style="list-style-type: none">• Tolva rectangular• Tolva tipo cónico
Mecanismo de dispensado	<ul style="list-style-type: none">• Tornillo sin fin• Motor y cilindro

Nota: En la tabla que sigue, se detallan los diversos mecanismos que pueden ser empleados en el módulo 2, con la selección del más apropiado.

Se ha optado por utilizar una tolva rectangular para el dispensador de sustrato, ya que su extremo se ajusta a la forma de las bandejas de germinación. Además, esta forma específica no solo ocupa menos espacio, sino que también permite contener una mayor cantidad de sustrato.

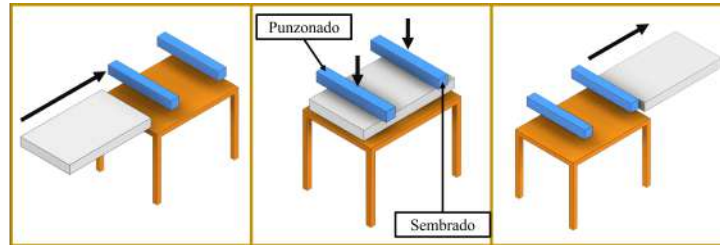
Para el dispensado de sustrato, se ha optado por un cilindro con forma de estrella, activado por un motor eléctrico. Este mecanismo permite dispensar el sustrato de manera uniforme, asegurando el llenado de cada uno de los alveolos de la bandeja.

Módulo 3: Punzonado y sembrado.

El proceso comienza con la llegada de la bandeja con sustrato. Después, pasará por un mecanismo de punzonado que hará agujeros de 0,7cm a 2cm en el sustrato de cada alveolo. Posteriormente, un mecanismo de sembrado deposita una semilla en cada alveolo de la bandeja.

Figura 14

Funcionamiento del módulo 3 sistema de punzonado y sembrado



Nota: En la figura siguiente se representan los procesos que el módulo 3 debe llevar a cabo para realizar el punzonado y sembrado.

Tabla 7

Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 3

Procesos	Mecanismos/Actuadores
Punzonado	<ul style="list-style-type: none">• Pistón neumático e hileras de apisonadoras• Cilindro de punzonado
Sembrado	<ul style="list-style-type: none">• Hilera de agujas neumáticas• Cilindro neumático para distribución de semillas

Nota: En la tabla siguiente se presentan los diversos mecanismos disponibles para el módulo 3, acompañados de la elección del más apropiado.

En cuanto al sistema de punzonado, hemos elegido un cilindro rodeado de apisonadoras con una disposición exacta para cada bandeja, Esto permite una mejora en la uniformidad para la siembra y un flujo constante durante la creación de agujeros en el sustrato, evitando así la necesidad de detener la máquina.

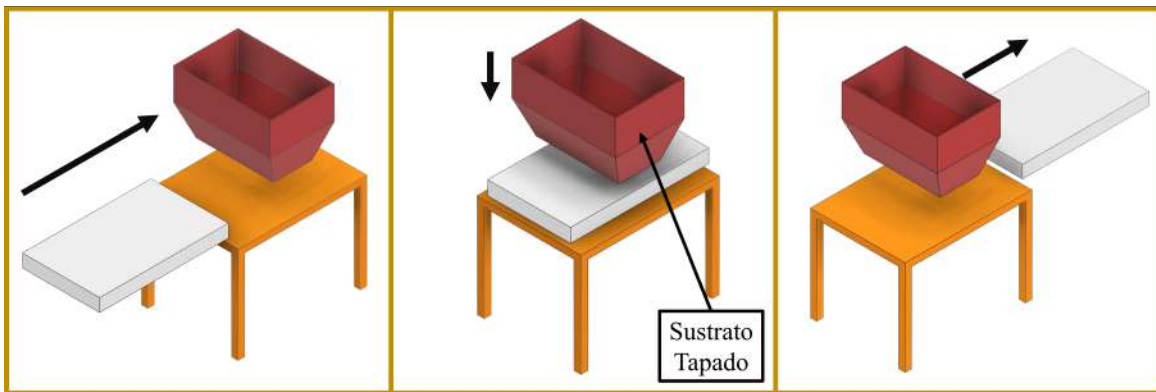
Para el sistema de siembra, se utilizará un cilindro neumático que succionará las semillas y las depositará de manera precisa y uniforme en la bandeja. Esto asegura un flujo continuo, mejora en la productividad y elimina las interrupciones en el funcionamiento de la máquina

Módulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas.

La operación inicia con la llegada de la bandeja sembrada. Un mecanismo de dispensador de sustrato cubre todas las semillas con una capa de sustrato.

Figura 15

Funcionamiento del modulo 4 dispensador de vermiculita



Nota: En la figura siguiente se visualizan los distintos procesos que el módulo 4 debe llevar a cabo para cubrir las bandejas previamente sembradas.

Tabla 8

Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 4

Procesos	Mecanismos/Actuadores
Mecanismo de distribución	<ul style="list-style-type: none">• Tornillo sin fin• Motor y cilindro• Banda transportadoras

Nota: En la tabla siguiente se presentan los diversos mecanismos que podrían emplearse en el módulo 4, con la elección del más adecuado.

Al igual que en el módulo 2, se utilizará una tolva rectangular para dispensar el sustrato. Esta elección se debe a que su forma se ajusta a la bandeja de germinación, además de ocupar menos espacio y tener una mayor capacidad de contención de material.

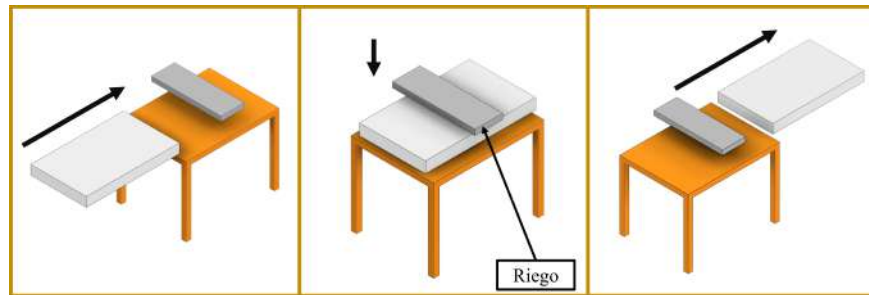
Para el dispensado de sustrato, se usará un cilindro con rugosidad, el cual será activado por un motor eléctrico. Este mecanismo permite dispensar el sustrato de manera uniforme, asegurando el llenado de cada uno de los alveolos de la bandeja.

Módulo 5: Riego

El proceso comienza con la llegada de la bandeja sembrada y tapada. Un mecanismo de riego dispensa agua sobre la bandeja para hidratar las semillas.

Figura 16

Funcionamiento del modulo 5 sistema de riego



Nota: En la figura siguiente se muestra el proceso que el módulo de riego lleva a cabo para regar las bandejas.

Tabla 9

Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 5

Procesos	Mecanismos/Sistemas
Sistema de distribución de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Tuberías • Mangueras
Sistema de riego	<ul style="list-style-type: none"> • Boquillas de goteo • Boquillas de aspersion

Nota: En la tabla siguiente se presentan los diversos mecanismos posibles para el módulo de riego, así como los distintos sistemas de riego disponibles, con la selección de la más adecuada.

En el sistema de distribución de agua, se implementará un conjunto de tuberías normalizadas, ya que se necesita una presión de agua específica, son rígidas y confiables.

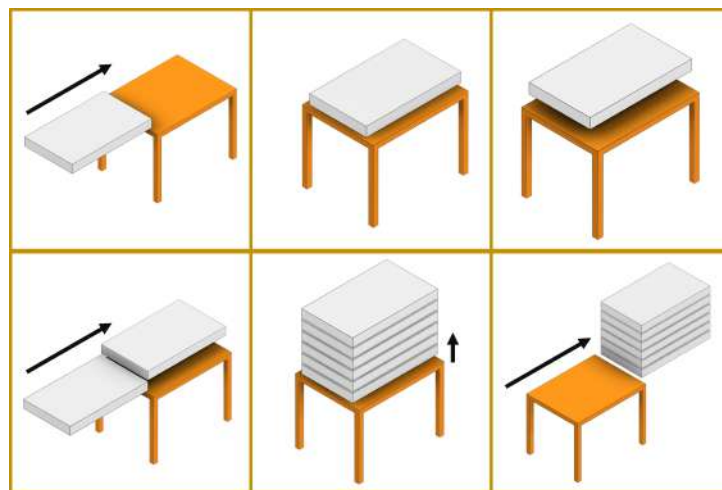
Por otro lado, para el sistema de riego, implementaremos boquillas de aspersión. Estas boquillas están diseñadas para realizar un riego por aspersión de manera uniforme en toda la bandeja.

Módulo 6: Apilador de bandejas.

El proceso se inicia con la llegada de las bandejas desde un extremo de la máquina. Utilizando un método de transporte específico, las bandejas se elevan de manera coordinada hasta conformar un conjunto compacto. Luego, se activa un mecanismo que libera las bandejas, permitiéndoles regresar al sistema de transporte, y el ciclo se reinicia para el siguiente conjunto de bandejas.

Figura 17

Funcionamiento del modulo 6 apilador de bandejas



Nota: En la figura siguiente se representa el proceso del módulo apilador de bandejas encargado de apilar conjuntos de cinco bandejas.

Tabla 10

Definición de mecanismos y actuadores para el módulo 6

Procesos	Mecanismos/Actuadores
Elevación de bandejas	<ul style="list-style-type: none">• Actuadores lineales eléctricos• Actuadores Hidráulicos• Actuadores Neumáticos
Sujeción de bandejas	<ul style="list-style-type: none">• Actuadores lineales eléctricos• Actuadores Hidráulicos• Actuadores Neumáticos• Solenoides

Nota: En la siguiente tabla, se pueden identificar los distintos mecanismos posibles para utilizar en el módulo 6, acompañados de la selección del más adecuado.

Para la elevación de bandejas y la sujeción de las mismas, se ha seleccionado actuadores neumáticos, debido a que son de fácil mantenimiento, son confiables y sobre todo cumplen con las necesidades requeridas. También nos permite optimizar recursos, ya que la máquina cuenta con un compresor.

6.2. Diseñar el sistema mecatrónico para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.

6.2.1. Diseño del sistema.

Diseño de Bandas Transportadoras

Con el propósito de mejorar y simplificar el proceso de diseño, la línea de producción consta de seis módulos previamente definidos. Sin embargo, en el caso del sistema de transporte, se optó por dividir la máquina en tres partes, contando con dos módulos por banda. Esta elección se hizo con el fin de reducir costos y recursos como los motores, los cuales están destinados para cada banda transportadora. Bandemir (1986)

Tabla 11*Distribución del sistema de transporte*

Bandas	Módulos
Banda A	Módulo uno y dos
Banda B	Módulo tres y cuatro
Banda C	Módulo cinco y seis

Nota: En la tabla se indica cómo están distribuidas las bandas transportadoras con respecto a los módulos.

Selección de material:

Para las bandas transportadoras, se ha seleccionado el material PVC (policloruro de vinilo) debido a su amplio uso en aplicaciones de transporte y su resistencia comprobada a la humedad.

Componentes de las bandas transportadoras:

Tabla 12*Componentes*

Elementos	Medidas
Rodillo de transmisión	60mm
Eje de mando	25 mm
Banda transportadora	2,3m (L) largo y 400mm de ancho
Rodillo B	60mm
Eje B	25mm

Nota: En la tabla se indican los elementos que contienen las bandas transportadoras.

Cálculo de bandas

Banda A

F_x : Coeficiente de fricción de enrollamiento entre banda y rodillos deslizantes.

$$F_x = 0,03 \text{ para equipo nuevo.}$$

$$F_x = 0,035 \text{ para equipo usado.}$$

L_c : Valor ajustado de la distancia entre centros (L) del transportador

$$L_c = L \text{ para } L \leq 250 \text{ft.}$$

$$\text{Entonces } L_c = 7,55 \text{ft.}$$

G : Peso de las piezas en movimiento

$$\text{Eje y Rodillo} = 11,235 \text{ kg}$$

$$11,235 \text{ kg} \cdot 2 = 22,47 \text{kg}$$

$$G = 162,53 \text{lb/ft}$$

T_x : Tensión necesaria para mover la banda vacía en libras:

$$T_x = F_x \cdot L_c \cdot G \tag{1}$$

$$T_x = 0,035 \cdot 7,55 \cdot 162$$

$$T_x = 42,81 \text{lb}$$

T_y : Tensión necesaria para mover la carga en sentido horizontal:

$$T_y = F_y \cdot L_c \cdot Q \tag{2}$$

$$T_y = 0,04 \cdot 7,55 \cdot 0,37$$

$$T_y = 0,12 \text{lb}$$

Donde:

F_y : Coeficiente de fricción entre la banda y los rodillos deslizantes.

$$F_y = 0,04 \quad (3)$$

Q : Razón de carga en lb/ft de distancia transportada

$$Q = \frac{33,3 \cdot C}{S} \quad (4)$$

$$Q = \frac{33,3 \times 0,46}{37,80}$$

$$Q = 0,37 \text{ lb/ft}$$

Donde:

C : Carga en ton/hora

$$C = 120 \cdot 0,5 \text{ Kg} + 120 \cdot 3 \text{ Kg} \quad (5)$$

$$C = 420 \text{ Kg/h}$$

$$C = 0,42 \text{ Ton/hora}$$

S = velocidad de banda en ft/min

$$S = 0,192 \text{ m/s} \quad (6)$$

$$S = 37,80 \text{ ft/min}$$

T_E : Tensión efectiva

$$T_E = T_x + T_y \quad (7)$$

$$T_E = 42,81 + 0,12$$

$$T_E = 42,93 \text{ lb}$$

Cálculo de la potencia inicial del motor para vencer la inercia de la banda

$$\text{Potencia del motor} = \frac{T_E \cdot S}{3.300 \cdot 0,9} \quad (8)$$

Donde:

0.9 es la eficiencia aproximada en las reducciones de velocidad

$$\text{Potencia del motor} = \frac{42,93 \cdot 37,80}{3.300 \cdot 0,9}$$

$$\text{Potencia del motor} = 0,55\text{HP}$$

$$\text{Potencia del motor} = 410,14\text{W}$$

Banda B

F_x : Coeficiente de fricción de enrollamiento entre banda y rodillos deslizantes.

$$F_x = 0,03 \text{ para equipo nuevo.}$$

$$F_x = 0,035 \text{ para equipo usado.}$$

L_c : Valor ajustado de la distancia entre centros (L) del transportador

$$L_c = L \text{ para } L \leq 250\text{ft.}$$

$$\text{Entonces } L_c = 5,90\text{ft.}$$

G : Peso de las piezas en movimiento

$$\text{Eje y Rodillo} = 11,235 \text{ kg}$$

$$11,235 \text{ kg} \cdot 2 = 22,47\text{kg}$$

$$G = 162,53\text{lb/ft}$$

T_x : Tensión necesaria para mover la banda vacía en libras:

$$T_x = F_x \cdot L_c \cdot G$$

$$T_x = 0,035 \cdot 5,90 \cdot 162,53$$

$$T_x = 33,56\text{lb}$$

T_y : Tensión necesaria para mover la carga en sentido horizontal:

$$T_y = F_y \cdot L_c \cdot Q$$

$$T_y = 0,04 \cdot 5,90 \cdot 0,37$$

$$T_y = 0,103\text{lb}$$

Donde:

F_y : Coeficiente de fricción entre la banda y los rodillos deslizantes.

$$F_y = 0,04$$

Q : Razón de carga en lb/ft de distancia transportada

$$Q = \frac{33,3 \cdot C}{S}$$

$$Q = \frac{33,3 \cdot 0,42}{37,80}$$

$$Q = 0,37\text{lb/ft}$$

Donde:

C : Carga en ton/hora

$$C = 120 \cdot 3,5\text{Kg}$$

$$C = 420\text{Kg/h}$$

$$C = 0,42\text{Ton/hora}$$

S = velocidad de banda en ft/min

$$S = 0,192\text{m/s}$$

$$S = 37,80\text{ft/min}$$

T_E : Tensión efectiva

$$T_E = T_x + T_y$$

$$T_E = 33,56 + 0,103$$

$$T_E = 33,66\text{lb}$$

Cálculo de la potencia inicial del motor para vencer la inercia de la banda

$$\text{Potencia del motor} = \frac{T_E \cdot S}{3.300 \cdot 0,9}$$

Donde:

0,9 es la eficiencia aproximada en las reducciones de velocidad

$$\text{Potencia del motor} = \frac{33,66 \cdot 37,80}{3.300 \cdot 0,9}$$

$$\text{Potencia del motor} = 0,43\text{HP}$$

$$\text{Potencia del motor} = 320,65\text{W}$$

Banda C

F_x : Coeficiente de fricción de enrollamiento entre banda y rodillos deslizantes.

$$F_x = 0,03 \text{ para equipo nuevo.}$$

$$F_x = 0,035 \text{ para equipo usado.}$$

L_c : Valor ajustado de la distancia entre centros (L) del transportador

$$L_c = L \text{ para } L \leq 250\text{ft.}$$

$$\text{Entonces } L_c = 5,58\text{ft.}$$

G : Peso de las piezas en movimiento

$$\text{Eje y Rodillo} = 11,235 \text{ kg}$$

$$11,235 \text{ kg} \cdot 2 = 22,47\text{kg}$$

$$G = 162,53\text{lb/ft}$$

T_x : Tensión necesaria para mover la banda vacía en libras:

$$T_x = F_x \cdot L_c \cdot G$$

$$T_x = 0,035 \cdot 5,58 \cdot 162,53$$

$$T_x = 31,74 \text{ lb}$$

T_y : Tensión necesaria para mover la carga en sentido horizontal:

$$T_y = F_y \cdot L_c \cdot Q$$

$$T_y = 0,04 \cdot 5,58 \cdot 0,423$$

$$T_y = 0,094 \text{ lb}$$

Donde:

F_y : Coeficiente de fricción entre la banda y los rodillos deslizantes.

$$F_y = 0,04$$

Q : Razón de carga en lb/ft de distancia transportada

$$Q = \frac{33,3 \cdot C}{S}$$

$$Q = \frac{33,3 \cdot 0,48}{37,80}$$

$$Q = 0,423 \text{ lb/ft}$$

Donde:

C : Carga en ton/hora

$$C = 120 \cdot 4 \text{ Kg}$$

$$C = 480 \text{ Kg/h}$$

$$C = 0,48 \text{ Ton/hora}$$

S : velocidad de banda en ft/min

$$S = 0,192 \text{ m/s}$$

$$S = 37,80 \text{ ft/min}$$

T_E : Tensión efectiva

$$T_E = T_x + T_y$$

$$T_E = 31,74 + 0,094$$

$$T_E = 31,834 \text{ lb}$$

Cálculo de la potencia inicial del motor para vencer la inercia de la banda

$$\text{Potencia del motor} = \frac{T_E \cdot S}{3.300 \cdot 0,9}$$

Donde:

0,9 es la eficiencia aproximada en las reducciones de velocidad

$$\text{Potencia del motor} = \frac{31,834 \cdot 37,80}{3.300 \cdot 0,9}$$

$$\text{Potencia del motor} = 0,41 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia del motor} = 304,74 \text{ W}$$

Cálculo de la Velocidad del Motor

Considerando las dimensiones de la máquina, compuesta por 6 módulos de al menos 1000 mm cada uno, resultando en un total de 6000 mm (o 6 m), y con la premisa de procesar 120 bandejas por hora, se deduce que cada bandeja debe permanecer en la máquina durante 30 segundos.

Para determinar la velocidad, comenzamos calculando la velocidad de desplazamiento de las bandejas:

$$\text{Velocidad de desplazamiento de bandejas} = \frac{6 \text{ m}}{30 \text{ s}} = 0,2 \text{ m/s} \quad (9)$$

Esta velocidad lineal se convierte a metros por minuto:

$$\text{Velocidad lineal} = 0,2 \text{ m/s} = 12 \text{ m/min} \quad (10)$$

Considerando un diámetro de rodillo de 60 mm, calculamos la circunferencia del rodillo:

$$\text{Circunferencia del rodillo} = \pi \cdot \text{Diámetro} \quad (11)$$

$$Cr = 3,1416 \cdot 60 \text{ mm}$$

$$Cr = 188,49 \text{ mm}$$

$$Cr = 0,188 \text{ m}$$

Cuando la banda avanza 0,188 m, el motor debe realizar una vuelta completa (1 revolución). Utilizando una regla de tres:

$$0,188 \text{ m} \rightarrow 1 \text{ rev} \quad (12)$$

$$1 \text{ m} \rightarrow \frac{1}{0,188} \text{ rev} = 5,319 \text{ rev}$$

$$12 \text{ m} \rightarrow 12 \cdot 5,319 \text{ rev} = 63,8297 \text{ rev}$$

Por lo tanto, nuestro motor debe girar a una velocidad de 63,82 RPM (revoluciones por minuto).

Selección del motor

Para seleccionar el motor, se consultó la página del fabricante y, mediante filtros, se eligió una potencia de 0,55 el valor más cercano a la potencia calculada previamente. Del mismo modo, para la velocidad, se seleccionó 70 RPM, obteniendo la opción más cercana al valor calculado.

Figura 18

Motor seleccionado para las bandas transportadora



Nota: En la figura siguiente, se presenta el motor elegido para las tres bandas transportadoras del sistema, Zuendo (2024)

Características Generales del Motor

Los motores asíncronos trifásicos y monofásicos corresponden a la clase de eficiencia EFF2 y son fabricados atendiendo a las siguientes características:

Tabla 13

Especificaciones del motor para las 3 bandas transportadoras

Característica	Descripción
Motores	Cerrados.
Eurovoltage	220-240 / 380-420 V — 380-420 / 660-725 V.
Ventilación	Exterior.
Frecuencia	50 Hz y 60 Hz.
Rotor	Jaula de ardilla.
Protección	IP 55.
Dispositivo de reengrase	Desde tamaño 180 inclusive.
Aislamiento	Clase F.
Sonda Térmica	PTC desde tamaño 132 inclusive.
Calentamiento	Clase B.
Color	Azul RAL-5010.

Nota: En la tabla se detallan las especificaciones del motor seleccionado para las 3 bandas transportadoras.

Tabla 14

Especificaciones del reductor para las 3 bandas transportadoras

Característica	Descripción
Marca	Taüsend Motoren modelo RSTV-050.
Cinematismo	Acero cementado y rectificado.
Corona	Aleación de bronce sobre hierro fundido esferoidal.
Carcasa	Aluminio.
Eje de salida	25 mm.
Peso	3,5 kg.

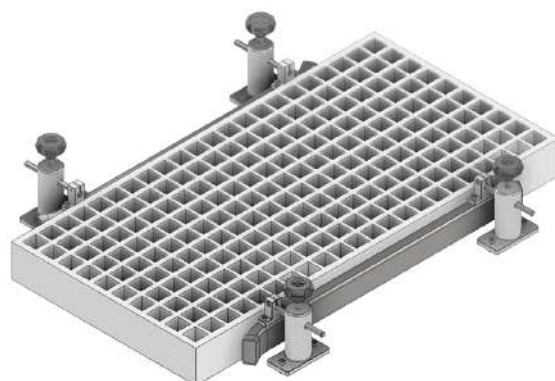
Nota: En la tabla se detallan las especificaciones del reductor para las 3 bandas transportadoras. Zuendo (2024)

Sistema de guías para bandas transportadoras.

En cada módulo, hemos incorporado un sistema de guías construido con tubos de acero. Estas guías garantizan que las bandejas sigan una trayectoria recta durante todo el proceso. Este sistema permite la adaptación fácil a diferentes tipos de bandejas; simplemente ajustando las perillas que aflojan las guías, logramos una configuración para cada bandeja.

Figura 19

Sistema de guías



Nota: En la figura siguiente, se aprecia el sistema de guías implementado en cada módulo de la línea de producción de plántones. Zuendo (2024)

Diseño del Módulo 1: Dispensador de bandejas de germinación.

Dispensador de bandejas.

Es un sistema diseñado para facilitar y optimizar el proceso de germinación de semillas, el cual nos proporciona un ambiente controlado y ordenado.

Cálculo de Carga del Cilindro Neumático

Dado que uno de los parámetros de nuestra máquina es que debe contener 10 bandejas de germinación, necesitamos calcular la carga que el cilindro neumático debe ser capaz de soportar. En este caso, consideramos que cada bandeja pesa 0.5kg.

$$\text{Carga total} = 10 \text{ bandejas} \cdot 0,5 \text{ kg/bandeja} \quad (13)$$

$$\text{Carga total} = 5 \text{ kg}$$

Parámetros del Actuador Neumático

En base al mecanismo diseñado para la liberación de bandejas, se han establecido los siguientes parámetros para la selección del actuador neumático:

Tabla 15

Especificaciones del actuador neumático para el módulo 1.

Característica	Valor
Recorrido	Mínimo de 12 mm.
Carga útil	5 kg (peso de las bandejas).
Presión	8 bar (presión estándar).
Posicionamiento de montaje	Vertical.
Dirección de aplicación de la carga	Avance.

Nota: En la tabla se presentan las especificaciones del actuador neumático necesario para el mecanismo del módulo dispensador de bandejas.

Con los parámetros ya definidos, nos dirigimos a la página de Festo para buscar el cilindro neumático más adecuado para nuestra máquina. Utilizamos la herramienta de selección proporcionada por Festo, y los resultados obtenidos son:

Tabla 16

Componentes neumáticos del dispensador de bandejas

Cantidad	Componente	Código/Modelo
1	Cilindro	ADN-12-10-A-P-A
1	Válvula	VUVG-LK10-M52-AT-M7-1R8L-S
1	Cable	NEBU-M8W3-K-2.5-LE3
2	Control de flujo	VFOE-LE-T-M5-Q4
N	Tubería	PUN-H-4X0.75-BL
3	Racor	QSM-M7-4-I
2	Silenciador	UC-M7

Nota: En la tabla se muestran los componentes necesarios para el dispensador neumático de bandejas.

Figura 20

Cilindro neumático seleccionado



Nota: En la imagen se observa el cilindro neumático seleccionado para el dispensador de bandejas, Festo (2024)

Una vez que hemos definido todos los elementos del dispensador, procedemos a realizar el diseño del mecanismo para liberar las bandejas utilizando el software Inventor, como se ilustra en la imagen siguiente.

Figura 21

Módulo 1: Sistema dispensador de bandejas

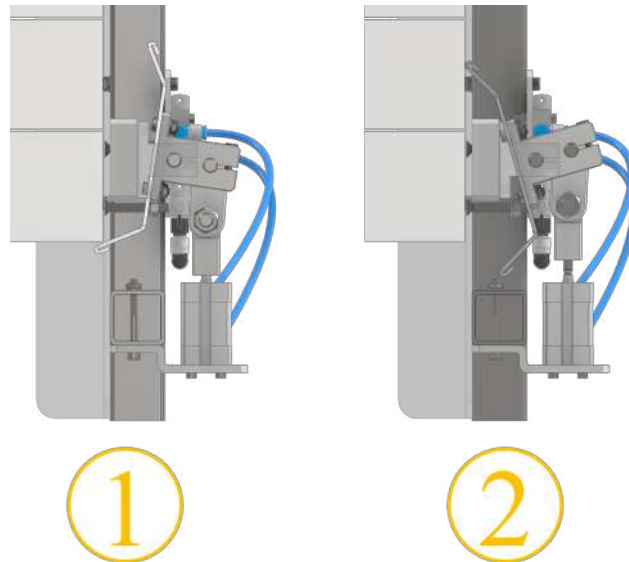


Nota: En la imagen se puede observar el sistema de almacenamiento de bandejas de germinación y el mecanismo para su liberación hacia el resto del proceso.

Este mecanismo de liberación de bandejas emplea un cilindro neumático para activar un mecanismo de biela-manivela, provocando que la bandeja caiga hacia la banda transportadora. Mientras tanto, la bandeja siguiente queda retenida gracias al mismo mecanismo. Cuando el sistema se apaga, la bandeja se libera y es sujeta nuevamente por el mecanismo, asegurando un proceso controlado y eficiente.

Figura 22

Mecanismo de liberación de bandejas



Nota: En la imagen se puede observar el mecanismo diseñado para la liberación de bandejas de germinación.

Diseño de banda transportadora del módulo 1

La estructura de este módulo se ha diseñado con tubos cuadrados de acero. Para garantizar una base sólida y nivelada, incorporamos patas adaptables debajo de la estructura, permitiendo ajustar la máquina con precisión. Con esto se asegura la estabilidad de la unidad y facilita la integración con los demás módulos del sistema.

Figura 23

Estructura del modulo 1



Nota: En la imagen se puede observar la estructura del modulo 1.

Con la estructura ya establecida y siguiendo los parámetros previamente definidos, nos enfocamos en el diseño de la banda transportadora, la cual llevará las bandejas hacia el sistema de producción de plántones. Para este diseño, hemos seleccionado perfiles de aluminio como base para la banda. Además, hemos incorporado un sistema de tensión que posibilita ajustar la tensión de la banda durante el ensamblaje.

Figura 24

Módulo 1: Banda transportadora

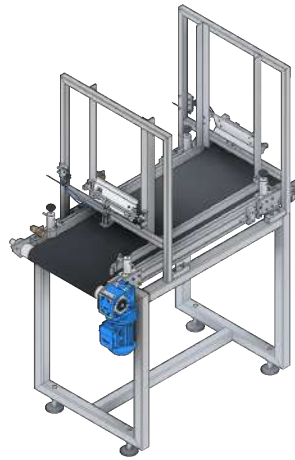


Nota: En la imagen siguiente se aprecia el conjunto del módulo 1 de la estructura junto con la banda transportadora.

Una vez diseñada la banda transportadora y el sistema de distribución, se integran mediante pernos directamente a la estructura para garantizar resistencia y solidez. En la imagen siguiente, se puede apreciar el conjunto completo del módulo 1: Dispensador de bandejas de germinación.

Figura 25

Dispensador de bandejas de germinación



Nota: En la siguiente imagen, se presenta el conjunto completo del módulo 1 con todos los componentes necesarios para cumplir la función de dispensar las bandejas de germinación de manera individual.

Diseño del Módulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas.

Dimensionamiento del motor para dispensado de sustrato

Diseño de la tolva

El diseño de la tolva es importante, ya que esta estructura juega un papel importante para dispensar el sustrato. Primero escogemos la forma de la tolva, para ello hemos tomado en cuenta nuestras necesidades y hemos elegido una tolva rectangular.

Tierra Marga

La tierra marga para plantas suele clasificarse como un suelo “fino”. Los suelos finos contienen partículas más pequeñas, y la tierra marga específicamente contiene una proporción significativa de arcilla, que es una partícula fina.

Tabla 17

Especificaciones de la tolva del modulo 2

Parámetros	Especificaciones
Peso específico	La tolva debe soportar 300 kg de sustrato (Son 120 bandejas con 2,5 kg cada una)
Capacidad de almacenamiento en TM/h	300 kg/h = 0,3 TM/h
Densidad del material	2500 Kg/m ³ = 2,5 TM/m ³
Espacios vacíos	Para materiales finos 20%
Ángulo de reposo de la Tierra Marga	40°
Humedad y Tamaño de las partículas	25% no se puede diferenciar el tamaño de las partículas
Dimensiones de la tolva	Base Inferior: Largo (L) = 0,2 m, Ancho (W) = 0,35 m Base Superior: Largo (L) = 0,65 m, Ancho (W) = 0,55 m

Nota: En la tabla se muestran los parámetros que la tolva deberá tener para cumplir las necesidades del sistema.

Selección de material

Para aplicaciones agrícolas, especialmente en contacto con sustratos y tierra húmeda, se recomienda el uso de acero inoxidable de grado austenítico, el cual es conocido por su resistencia a la corrosión. Dentro de los aceros inoxidables austeníticos, los más comunes en entornos agrícolas son el AISI 304 y AISI 304 L.

Se ha seleccionado el AISI 304, ya que es un acero inoxidable austenítico estándar con una cantidad normal de carbono, es resistente a la corrosión, permite soldar con facilidad y es menos costoso que el AISI 304 L.

Cálculos de la Tolva

Ángulo de la tolva

Se utiliza 15° más que el ángulo de reposo para la inclinación de la caída de la tolva, ya que permite que el sustrato fluya. M. González (2022)

$$\text{Ángulo de la tolva} = \theta_{\text{reposo}} + 15^\circ \quad (14)$$

$$\text{Ángulo de la tolva} = 40^\circ + 15^\circ$$

$$\text{Ángulo de la tolva} = 55^\circ$$

Densidad corregida

$$\rho_c = (1 - F_{ev}) \cdot \rho_m \quad (15)$$

Donde: ρ_c = densidad corregida en toneladas métricas por metro cúbico (TM/m^3).

F_{ev} = factor de espacios vacíos.

ρ_m = densidad del material en TM/m^3 .

Reemplazamos valores

$$\rho_c = (1 - 0,20) \cdot 2,5$$

$$\rho_c = 2 \text{TM}/\text{m}^3$$

Volumen de la tolva

Con la fórmula de la capacidad de la tolva, J. González, Gómez, y Martínez (2018)

$$T = V \cdot \rho_c \quad (16)$$

despejando T , calculamos el volumen

$$V = \frac{T}{\rho_c} \quad (17)$$

Donde:

T = capacidad de la tolva en toneladas métricas (TM).

V = volumen de la tolva en metros cúbicos (m^3).

ρ_c = densidad corregida en TM/ m^3 .

$$V = \frac{0,3}{2}$$

$$V = 0,15 m^3$$

Tomando en cuenta el ángulo y el volumen de la tolva, calculamos la altura. Como la tolva es rectangular calculamos dos alturas y tomamos el valor mayor. Brown y Nielsen (1998)

Cálculo de la altura

$$H_1 = \frac{LB - Lb}{\tan(\theta)} \quad (18)$$

$$H_2 = \frac{WB - Wb}{\tan(\theta)} \quad (19)$$

Donde, Villon (2007):

LB = largo de la base superior.

Lb = largo de la base inferior.

WB = ancho de la base superior.

Wb = ancho de la base inferior.

θ = ángulo de la tolva

Reemplazamos valores

$$H_1 = \frac{0,65 - 0,2}{\tan(55^\circ)}$$

$$H_1 = 0,3151 \text{ m}$$

$$H_2 = \frac{0,55 - 0,35}{\tan(55^\circ)}$$

$$H_2 = 0,14 \text{ m}$$

En base a los resultados, la altura de nuestra tolva será de 0,315 m

Esfuerzos en la tolva

$$Pv = \frac{\rho g D}{4\mu K G_c} \quad (20)$$

Donde, Chow (1959):

Pv = esfuerzo en la tolva.

ρ = densidad del material.

g = gravedad.

μ = coeficiente de fricción.

K = valor de recuadro 0,4 constante.

D = diámetro hidráulico.

$G_c = 1 \text{ kg m} / \text{N s}^2$

Diámetro hidráulico

$$Dh = 4 \frac{\text{Área hidráulica}}{\text{Perímetro hidráulico}} \quad (21)$$

$$Dh = 4 \left(\frac{0,184}{1,134} \right)$$

$$Dh = 0,65 \text{ m}$$

Se procede a calcular los esfuerzos, por lo que reemplazamos valores

$$Pv = \frac{8000 \cdot 9,8 \cdot 0,65}{4 \cdot 0,68 \cdot 0,4 \cdot 1}$$

$$Pv = 46.838,24 \text{ Pa}$$

Presión de la pared de la tolva

$$P_w = K \cdot P_v \quad (22)$$

$$P_w = 0,4 \cdot 46.838,24 \text{ Pa}$$

$$P_w = 18.735,29 \text{ Pa}$$

Presión total de trabajo

$$P_T = P_v + P_w \quad (23)$$

$$P_T = 46.838,24 \text{ Pa} + 18.735,29 \text{ Pa}$$

$$P_T = 65.573,53 \text{ Pa}$$

$$P_T = 0,066 \text{ MPa}$$

Espesor de la tolva

$$t = \frac{P_T \cdot r}{\sigma_f} \quad (24)$$

Donde:

σ_f = admisible del acero 304.

r = radio.

P_T = presión total de trabajo.

$$t = \frac{0,066 \text{ MPa} \times 0,16}{110 \text{ MPa}}$$

$$t = 9,6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$t = 0,096 \text{ mm}$$

La tolva será diseñada con un factor de seguridad de 4, con el objetivo de evitar accidentes y considerando su forma piramidal, ya que los puntos de presión son más altos en las paredes y las secciones de unión entre planchas. Brown y Nielsen (1998)

$$t_{\text{usada}} = t_{\text{calculada}} \cdot \text{Factor de seguridad} \quad (25)$$

$$t_{\text{usada}} = 0,096 \text{ mm} \cdot 4$$

$$t_{\text{usada}} = 0,384 \text{ mm}$$

El espesor de la plancha sería de 0,384 mm.

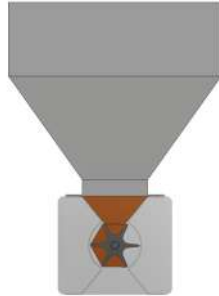
Se ha seleccionado una plancha de acero inoxidable 304 con un espesor de 4 mm, ya que es el espesor comercial que existe de la plancha. Esto nos permite evitar deformaciones al soportar la presión interna necesaria para el empuje del material y asegura una mayor vida útil.

Sistema de distribución de sustrato

Después de determinar las dimensiones de la tolva, se realizó el diseño del mecanismo encargado de dispensar el sustrato necesario. Este mecanismo consistirá en un eje al cual se soldarán paletas. Cuando el motor gire, cada sección del eje llevará consigo una cantidad específica de sustrato, depositándolo de manera ordenada en los alveolos de la bandeja. Ling, Sanny, y Moebs (2019)

Figura 26

Sistema dispensador de sustrato



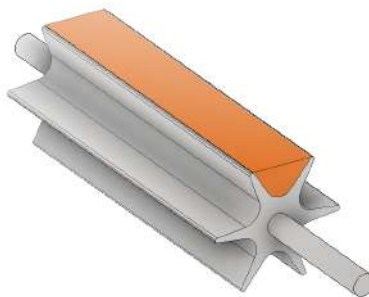
Nota: En la imagen se puede observar una tolva rectangular, la cual está encargada de dispensar el sustrato para cada bandeja.

Para determinar el torque necesario del motor que impulsará el mecanismo, es esencial considerar las diversas cargas que actúan sobre él. Estas cargas incluyen el peso del eje con las paletas soldadas, así como la carga adicional del sustrato en cada sección.

Carga de eje y paletas

Figura 27

Paletas dispensadoras de sustrato



Nota: En la imagen se puede observar el eje con las paletas, el cual distribuye la cantidad de sustrato para cada bandeja.

Masa de la porción de sustrato.

Dado que el mecanismo rotará ligeramente antes de que la primera porción de sustrato caiga hacia las bandejas, es necesario considerar cuatro porciones en total. En consecuencia, el resultado de la masa de cada porción deberá multiplicarse por 4. Para calcular la masa, podemos emplear el volumen multiplicado por la densidad del sustrato, el cual fue especificado en el dimensionamiento de las tolvas.

Carga total

Masa por porción:

$$\text{Masa 1} = \text{Volumen} \cdot \text{Densidad del sustrato} \quad (26)$$

$$\text{Masa 1} = 535.738,6183 \text{ mm}^3 \cdot 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masa 1} = 0,000536 \text{ m}^3 \cdot 2.500 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masa 1} = 1,34 \text{ kg}$$

Masa total para 4 porciones:

$$\text{Masa 2} = 1,34 \text{ kg} \cdot 4 \quad (27)$$

$$\text{Masa 2} = 5,36 \text{ kg}$$

Masa del eje y paletas:

$$\text{Masa 3} = 16,649 \text{ kg} \quad (28)$$

Masa total:

$$\text{Masa total} = \text{Masa 2} + \text{Masa 3} \quad (29)$$

$$\text{Masa total} = 16,649 \text{ kg} + 5,36 \text{ kg}$$

$$\text{Masa total} = 22,009 \text{ kg}$$

Fuerza del eje:

$$\text{Fuerza del eje} = \text{Masa total} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (30)$$

$$\text{Fuerza del eje} = 22,009 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Fuerza del eje} = 215,9 \text{ N}$$

Torque:

$$\text{Torque} = \text{Fuerza del eje} \cdot 0,35 \text{ m} \quad (31)$$

$$\text{Torque} = 215,9 \text{ N} \cdot 0,35 \text{ m}$$

$$\text{Torque} = 75,468 \text{ Nm}$$

Velocidad angular del apisonador

$$\text{Diámetro del eje y paletas} = 155 \text{ mm} \quad (33)$$

$$\text{Circunferencia del rodillo} = \pi \cdot \text{Diámetro} \quad (34)$$

$$\text{Circunferencia del rodillo} = 3,1416 \cdot 155 \text{ mm}$$

$$\text{Circunferencia del rodillo} = 486,948 \text{ mm} = 0,49 \text{ m}$$

$$\text{Vueltas completas para 1m} = \frac{1}{0,49} \quad (35)$$

$$\text{Vueltas completas para 1m} \approx 2,04$$

$$\text{Vueltas completas para 12m} \approx 2,04 \cdot 12 = 24,48$$

$$\text{Velocidad angular} = 24,48 \text{ rev/min} \cdot \frac{2\pi}{60} = 2,9 \text{ rad/s} \quad (36)$$

Cálculo de potencia

$$\text{Potencia} = \text{Torque} \cdot \text{Velocidad angular} \quad (37)$$

$$\text{Potencia} = 75,468 \cdot 2,9$$

$$\text{Potencia} \approx 220,642 \text{ watts}$$

$$\text{Potencia} \approx 0,22 \text{ kW}$$

Dado que no requerimos una alta precisión, hemos optado por utilizar un motor de corriente alterna (AC). Para seleccionar el motor adecuado, visitamos la página del proveedor y elegimos un motor con una potencia de 0,37, lo más cercano a nuestras necesidades, y una velocidad de 28 RPM, que también se aproxima al valor requerido.

Tabla 18

Características Generales del motor para el sistema de distribución de sustrato

Característica	Descripción
Motores	Cerrados.
Eurovoltage	220-240 / 380-420 V — 380-420 / 660-725 V.
Ventilación	Exterior.
Frecuencia	50 Hz y 60 Hz.
Rotor	Jaula de ardilla.
Protección	IP 55.
Dispositivo de reengrase	Desde tamaño 180 inclusive.
Aislamiento	Clase F.
Sonda Térmica	PTC desde tamaño 132 inclusive.
Calentamiento	Clase B.
Color	Azul RAL-5010.

Nota: Se presentan las características generales del motor para el sistema de distribución de sustrato. Zuendo (2024)

Tabla 19

Características Generales del Reductor para el sistema de distribución de sustrato

Característica	Descripción
Reductor	Marca Taüsend Motoren modelo RSTV-050.
Cinematismo	Con vis de acero cementado y rectificado.
Corona	Aleación de bronce sobre hierro fundido esferoidal.
Carcasa	De aluminio.
Eje de salida	25 mm.
Peso	3,5 kg.

Nota: Se presentan las características generales del reductor para el sistema de distribución de sustrato. Zuendo (2024)

Dimensionamiento del motor para el cepillo

Para eliminar el exceso de sustrato, se empleó un cepillo industrial diseñado específicamente para la limpieza en bandas transportadoras, por lo que es ideal para el propósito deseado.

Figura 28

Cepillo industrial



Nota: En la imagen se puede observar el cepillo industrial que se utilizara para distribuir el sustrato de manera uniforme, Befur (2019)

Tabla 20*Propiedades del Cepillo*

Propiedad	Valor
Diámetro del eje	15 mm
Diámetro del cepillo	110 mm
Longitud del cepillo	350 mm
Ángulo de instalación	5°

Nota: En la tabla se muestran las propiedades del cepillo industrial dadas por el fabricante, Befur (2019)

Para calcular el torque necesario del motor debemos calcular la fuerza que se aplica sobre el cepillo:

Carga total

$$\text{Masa del cepillo} = 6,922 \text{ kg}$$

$$\text{Masa del eje} = 0,735 \text{ kg}$$

$$\text{Masa de los soportes laterales} = 0,11 \text{ kg} \cdot 2 \quad (38)$$

$$\text{Masa de los soportes laterales} = 0,22 \text{ kg}$$

$$\text{Masa total} = 6,922 + 0,735 + 0,22 \quad (39)$$

$$\text{Masa total} = 7,877 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerza} = 7,877 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (40)$$

$$\text{Fuerza} = 77,27 \text{ N}$$

$$\text{Torque} = 77,27 \text{ N} \cdot 0,35 \text{ m} \quad (41)$$

$$\text{Torque} = 27,04 \text{ Nm}$$

Velocidad angular del cepillo

$$\text{Velocidad lineal} = 0,2 \text{ m/s} = 12 \text{ m/min}$$

$$\text{Diámetro del cepillo} = 110 \text{ mm}$$

$$\text{Circunferencia del cepillo} = \pi \cdot \text{Diámetro} \quad (42)$$

$$\text{Circunferencia del cepillo} = 3,1416 \cdot 110 \text{ mm}$$

$$\text{Circunferencia del cepillo} = 345,576 \text{ mm} = 0,35 \text{ m}$$

Regla de 3

$$0,35 \text{ m} \longleftrightarrow 1 \text{ rev}$$

$$1 \text{ m} \longleftrightarrow \frac{1}{0,35} \text{ rev} \approx 2,85 \text{ rev}$$

$$\text{Vueltas para } 12 \text{ m} \approx 12 \cdot 2,85 = 34,28 \text{ rev}$$

$$\text{Velocidad angular} = 34,28 \text{ RPM} \cdot \frac{2\pi}{60} \approx 3,6 \text{ rad/s}$$

Cálculo de potencia

$$\text{Potencia} = \text{Torque} \cdot \text{Velocidad angular} \quad (43)$$

$$\text{Potencia} = 27,04 \cdot 3,6$$

$$\text{Potencia} \approx 97,08 \text{ watts}$$

$$\text{Potencia} \approx 0,097 \text{ kW}$$

Motor seleccionado

Tras realizar el cálculo, hemos optado por elegir un motor de 0,12 kW con una velocidad de 35 RPM.

Tabla 21

Características generales del motor para el cepillo industrial

Característica	Descripción
Motores	Cerrados.
Eurovoltage	220-240 / 380-420 V — 380-420 / 660-725 V.
Ventilación	Exterior.
Frecuencia	50 Hz y 60 Hz.
Rotor	Jaula de ardilla.
Protección	IP 55.
Dispositivo de reengrase	Desde tamaño 180 inclusive.
Aislamiento	Clase F.
Sonda Térmica	PTC desde tamaño 132 inclusive.
Calentamiento	Clase B.
Color	Azul RAL-5010.

Nota: Se presentan las características generales del motor para el cepillo industrial, Zuendo (2024)

Tabla 22

Características generales del reductor para el cepillo industrial

Característica	Descripción
Reductor	Marca Taüsend Motoren modelo RSTV-030.
Cinematismo	Con vis de acero cementado y rectificado.
Corona	Aleación de bronce sobre hierro fundido esferoidal.
Carcasa	De aluminio.
Eje de salida	14 mm.
Peso	1,2 kg.

Nota: Se presentan las características generales del reductor para el cepillo industrial, Zuendo (2024)

Con los componentes previamente seleccionados, se ha diseñado el módulo 2, incorporando el sistema de guías mencionado anteriormente. Además, se ha integrado una serie de rodillos en cada extremo del módulo para prevenir el levantamiento no deseado de la bandeja debido a fuerzas externas.

Figura 29

Dispensador de sustrato para llenado



Nota: En la imagen se puede observar el modulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas, junto a todos los sistemas previamente definidos.

Diseño del Módulo 3: Punzonado y sembrado

Punzonado

El sistema de punzonado se diseñó con un tambor equipado con múltiples punzones para perforar los agujeros en las bandejas. Este apisonador presenta la capacidad de ajustar su altura, permitiendo regular la profundidad de los agujeros en los alvéolos.

Tambor de punzonado

Se optó por utilizar Acero al Carbono con recubrimiento galvanizado ASTM A36M para la fabricación del tambor del apisonador. Esta elección se basa en la accesibilidad y versatilidad de este material, ampliamente utilizado en diversas aplicaciones industriales. Además de su facilidad de soldadura, el acero al carbono galvanizado ofrece una notable resistencia a la corrosión, un aspecto importante dada la exposición prevista del tambor a condiciones de humedad y presencia de tierra.

Figura 30

Tambor del apisonador



Nota: En la imagen se puede observar el tambor que se ha diseñado para contener los punzones encargados de realizar los agujeros en las bandejas.

Igualmente, se seleccionó el mismo material utilizado en el tambor para la fabricación de los punzones, en cumplimiento con las especificaciones establecidas. Estos punzones están diseñados para ser mecanizados en un torno, lo que facilita su elaboración y permite roscarlos de manera efectiva en el tambor.

Figura 31

Punzón del apisonador



Nota: En la imagen se puede observar el punzón que ira acoplado al tambor para el sistema de apisonado.

Se eligió un eje de acero inoxidable AISI 430 con un diámetro de 25 mm para la conexión entre el tambor y los rodamientos. Esta elección se basó en las propiedades distintivas de este material, tales como su resistencia a la corrosión, durabilidad y capacidad para resistir condiciones adversas.

Selección del motor para el apisonador

Masa total

$$M_{\text{total}} = M_{\text{tambor}} + M_{\text{punzones}} + M_{\text{eje}} \quad (44)$$

$$M_{\text{total}} = 7,496 \text{ kg} + 2,2 \text{ kg} + 2,08 \text{ kg}$$

$$M_{\text{total}} = 11,776 \text{ kg}$$

Fuerza Apisonador

$$F_{\text{apisonador}} = M_{\text{total}} \cdot g \quad (45)$$

$$F_{\text{apisonador}} = 11,776 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{\text{apisonador}} = 115,52 \text{ N}$$

Torque

$$\text{Torque} = F_{\text{apisonador}} \cdot r \quad (46)$$

$$\text{Torque} = 115,52\text{N} \cdot 0,3\text{m}$$

$$\text{Torque} = 34,656\text{Nm}$$

Velocidad angular del apisonador

$$\text{Velocidad angular} = \frac{\text{Velocidad lineal}}{\text{Circunferencia del rodillo}} \cdot \frac{2\pi}{60} \quad (47)$$

$$\text{Velocidad angular} = \frac{0,2\text{m/s}}{0,53\text{m}} \cdot \frac{2\pi}{60}$$

$$\text{Velocidad angular} = 2,3\text{rad/s}$$

Cálculo de potencia

$$\text{Potencia} = \text{Torque} \cdot \text{Velocidad angular} \quad (48)$$

$$\text{Potencia} = 34,656\text{Nm} \cdot 2,3\text{rad/s}$$

$$\text{Potencia} = 79,709\text{W}$$

$$\text{Potencia} \approx 0,0797\text{kW}$$

Considerando que el apisonador experimentará paradas consecutivas, la elección recae en un servomotor, por la precisión requerida. Para determinar el motor adecuado, consultamos la página del proveedor, que presenta tres categorías de servomotores según la potencia necesaria. Tras calcular la potencia requerida, se concluyó que un servomotor de la categoría Lexium 28 cumplía con los requisitos especificados.

Motor seleccionado

Basándonos en la potencia calculada de 0,0797 kW, hemos elegido el motor BCH2 con una potencia de 100 vatios, cumpliendo así con los requisitos específicos. Es importante destacar

que el mismo fabricante nos proporciona un controlador (driver) adecuado para el manejo de este motor.

Figura 32

Motor y Driver seleccionado



Nota: En la imagen se puede observar el motor con su respectivo driver que se selecciono para el sistema apisonador, Schneider (2024)

Selección de rodamientos

Dado que nuestra aplicación demanda la capacidad de ajustar la profundidad de apisonado, hemos elegido un rodamiento con un cuerpo de hierro fundido diseñado específicamente para guías lineales. También se verificó que las especificaciones del rodamiento fueran capaces de soportar las cargas radiales del sistema. Después de evaluar varias alternativas, la elección final recayó en el rodamiento BADKP25, que cumple con todas nuestras especificaciones.

Figura 33

Selección del rodamiento



型号	JIS公称规格	基本额定负载 (kN)													止动螺丝		重量								
代码	D	H1	H2	H3	H4	L	A	A1	A2	W1	W2	Z	d	B	S	Cr (动)	Cor (静)	M1	紧固扭矩 (N·cm)	轴向负载能力 (N)	(g)				
BADTKP	12	UCT201																				790			
	15	UCT202																				770			
	17	UCT203	89	76	51	32	94	61	32	21												760			
	20	UCT204																							
	25	UCT205					97	62	32	24												1280	740		
	30	UCT206					113	70	37	28													1400	820	
	35	UCT207	102	89	64	37	129	78	37	30													1960	1300	
	40	UCT208	114				144	88		33														2590	1600
	45	UCT209	117	102	83	49	149	87	49	35	16	19	16	83	29	49.2	19	33.0	20.5	M8×1	1180		3300	2400	
	50	UCT210																						3550	2500

Nota: En la imagen se puede observar el rodamiento seleccionado para el sistema de punzonado, SKF (2024)

En el diseño del mecanismo encargado de ajustar la altura del apisonador, hemos empleado tubos rectangulares de acero inoxidable AISI 430 debido a su notable resistencia a la corrosión. Para las guías del rodamiento, seleccionamos un acero del mismo material, pero en conformidad con la Norma DIN 6880 en cuanto a sus dimensiones.

Figura 34

Soporte variable del apisonador

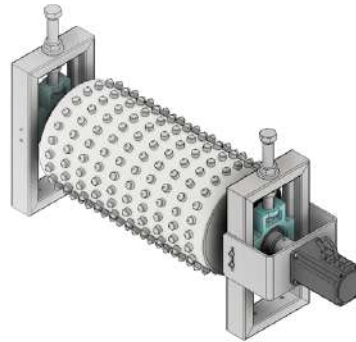


Nota: En la imagen, se aprecia el sistema diseñado para sostener el tambor apisonador, junto al sistema de ajuste.

Después de la selección de cada componente y el diseño de cada parte del apisonador, procedemos a su ensamblaje para obtener el conjunto final que satisface plenamente nuestros requisitos.

Figura 35

Sistema de punzonado ajustable



Nota: En la imagen se puede observar el sistema diseñado para el punzonado de las bandejas de germinación.

Sistema de sembrado

El sistema de siembra utiliza un tambor perforado de acuerdo con la distribución de los alvéolos en la bandeja de germinación. Este tambor se sellará en ambas partes para permitir el uso de un generador de vacío que aspirará las semillas y las depositará de manera uniforme en la bandeja.

Tambor de succión de semillas

Se ha decidido emplear Acero inoxidable AISI 430 en la fabricación del tambor. Esta elección se fundamenta en su facilidad para la soldadura, y el hecho de que el acero inoxidable presenta una resistencia destacada a la corrosión, una característica esencial ya que el tambor estará expuesto a condiciones de humedad y presencia de tierra.

Figura 36

Tambor sembrador



Nota: En la imagen se puede observar el tambor que llevara las semillas hacia la bandeja de germinación.

En los soportes laterales, hemos empleado aluminio 6061 debido a sus propiedades tales como su ligereza, resistencia a la corrosión y su excelente capacidad para ser mecanizado, ya que estas piezas tendrán una forma definida para que el mecanismo de sembrado funcione correctamente.

Figura 37

Soporte lateral del tambor sembrador



Nota: En la imagen, se aprecia el soporte lateral diseñado para sostener el tambor sembrador en el sistema de siembra.

Para aislar el tambor y permitir la generación del vacío, hemos incorporado una capa de caucho entre el tambor y los soportes laterales. Este material se ha seleccionado por su capacidad de sellado, evitando así la fuga de aire y asegurando un rendimiento eficiente en la creación del vacío.

Figura 38

Aislante del tambor sembrador



Nota: En la imagen, se observa el aislante diseñado para prevenir posibles fugas de aire en el sistema de siembra.

Selección del motor para el sistema de sembrado

Cálculo de torque

$$\text{Masa total} = 9,64 \text{ kg} + 2 \cdot 0,12 \text{ kg} + 2 \cdot 0,297 \text{ kg} \quad (49)$$

$$\text{Masa total} = 10,474 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerza} = 10,474 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (50)$$

$$\text{Fuerza} = 102,74 \text{ N}$$

$$\text{Torque} = 102,74 \text{ N} \cdot 0,3 \text{ m} \quad (51)$$

$$\text{Torque} = 30,82 \text{ Nm}$$

Cálculo de velocidad angular

$$\text{Velocidad lineal} = 0,2 \text{ m/s} = 12 \text{ m/min}$$

$$\text{Circunferencia del rodillo} = \pi \cdot D \quad (52)$$

$$\text{Circunferencia del rodillo} = 3,1416 \cdot 150 \text{ mm}$$

Circunferencia del rodillo = 471,23 mm = 0,47123 m

$$\text{Velocidad angular} = 25 \text{ RPM} \cdot \frac{2\pi}{60} \quad (53)$$

$$\text{Velocidad angular} = 2,68 \text{ rad/s}$$

Cálculo de potencia

$$\text{Potencia} = \text{Torque} \cdot \text{Velocidad angular} \quad (54)$$

$$\text{Potencia} = 30,82 \text{ Nm} \cdot 2,68 \text{ rad/s}$$

$$\text{Potencia} = 80,686 \text{ watts}$$

$$\text{Potencia} = 0,0807 \text{ kW}$$

Dado que la potencia requerida es similar a la del apisonador, hemos decidido utilizar el mismo servomotor y driver seleccionados para dicho apisonador. Se trata del motor BCH2 con una potencia de 100 vatios.

Generador de vacío

Para la selección de los componentes responsables de generar el vacío, empleamos una herramienta proporcionada por Festo, considerando los siguientes parámetros:

Tabla 23*Parámetros de selección para el generador de vacío*

Parámetro	Valor/Descripción
Carga útil	Máximo 5 kg
Forma de superficie	Curvado
Radio del tambor	150 mm
Longitud del tambor	400 mm
Tipo de carga	Rugoso (Con poros)

Nota: Se muestran los parámetros necesarios para la selección del generador de vacío y sus accesorios.

Tabla 24*Generador de vacío y componentes*

Cantidad	Componente	Modelo
1	Generador de vacío	OVEM-05-L-B-QO-CN-N
N	Tubo	PUN-H-6x1-BL
1	Racor	QS 1/8

Nota: Se muestra el generador de vacío seleccionado junto a los componentes necesarios para que este funcione.

Figura 39*Generador de vacío*

Nota: En la imagen se puede observar el generador de vacío seleccionado para el sistema de siembra, Festo (2024)

Mecanismo de expulsión de semillas

En ciertos casos, es posible que el tambor absorba más de una semilla debido a su proximidad durante la succión. Para prevenir este problema, se implementó un mecanismo de expulsión de semillas. Este mecanismo constará de un sistema de tuberías de acero equipadas con boquillas que liberarán aire comprimido en la dirección de las semillas. De esta manera, se liberará la semilla adicional, asegurando que solo se deposite una semilla en cada alvéolo de la bandeja. Este proceso se repetirá dos veces para garantizar que solo se tenga una semilla en cada alvéolo.

Figura 40

Sistema de expulsión de semillas



Nota: En la imagen se puede observar el sistema encargado de expulsar las semillas adicionales del tambor sembrador.

Selección de válvula 5/2

Para gestionar el encendido y apagado del mecanismo, incorporaremos electroválvulas 5/2. Para esta selección, emplearemos la herramienta proporcionada por Festo para elegir la electroválvula y sus componentes. Componentes seleccionados

Tabla 25

Componentes neumáticos del sistema de expulsión

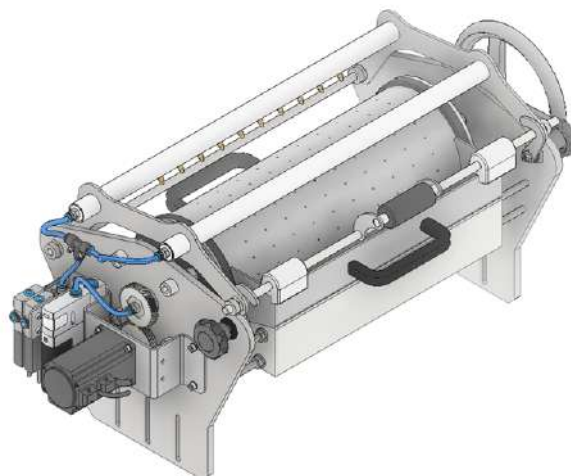
Cantidad	Componente	Modelo
1	Conector	QST-6-100
1	Válvula	MHE3-MS1H-3_2G-QS-6-K
2	Control de flujo	8068726 VFOE-LE-T-G18-Q6
2	Silenciador	U-1_8-B
N	Tubo	PUN-H-6X1-BL
3	Racor	QS-1_8-6

Nota: Se muestran los componentes necesarios para el sistema de expulsión de semillas del tambor sembrador

El sistema de siembra, además de integrar todos los componentes ya establecidos, cuenta con diversos accesorios que facilitan su uso. Además, se ha incorporado sistemas de sujeción específicos para las bandejas que contienen las semillas, asegurando que se mantengan en su posición durante el proceso de siembra y evitando posibles fugas de semillas.

Figura 41

Sistema de sembrado



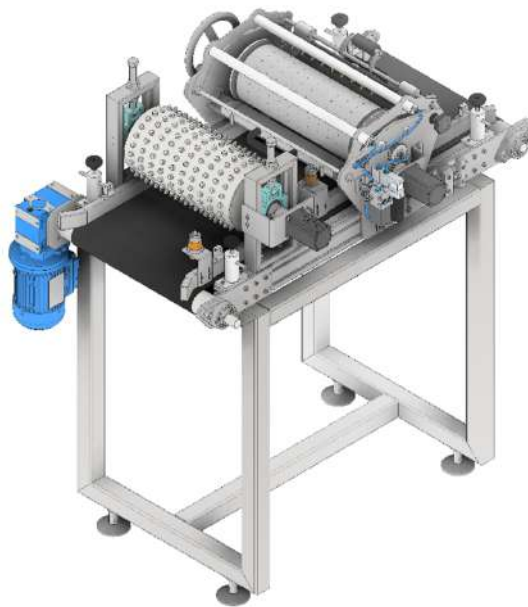
Nota: En la imagen se puede observar el sistema final de siembra.

Diseño de banda transportadora del módulo 3

Siguiendo la misma metodología utilizada en los módulos anteriores, una vez que hemos definido los componentes clave de la máquina, Se procedió al diseño de la banda transportadora. Esta banda cumple la función de transportar las bandejas, permitiendo que estas atraviesen el proceso de punzonado y posteriormente avancen hacia la etapa de siembra de las semillas.

Figura 42

Punzonado y sembrado



Nota: En la imagen, se visualiza el Módulo 3: Punzonado y siembra, completo con todos los sistemas previamente diseñados y equipado con un sistema de guías lineales.

Diseño del Módulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas.

Diseño de la tolva

Esta estructura juega un papel importante para dispensar la vermiculita, la cual cubrirá las semillas que se encuentran en las bandejas de germinación. Para ello, primero escogemos la forma de la tolva considerando nuestras necesidades, por lo que hemos elegido una tolva rectangular.

Vermiculita

La vermiculita se clasifica como un material “grosso”. Aunque la vermiculita es liviana y tiene una estructura expansible, se considera “grosa” porque sus partículas son más grandes en comparación con las partículas finas de arcilla.

Tabla 26

Especificaciones de la tolva del modulo 4

Parámetros	Especificaciones
Peso específico	La tolva debe soportar 60 kg de vermiculita (Son 120 bandejas con 0,5 kg de vermiculita cada una)
Capacidad de almacenamiento en TM/h	60 kg/h = 0,06 TM/h
Densidad del material	160 Kg/m ³ = 0,16 TM/m ³
Espacios vacios	Para materiales finos 40%
Ángulo de reposo de la Tierra Marga	30°
Humedad y Tamaño de las partículas	sin humedad y 2mm
Dimensiones de la tolva	Base Inferior Largo (L) = 0,135 m, Ancho (W) = 0,52 m Base Superior Largo (L) = 0,4 m, Ancho (W) = 0,52 m

Nota: En la tabla se muestran los parámetros que la tolva deberá tener para cumplir las necesidades del sistema.

Selección de material

Para aplicaciones agrícolas, se recomienda el uso de acero inoxidable de grado austenítico, el cual es conocido por su resistencia a la corrosión. Dentro de los aceros inoxidables austení-

ticos, los más comunes en entornos agrícolas son el AISI 304 y AISI 304 L.

Se ha seleccionado el AISI 304, nuevamente ya que es un acero inoxidable austenítico estándar con una cantidad normal de carbono, es resistente a la corrosión, permite soldar con facilidad y es menos costoso que el AISI 304 L.

Cálculos de la Tolva

Ángulo de la tolva

Se utiliza 15° más que el ángulo de reposo para la inclinación de la caída de la tolva, ya que permite que el sustrato fluya. M. González (2022)

$$\text{Ángulo de la tolva} = \theta_{\text{reposo}} + 15^\circ \quad (55)$$

$$\text{Ángulo de la tolva} = 30^\circ + 15^\circ$$

$$\text{Ángulo de la tolva} = 45^\circ$$

Densidad corregida

$$\rho_c = (1 - F_{ev}) \cdot \rho_m \quad (56)$$

Donde:

ρ_c = densidad corregida en toneladas métricas por metro cúbico (TM/ m^3).

F_{ev} = factor de espacios vacíos.

ρ_m = densidad del material en TM/ m^3 .

Reemplazamos valores

$$\rho_c = (1 - 0,40) \cdot 0,16$$

$$\rho_c = 0,096 \text{ TM}/m^3$$

Volumen de la tolva

Con la fórmula de la capacidad de la tolva:

$$T = V \cdot \rho_c \quad (57)$$

despejando T , calculamos el volumen

$$V = \frac{T}{\rho_c} \quad (58)$$

Donde:

T = capacidad de la tolva en toneladas métricas (TM).

V = volumen de la tolva en metros cúbicos (m^3).

ρ_c = densidad corregida en TM/ m^3 .

$$V = \frac{0,06}{0,096}$$

$$V = 0,625 m^3$$

Tomando en cuenta el ángulo, el volumen de la tolva y su forma rectangular isométrica, calculamos la altura solo con los valores del largo de cada base. Brown y Nielsen (1998)

Cálculo de la altura

$$H_1 = \frac{LB - Lb}{\tan(\theta)} \quad (59)$$

Donde:

LB = largo de la base superior.

Lb = largo de la base inferior.

θ = ángulo de la tolva

Reemplazamos valores

$$H_1 = \frac{0,4 - 0,135}{\tan(45^\circ)}$$

$$H_1 = 0,265 \text{ m}$$

En base a los resultados, la altura de nuestra tolva será de 0,265 m

Esfuerzos en la tolva

$$Pv = \frac{\rho g D}{4\mu K G_c} \quad (60)$$

Donde:

Pv = esfuerzo en la tolva.

ρ = densidad del material.

g = gravedad.

μ = coeficiente de fricción.

K = valor de recuadro 0.4 constante.

D = diámetro hidráulico.

$G_c = 1 \text{ kg m} / \text{N s}^2$

Diámetro hidráulico

$$Dh = 4 \frac{\text{Áreahidráulica}}{\text{Perímetrohidráulico}} \quad (61)$$

$$D_h = 4 \left(\frac{0,108}{0,891} \right)$$

$$D_h = 0,48 \text{ m}$$

Se procede a calcular los esfuerzos, por lo que reemplazamos valores

$$Pv = \frac{8.000 \cdot 9,8 \cdot 0,48}{4 \cdot 0,55 \cdot 0,4 \cdot 1}$$

$$Pv = 42.763,64 \text{ Pa}$$

Presión de la pared de la tolva

$$P_w = K \cdot P_v \quad (62)$$

$$P_w = 0,4 \cdot 42.763,64 \text{ Pa}$$

$$P_w = 17.105,46 \text{ Pa}$$

Presión total de trabajo

$$P_T = P_v + P_w \quad (63)$$

$$P_T = 42.763,64 \text{ Pa} + 17.105,46 \text{ Pa}$$

$$P_T = 59.869,1 \text{ Pa}$$

$$P_T = 0,0599 \text{ MPa}$$

Espesor de la tolva

$$t = \frac{P_T \cdot r}{\sigma_f} \quad (64)$$

Donde:

σ_f = admisible del acero 304.

r = radio.

P_T = presión total de trabajo.

$$t = \frac{0,0599 \text{ MPa} \cdot 0,12}{110 \text{ MPa}} \quad (65)$$

$$t = 6,53 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$t = 0,0653 \text{ mm}$$

La tolva será diseñada con un factor de seguridad de 4, con el objetivo de evitar accidentes y considerando su forma, ya que los puntos de presión son más altos en las paredes y las secciones de unión entre planchas. Brown y Nielsen (1998)

$$t_{\text{usada}} = t_{\text{calculada}} \cdot \text{Factor de seguridad} \quad (66)$$

$$t_{\text{usada}} = 0,0653 \text{ mm} \cdot 4$$

$$t_{\text{usada}} = 0,261 \text{ mm}$$

El espesor de la plancha sería de 0,261 mm.

Se ha seleccionado una plancha de acero inoxidable 304 con un espesor de 4 mm, ya que es el espesor comercial que existe de la plancha. Esto nos permite evitar deformaciones al soportar la presión interna necesaria para el empuje del material y asegura una mayor vida útil.

Al igual que en el Módulo 2, en este módulo se empleará un sistema similar pero más sencillo para la distribución del sustrato destinado a cubrir las bandejas. Este sistema se compone de un eje impulsado por un motor, el cual está equipado con una cubierta de textura rugosa. Mientras el eje gira, transportará consigo una cantidad específica de sustrato.

Selección del Motor para el Sistema de Distribución

$$\text{Masa del eje y cubierta} = 4,83 \text{ kg} + 0,3 \text{ kg} \quad (67)$$

$$\text{Masa del eje y cubierta} = 5,13 \text{ kg}$$

$$\text{Masa del sustrato} = 1 \text{ kg}$$

$$\text{Masa total} = 5,13 \text{ kg} + 1 \text{ kg} \quad (68)$$

$$\text{Masa total} = 6,13 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerza del eje} = 6,13 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (69)$$

$$\text{Fuerza del eje} = 60,14 \text{ N}$$

$$\text{Torque} = 60,14 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m} \quad (70)$$

$$\text{Torque} = 24,05 \text{ Nm}$$

Velocidad angular del sistema

$$\text{Velocidad lineal} = 0,2 \text{ m/s} = 12 \text{ m/min}$$

$$\text{Diámetro del eje y cubierta} = 125 \text{ mm}$$

$$\text{Circunferencia del eje} = \pi \cdot \text{Diámetro} \quad (71)$$

$$\text{Circunferencia del eje} = 3,1416 \cdot 125 \text{ mm}$$

$$\text{Circunferencia del eje} = 392,69 \text{ mm} = 0,39 \text{ m}$$

Regla de 3

$$0,39 \text{ m} \longleftrightarrow 1 \text{ rev}$$

$$1 \text{ m} \longleftrightarrow \frac{1}{0,39} \text{ rev} \approx 2,56 \text{ rev}$$

$$\text{Vueltas para } 12 \text{ m} \approx 12 \cdot 2,56 = 30,76 \text{ rev}$$

$$\text{Velocidad angular} = 30,76 \text{ RPM} \cdot \frac{2\pi}{60} \approx 3,2 \text{ rad/s} \quad (72)$$

Cálculo de potencia

$$\text{Potencia} = \text{Torque} \cdot \text{Velocidad angular} \quad (73)$$

$$\text{Potencia} = 24,05 \cdot 3,2$$

$$\text{Potencia} \approx 77,49 \text{ watts}$$

$$\text{Potencia} \approx 0,49 \text{ kW}$$

Basándonos en los cálculos efectuados, hemos elegido el motor que mejor se adecua a los parámetros determinados, acompañado por el reductor correspondiente, con una potencia de 0,12 kW y una velocidad de 35 RPM, siendo el mismo que el motor seleccionado anteriormente para el cepillo industrial.

Con el motor definido y la tolva calculada anteriormente, se diseñó el sistema.

Figura 43

Sistema de distribución de sustrato

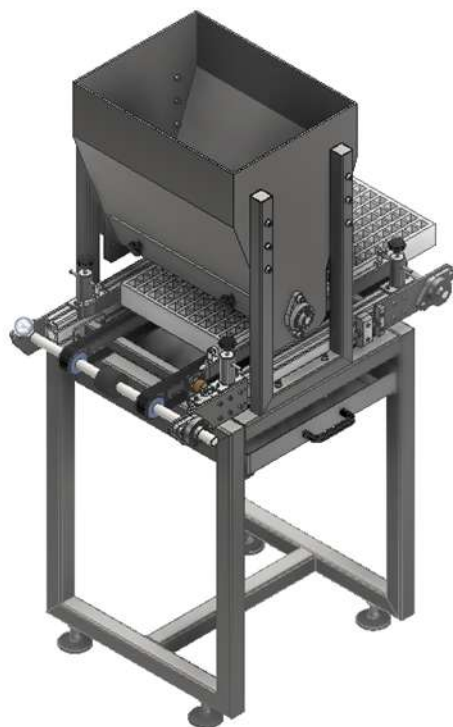


Nota: En la imagen se puede observar el sistema diseñado para distribuir el sustrato para tapar las bandejas sembradas.

Una vez diseñado el sistema, se procedió a completar el diseño del módulo 4, el cual contiene el sistema de guías definidas anteriormente y el sistema de dispensador de sustrato.

Figura 44

Dispensador de sustrato para tapado de bandejas



Nota: En la imagen se puede observar el modulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas, el cual sera el encargado de distribuir la vermiculita par tapar las semillas previamente sembradas.

Diseño del Módulo 5: Riego

Electroválvula

El sistema de riego incorpora un módulo con una electroválvula para gestionar el flujo de agua. Para elegir la electroválvula se consideraron los siguientes parámetros:

Tabla 27

Parámetros de la electroválvula

Característica	Especificación
Voltaje de control	24V
Estado	Normalmente Cerrado (NC)
Vías	2/2
Diámetro de conexión	1/2 pulgadas
Material	Acero inoxidable

Nota: En la tabla se muestran los parámetros que debe poseer la electroválvula seleccionada.

Con base en las características establecidas, se realizó una búsqueda en la página del fabricante y se seleccionó la electroválvula MV 1551 ES 2/2-Wege-MV, ya que cuenta con las características requeridas.

Figura 45

Electroválvula seleccionada



Nota: En la imagen se puede observar la electroválvula seleccionada para el sistema de riego, Remscheid (2024)

Tuberías y riego

Se utilizaron tuberías normalizadas de acero inoxidable, siguiendo la normativa ASME B16, debido a su amplia aplicación en la industria, su resistencia a la corrosión y su durabilidad a lo largo del tiempo. Estas tuberías fueron complementadas con accesorios como codos y tapones para asegurar la funcionalidad completa del sistema.

Figura 46

Sistema de tuberías



Nota: En la imagen se puede observar el sistema de tuberías diseñado para regar las bandejas sembradas

Cada segmento de tubería incorpora boquillas de riego por aspersión, debido a uno de los parámetros del sistema de riego. Estas boquillas se posicionan directamente sobre cada alvéolo de la bandeja, asegurando así un riego constante para cada una de las semillas sembradas.

Figura 47

Sistema de riego



Nota: En la imagen se puede observar el sistema de riego diseñado para la línea de producción.

Diseño del Módulo 6: Apilador de bandejas.

Se implementó un sistema de elevación mediante un cilindro neumático para apilar las bandejas. Posteriormente, se garantiza la fijación segura mediante un sistema de sujeción accionado por otro cilindro neumático.

Cilindro neumático para elevación de bandejas

Para este cilindro dado que se apilaran 5 bandejas podemos calcular la carga que este tendrá:

Peso de bandeja = 4 kg

Cantidad de bandejas = 5

$$\text{Carga total} = 4\text{ kg} \cdot 5 = 20\text{ kg} \quad (74)$$

Tomando un factor de seguridad de 1,5, la carga total será de:

$$\text{Carga total} = 20\text{ kg} \cdot 1,5 \quad (75)$$

$$\text{Carga total} = 30\text{ kg}$$

Con el objetivo de lograr una distribución de carga más eficiente, hemos optado por emplear dos cilindros neumáticos. Esta elección no solo mejora la carga equitativa, sino que también elimina la necesidad de acoplar guías lineales, lo cual sería necesario en el caso de utilizar únicamente un cilindro. Para seleccionar el cilindro se usó nuevamente la herramienta de selección de Festo con los siguientes parámetros:

Tabla 28

Parámetros de selección del cilindro elevador de bandejas

Parámetro	Valor
Recorrido	Min 150 mm
Carga útil	24 kg
Presión	8 bar
Posicionamiento de montaje	Vertical
Dirección de aplicación de la carga	Avance

Nota: En la tabla se muestran los parámetros para la selección del cilindro neumático que elevara las bandejas a su posición de reposo.

Resultados de selección

Tabla 29

Resultados de selección

Cantidad	Componente	Código/Modelo
2	Cilindro	DSBC-32-125-PPSA-N3
2	Válvula	VUVG-LK14-M52-AT-G18-1R8L-S
2	Cable	NEBU-M8W3-K-2.5-LE3
4	Control de flujo	VFOE-LE-T-G18-Q6
N	Tubería	PUN-H-6X1-BL
6	Racor	QS-1_8-6
4	Silenciador	U-1_8-B

Nota: Se muestran los componentes neumáticos seleccionados para el sistema de elevación de bandejas.

Cilindro neumático para sistemas de sujeción

Dado que este sistema sera mayormente mecánico la fuerza que deberá cargar sera el peso de la placa de sujeción de bandejas que es de 0,28kg

Una vez definido la carga se uso nuevamente la herramienta de selección de festo para seleccionar los componentes necesarios:

Tabla 30*Parámetros de selección del cilindro sujetador*

Parámetro	Valor
Recorrido	Mínimo 10 mm
Carga útil	0,3 kg
Presión	8 bar
Posicionamiento de montaje	Horizontal
Dirección de aplicación de la carga	Avance

Nota: Se presentan los parámetros de selección para el cilindro neumático que sujetara las bandejas en la posición deseada.

Tabla 31*Resultados de selección del cilindro sujetador*

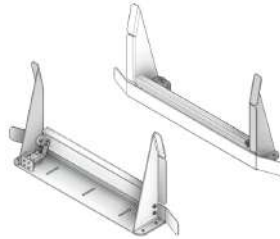
Cantidad	Componente	Código/Modelo
1	Cilindro	ADN-12-10-A-P-A
1	Válvula	VUVG-LK10-M52-AT-M7-1R8L-S
1	Cable	NEBU-M8W3-K-2.5-LE3
2	Control de flujo	VFOE-LE-T-M5-Q4
<i>N</i>	Tubería	PUN-H-4X0.75-BL
3	Racor	QSM-M7-4-I
2	Silenciador	UC-M7

Nota: Se presentan los componentes neumáticos seleccionados para el sistema de sujeción de bandejas.

Se instalará un cilindro neumático en cada extremo del sistema, requiriendo así el uso de dos cilindros neumáticos para el correcto funcionamiento del sistema de sujeción de bandejas.

Figura 48

Sistema de sujeción de bandejas



Nota: En la imagen se puede observar el sistema diseñado para la sujeción de bandejas sembradas en el modulo apilador de bandejas

Banda transportadora para el sistema de riego y apilado de bandejas.

Dado el diseño compacto del sistema de riego, se ha optado por fusionar las bandas transportadoras de ambos módulos para minimizar los costos relacionados con los componentes. Además, en el sistema de riego, hemos empleado el sistema de guías mencionado anteriormente, mientras que el módulo del aislador ya incorpora guías lineales en su propio sistema de sujeción.

Figura 49

Riego y Apilador de bandejas



Nota: En la imagen se puede observar el Modulo 5 y 6, siendo estos el modulo de riego y el modulo apilador de bandejas.

6.2.2. Dimensionamiento del compresor

Selección del compresor

Para seleccionar el compresor de aire, primero necesitamos calcular el caudal del aire que se necesita para toda la línea de producción. Para ello, se calculó el consumo de aire de cada componente y se multiplicó dependiendo sus unidades ciclos o minutos en una hora. Luego se multiplicó por la cantidad de elementos que tenemos en la máquina. A continuación se presentará una tabla para mejor comprensión.

Tabla 32

Consumo de Aire por Elemento

Elemento	Consumo de Aire	Unidades	en una hora	Cantidad	Total lt
Pistón	0,11	lt/ciclo	120	2	26,4
Generador de Aire	13,61	lt/min	60	1	816,6
Válvulas	8.46	lt/min	60	1	1.015,2
Elevador de bandeja	0.97	lt/ciclo	120	2	232,8
Soporte de bandeja	11	lt/min	120	2	2.640
Total					4731

Nota: En la tabla se pueden observar el consumo de aire de cada componente del sistema.

Se tiene como resultado 4,731 lt /h de consumo de aire, lo que equivale a 78,85 lt/min

A partir de los cálculos previamente realizados, se ha optado por el compresor Einhell TC-AC 190/50/8, que cuenta con una potencia de 1500 W, una presión máxima de 8 bar, sistema de lubricación por aceite, un depósito de 50 litros, válvula de retención y seguridad, así como un práctico tornillo de drenaje para facilitar el mantenimiento. Además, su base engomada proporciona estabilidad y reduce las vibraciones durante su uso.

Figura 50

Compresor seleccionado



Nota: En la imagen se puede observar el compresor seleccionado para el sistema, EinHell (2024)

Selección del FRL: Unidad de mantenimiento

La elección de la unidad de mantenimiento acoplada al compresor se llevó a cabo mediante la herramienta de dimensionamiento de Festo. Durante este proceso, se especificó que el filtro estaba diseñado para una aplicación de sistemas neumáticos estándar. Posteriormente, al seguir las directrices de la norma ISO 85731:2010, que establece los estándares de pureza del aire, se determinaron los siguientes valores para el compresor seleccionado:

Tabla 33

Parámetros según la norma ISO

Parámetro	Valor
Partículas sólidas (N/m ³)	$\leq 90,000,000$ ($\geq 0,1 \mu\text{m}$)
	$\leq 1,000,000$ ($\geq 0,5 \mu\text{m}$)
	$\leq 10,000$ ($\geq 1 \mu\text{m}$)
Humedad y agua (g/m ³)	Punto de rocío a presión $\leq +3 \text{ }^\circ\text{C}$
Aceite (mg/m ³)	≤ 0.01

Nota: En la tabla se pueden observar los parámetros del aire para el compresor seleccionado según la norma ISO 85731.

En este contexto, Festo recomienda el uso de un filtro de carbón activo para aumentar la duración operativa de los filtros y extender los intervalos entre los servicios de mantenimiento.

En cuanto a las funciones de la unidad de mantenimiento, se optó por una válvula de cierre manual para reducir costos, y se incorporó un módulo de derivación para obtener varias salidas. Este último se conectará después del filtro. Con esto Festo nos recomienda diferentes FRL, pero en base a las especificaciones del compresor y al caudal requerido optamos por un FRL MSB4-1/4:C4:J3:I3:L1:F1-WP.

Tabla 34

Descripción del FRL seleccionado

Funciones	Descripción
MSB4	Patrón uniforme 40
1/4	G 1/4 Tamaño de conexión
C4	Válvula de cierre manual con silenciador
J3	Unidad de filtro y regulador de 5 µm / 0,5 - 12 bar / vaso de material sintético / manual
I3	Filtro de 0.01 µm / vaso de material sintético / manual
L1	Filtro de carbón activo de material sintético
F1	Módulo de derivación
WP	Soporte mural

Nota: En la tabla se puede observar las funciones que posee la unidad de mantenimiento que se seleccionó para la línea de producción.

Figura 51

FRL seleccionado



Nota: En la imagen se puede observar la unidad de mantenimiento seleccionada en base a los parámetros del compresor, Festo (2024)

6.2.3. Evaluación del sistema: Análisis estático

Análisis estático del eje de bandas transportadoras

En el diseño de los ejes para las bandas transportadoras, se optó por emplear acero al carbono F-114 como material, debido a su amplia utilización en la fabricación de ejes, manguitos, bielas y otras piezas industriales. Este material presenta las siguientes propiedades físicas:

Tabla 35

Parámetros del acero al carbono F-114.

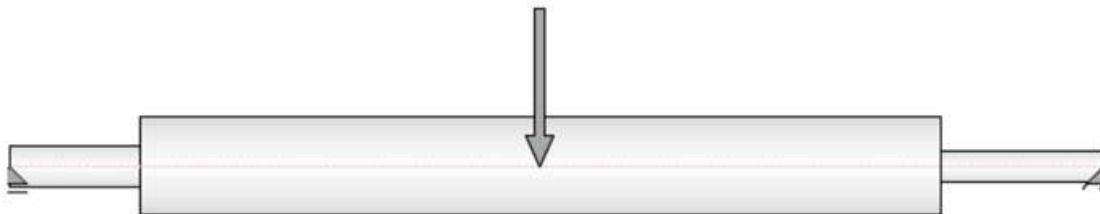
Propiedad	Valor
Módulo de elasticidad	206,000 MPa
Módulo de rigidez	80,000 MPa
Densidad	7,860 kg/m ³

Nota: En la tabla se pueden observar los parámetros del acero F-114 para los ejes de la banda transportadora.

La carga aplicada al eje corresponde a la fuerza de tensión calculada previamente para la banda transportadora, la cual asciende a 42.93 lb (190.96 N). El eje se encuentra sujeto en ambos extremos mediante rodamientos.

Figura 52

Carga aplicada eje de la banda

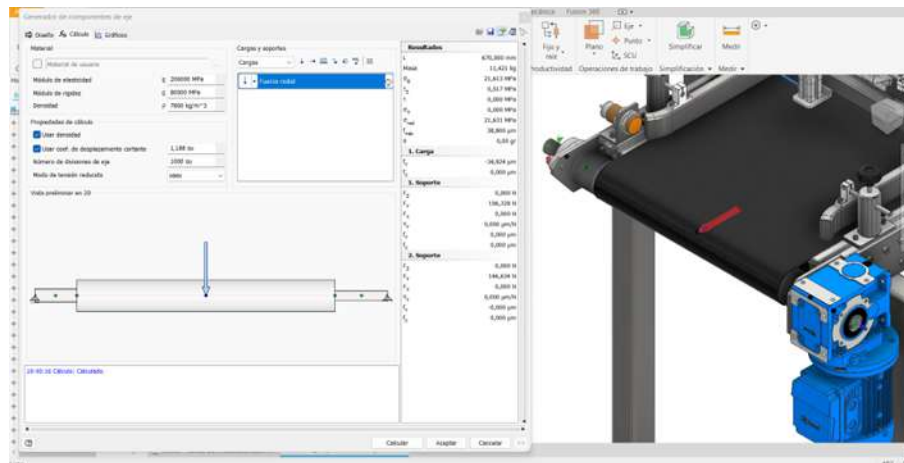


Nota: En la imagen se puede observar el diagrama de cuerpo libre el eje de la banda transportadora

Utilizando el sistema de diseño de ejes del software inventor se colocó las cargas y se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 53

Diseño del eje



Nota: En la imagen se puede observar la herramienta de diseño de ejes del software inventor.

Tabla 36

Resultados obtenidos para el eje.

Propiedad	Valor
Longitud del eje (L)	670.000 mm
Masa del eje	11,421 kg
Tensión de plegado máxima	21,613 MPa
Tensión de corte máxima	0,517 MPa
Tensión de torsión máxima	0,000 MPa
Tensión máxima	0,124 MPa
Tensión reducida máxima	21,631 MPa
Flexión máxima	38,800 µm
Ángulo de torsión	0,00 grados

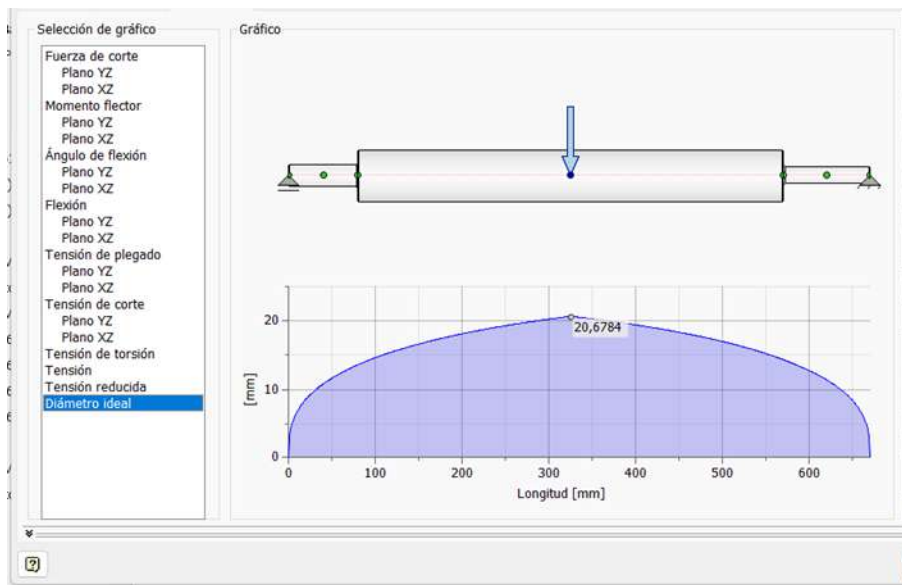
Nota: En la tabla se pueden observar los resultados del diseño del eje.

Además de los resultados numéricos, el software proporciona gráficos correspondientes a cada parámetro analizado.

La comparación de los resultados obtenidos con las propiedades del material indica que este es capaz de soportar la carga establecida. Un análisis adicional relevante se relaciona con el gráfico del diámetro ideal. Este gráfico revela que el diámetro mínimo requerido para soportar la carga es de 20.67 mm, confirmando que el diámetro del eje diseñado es suficientemente robusto para resistir la carga. Además, se observa en la representación gráfica que no existen puntos críticos en el eje.

Figura 54

Diámetro ideal del eje



Nota: En la imagen se puede observar los diámetros ideales en base a las cargas del eje.

Análisis de estructuras

Debido a la complejidad del sistema, optamos por utilizar tuberías de acero de diversos tamaños. La elección de estas tuberías se basó en las necesidades específicas de cada módulo y teniendo en cuenta máquinas similares.

En el análisis estructural que sigue, se evaluará si cada estructura puede soportar las cargas generadas por diferentes fuerzas. Es importante señalar que ya se han seleccionado previamente el material, la geometría y las dimensiones por lo que el propósito de este análisis estructural es confirmar que nuestras estructuras son lo suficientemente resistentes para cumplir con los requisitos necesarios. En caso de que no lo sean, se procederá a ajustar sus dimensiones para garantizar que satisfagan nuestras necesidades.

Adicionalmente, para determinar el factor de seguridad de las estructuras, se empleó la norma UNE-EN 1553, la cual establece los requisitos para maquinaria agrícola. Esto incluye aspectos como la resistencia de los resguardos, las barras distanciadoras, los dispositivos de estabilización y bloqueo, así como los medios de acceso seguros para los operadores, entre otros.

De acuerdo con los lineamientos de esta norma, se recomienda aplicar un factor de seguridad en el rango de 1.1 a 1.6 para las estructuras. En relación con esta recomendación, se ha implementado un factor de seguridad de 1.6 en cada estructura del sistema.

Se eligió el acero AISI 430 como material para los tubos cuadrados de las estructuras debido a su resistencia a la corrosión. Esta elección se fundamenta en las condiciones ambientales a las que estará expuesto el sistema, incluyendo la humedad y el contacto con la tierra. Además, se optó por este material por su costo más favorable en comparación con otras opciones de acero.

Tabla 37

Especificaciones del material - Propiedades Mecánicas

Propiedades Mecánicas	Valor
Resistencia a la Tracción	450 MPa (mínimo)
Límite Elástico	205 MPa (mínimo)

Nota: En la tabla se pueden observar las propiedades físicas del material escogido para las estructuras de cada módulo.

Modulo 1 Dispensador de bandejas de germinación:

Cargas aplicadas a la estructura del dispensador de bandejas

En esta estructura solo se aplican 2 cargas directas que son la gravedad y el peso de las bandejas que es de:

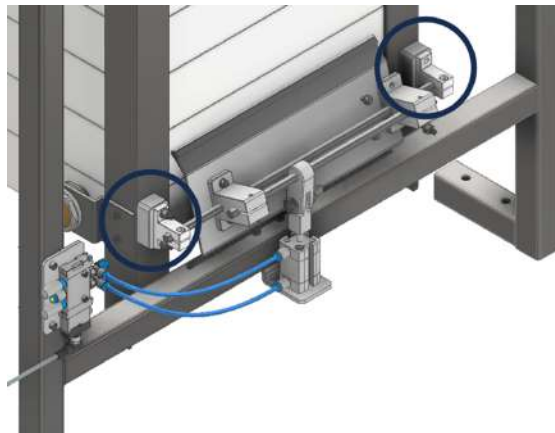
$$\text{Carga} = 5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (76)$$

$$\text{Carga} = 49,05 \text{ N}$$

Esta carga se aplica en los apoyos del mecanismo de liberación de bandejas.

Figura 55

Punto de carga del dispensador de bandejas

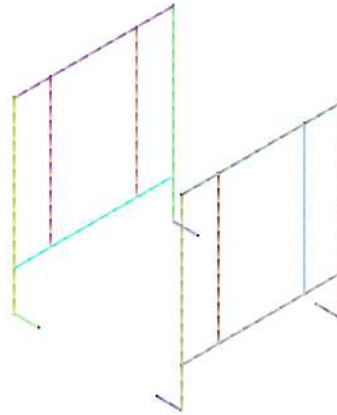


Nota: En la imagen se puede observar los puntos donde se aplicara la carga de las bandejas de germinación.

Dado que estamos tratando con una estructura, la malla de simulación se configurará en 1D, tal como se ilustra en la figura siguiente. No obstante, con el objetivo de lograr una representación más precisa, los resultados de esta y otras estructuras se presentarán en forma de perfiles. Esto permitirá una visualización más clara de la distribución de cargas y el comportamiento de la estructura.

Figura 56

Malla generada para la estructura del dispensador de bandejas



Nota: En la imagen se puede observar la malla generada para la estructura 1D del dispensador de bandejas.

Resultados de la simulación:

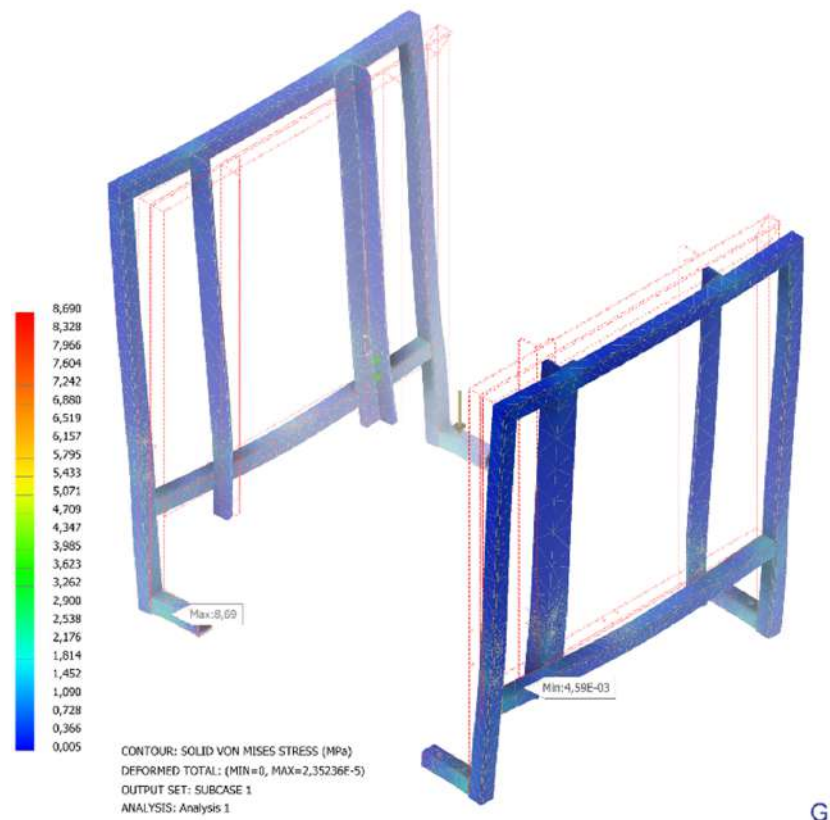
Resultado Von Mises

En la simulación, obtuvimos un valor de 8,69 MPa. Al compararlo con la resistencia a la tracción del material, que es de 450 MPa, podemos concluir que la estructura es lo suficientemente resistente para soportar la carga de las bandejas de germinación. Es importante señalar que el sobre dimensionamiento es considerable, lo que significa que la estructura no solo puede soportar la carga de las bandejas, sino que también tiene la capacidad de resistir deformaciones causadas por posibles golpes externos.

Optamos por perfiles que proporcionan la resistencia necesaria y, al mismo tiempo, minimizan la posibilidad de deformación debido a impactos externos. Esto es importante porque la carga aplicada por las bandejas es relativamente pequeña. No podemos utilizar perfiles demasiado delgados que simplemente soportarían la carga, ya que serían más susceptibles a golpes accidentales por parte de los trabajadores al colocar las bandejas en las máquinas.

Figura 57

Resultado de Von Mises del dispensador de bandejas



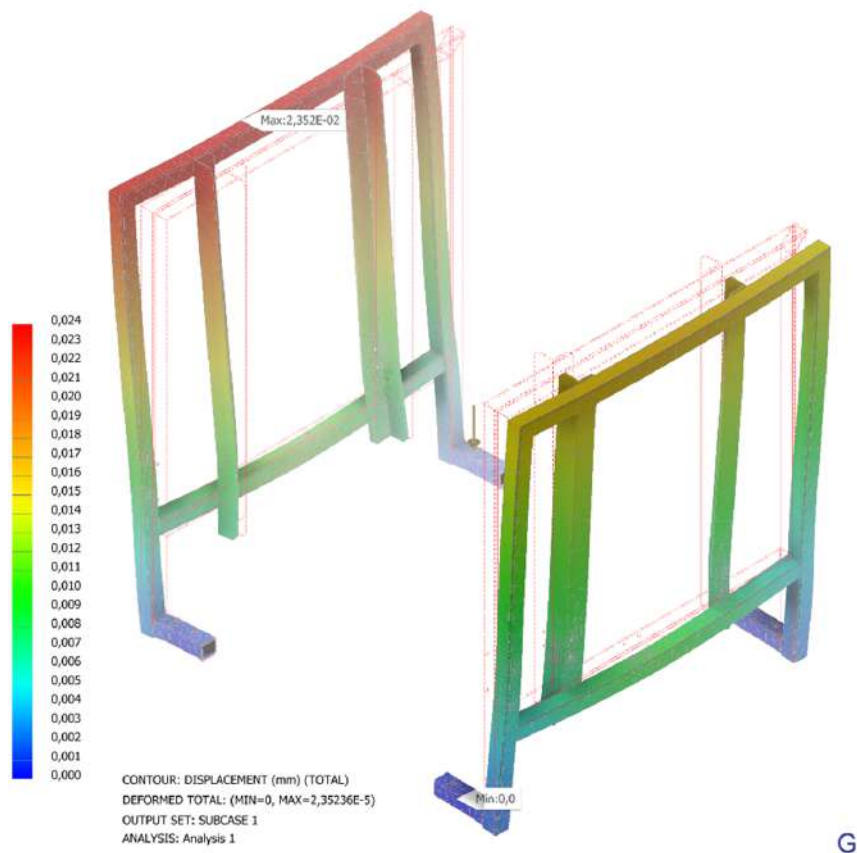
Nota: En la imagen se puede observar el resultado de la resistencia a la tracción para la estructura del dispensador de bandejas de germinación.

Resultados del desplazamiento

En la simulación, obtuvimos un valor de 0,024 mm para el desplazamiento de la estructura, lo que indica que experimentará una deformación mínima bajo la carga prevista de las bandejas de germinación. Este bajo nivel de deformación es un indicador positivo de la robustez de la estructura y su capacidad para conservar su integridad estructural incluso ante las cargas aplicadas.

Figura 58

Resultado del desplazamiento del dispensador de bandejas



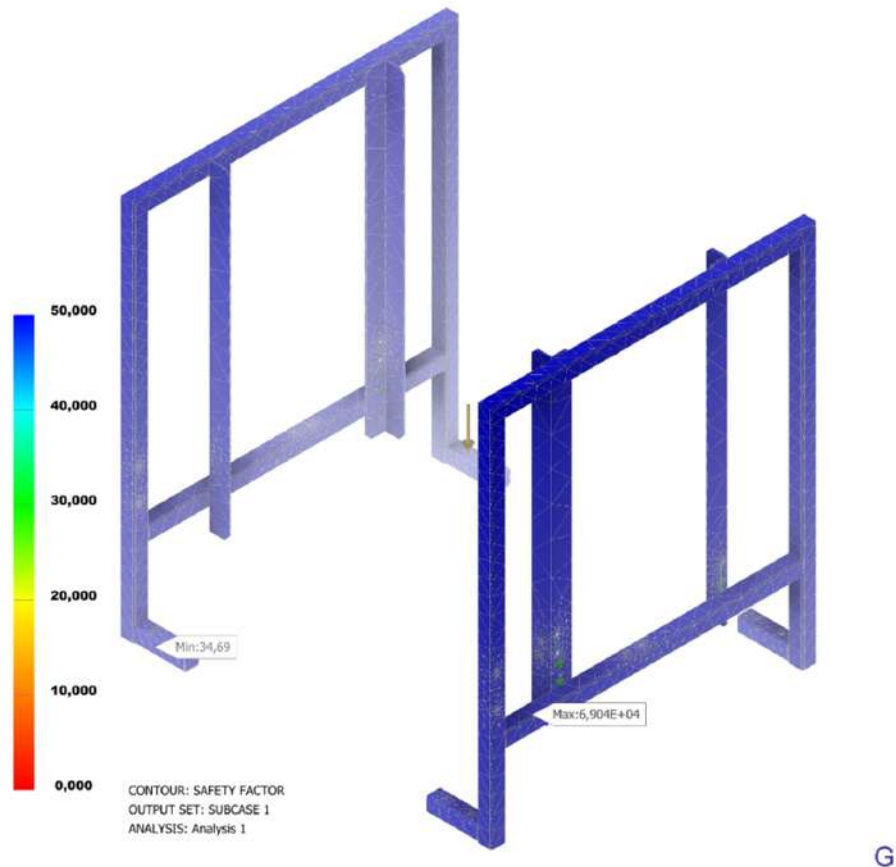
Nota: En la imagen se puede observar el desplazamiento en milímetros que experimentará la estructura del dispensador de bandejas.

Resultados del factor de seguridad

En cuanto al factor de seguridad, podemos notar que se encuentra por encima de 1, lo que significa que no se esperan fallos en ningún punto de la estructura. Esto indica que la estructura tiene un margen de resistencia significativo en relación con las cargas aplicadas, proporcionando una sólida medida de seguridad.

Figura 59

Resultado del factor de seguridad del dispensador de bandejas



Nota: En la imagen se puede observar el factor de seguridad que posee la estructura del dispensador de bandejas.

Cargas aplicadas a la estructura general del dispensador de bandejas

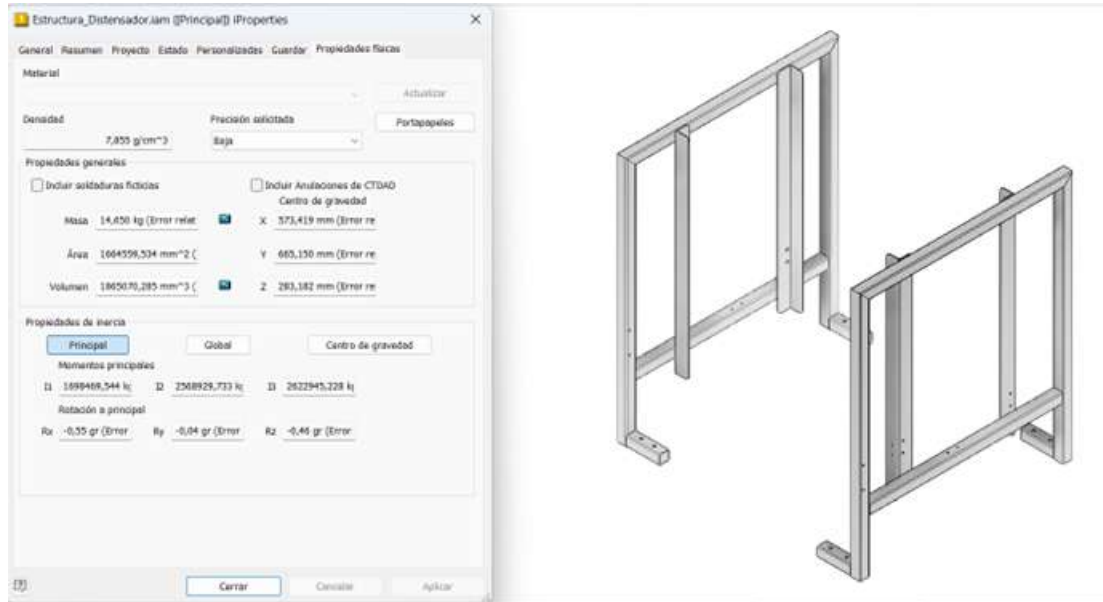
Esta estructura soportará diversas cargas, incluyendo la banda transportadora y el dispensador de bandejas.

Carga del Dispensador de Bandejas Se calcula como:

$$\text{Carga de bandejas} = 49,05 \text{ N}$$

Figura 60

Masa del dispensador de bandejas1



Nota: En la imagen se puede observar la masa de la estructura del dispensador de bandejas de germinación.

$$\text{Masa de la estructura} = 17,65 \text{ kg}$$

$$\text{Carga A} = 17,65 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Carga B} = 173,1465 \text{ N}$$

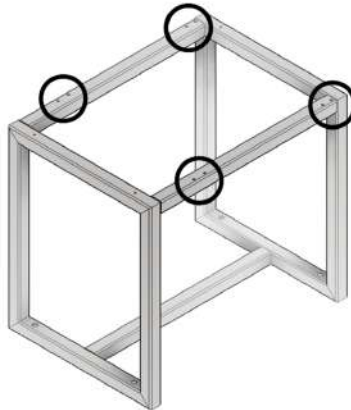
$$\text{Carga total} = 49,05 \text{ N} + 173,1465 \text{ N} \quad (77)$$

$$\text{Carga total} = 222,1965 \text{ N}$$

Esta carga estará aplicada en los 4 puntos donde se apoya toda la estructura.

Figura 61

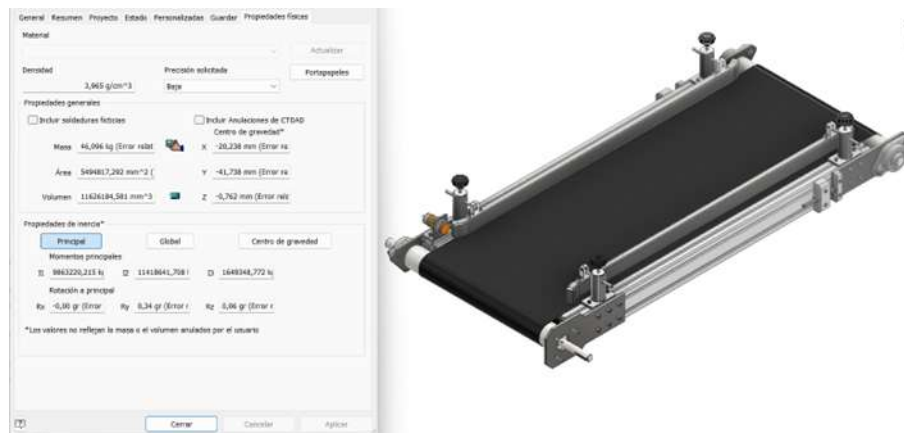
Puntos de carga de la estructura del modulo 1



Nota: En la imagen se puede observar los puntos en donde se aplica la carga en la estructura del modulo 1: dispensador de bandejas de germinación.

Figura 62

Carga de la banda del modulo 1



Nota: En la imagen se puede observar la carga del conjunto de la banda transportadora para el modulo 1.

Masa de la banda = 46,09kg

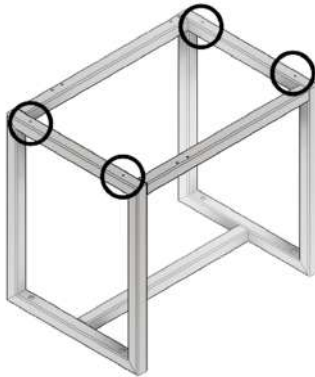
$$\text{Carga B} = 46,09 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Carga B} = 452,142 \text{ N}$$

Esta carga se aplicará en los cuatro puntos donde se asienta la banda transportadora

Figura 63

Puntos de carga de la banda transportadora



Nota: La imagen muestra los puntos de carga donde la banda transportadora se apoyará en la estructura del módulo 1.

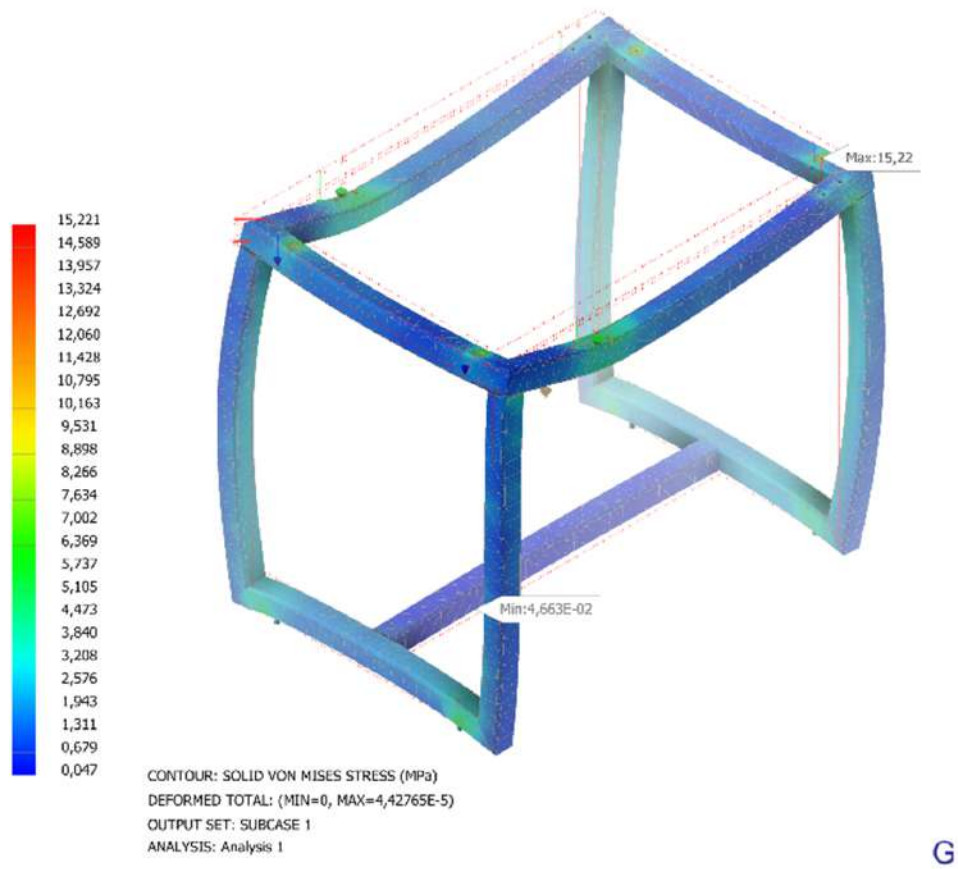
Resultados de la simulación

Resultado de Von Mises

En la simulación, se observó que el valor máximo de resistencia a la tracción alcanzó los 15,22 MPa, lo cual se encuentra considerablemente por debajo del límite del material establecido en 450 MPa. Esto indica claramente que el módulo es capaz de soportar la carga aplicada sin problemas significativos.

Figura 64

Resultados de Von Mises para la estructura del módulo 1: Dispensador de bandejas



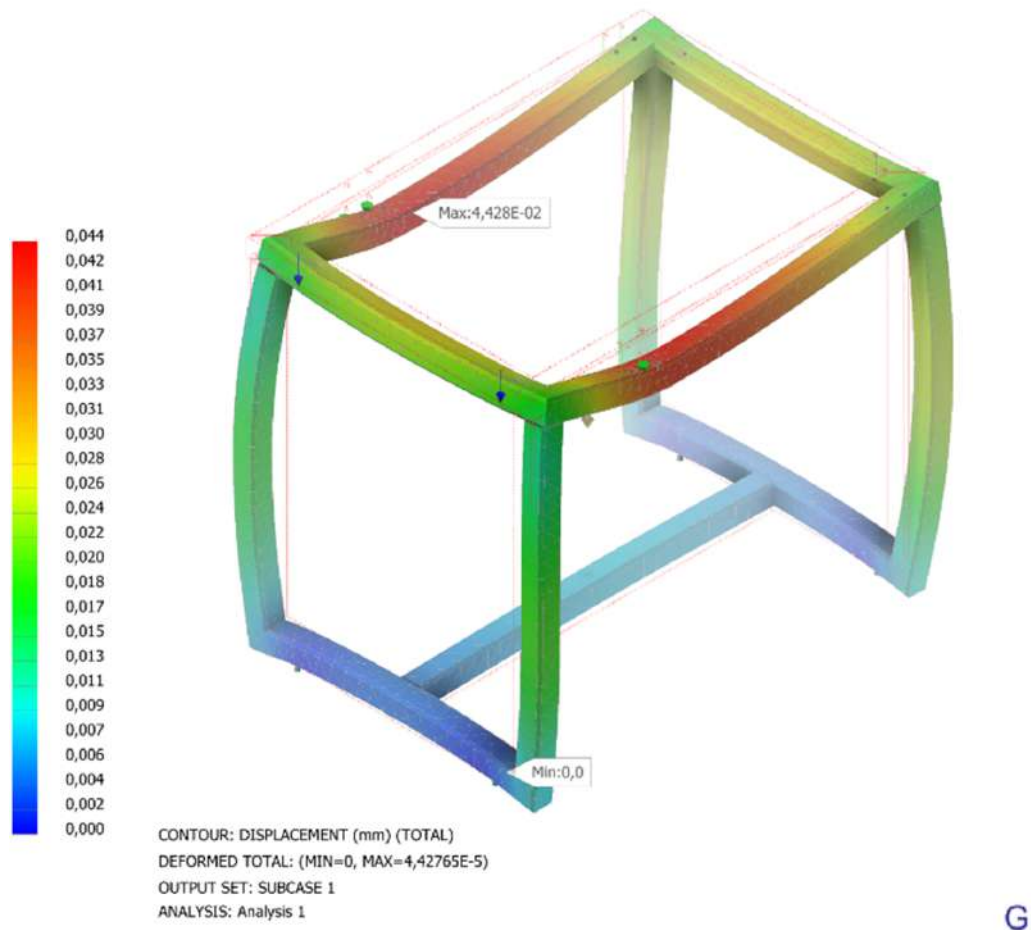
Nota: En la imagen se puede observar los resultados obtenidos del esfuerzo a la tracción de la estructura del modulo dispensador de bandejas de germinación.

Resultados del desplazamiento

Del mismo modo, al analizar el desplazamiento experimentado por la estructura, se evidencia que este es de tan solo 0,044 mm, lo cual indica una deformación mínima. En consecuencia, se puede afirmar que la estructura no sufrirá deformaciones significativas.

Figura 65

Resultados de desplazamiento para la estructura del modulo 1: Dispensador de bandeja



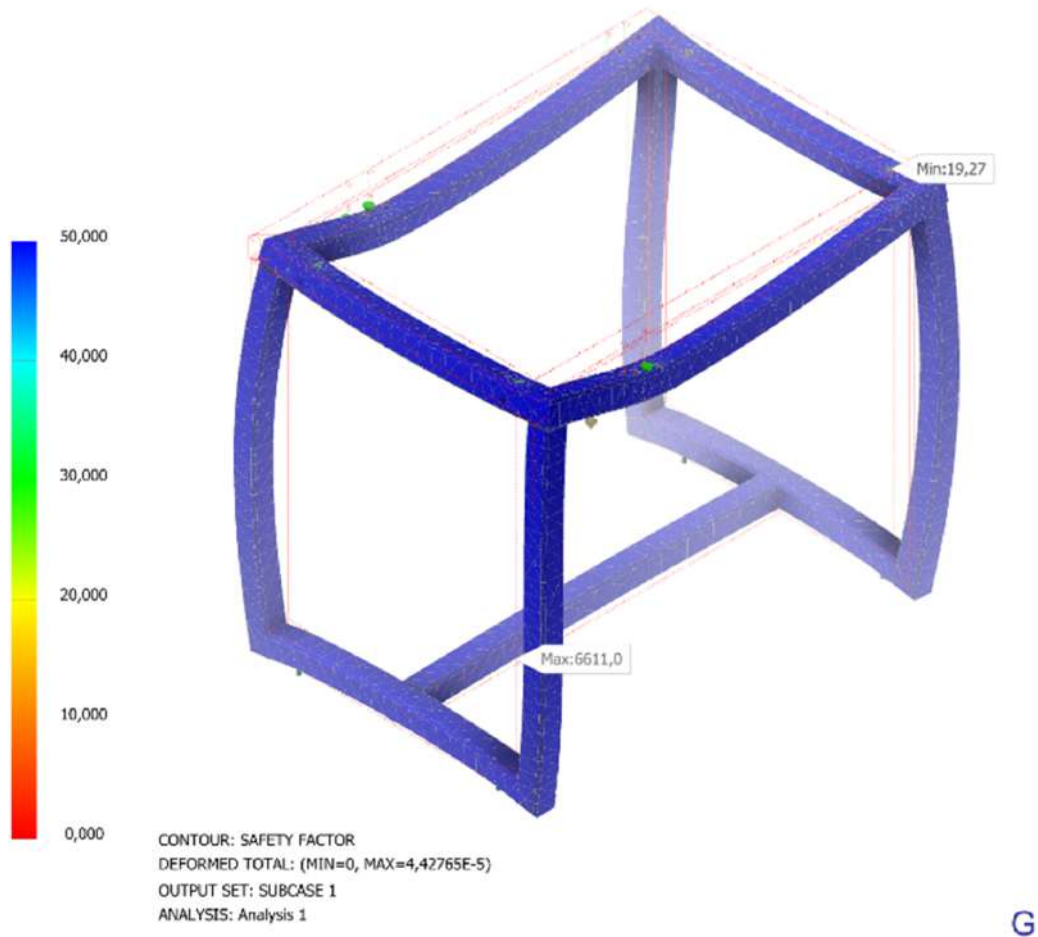
Nota: En la imagen se puede observar el desplazamiento que experimentara la estructura del modulo 1 al estar sometido a las diferentes cargas.

Resultados del factor de seguridad

Finalmente, al evaluar el factor de seguridad, se destaca que en cada punto de la estructura supera el valor de 1, indicando así que está preparada para soportar sobrecargas sin inconvenientes.

Figura 66

Resultados del factor de seguridad para la estructura del modulo 1: Dispensador de bandeja



Nota: En la imagen se puede observar el factor de seguridad que posee la estructura del modulo 1: dispensador de bandejas de germinación.

Modulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas

Tolva de sustrato

Considerando que la tolva estará expuesta a presión debido al sustrato, es importante garantizar que no se deforme bajo el peso del material.

Para la simulación se usaron los valores de presión calculados anteriormente.

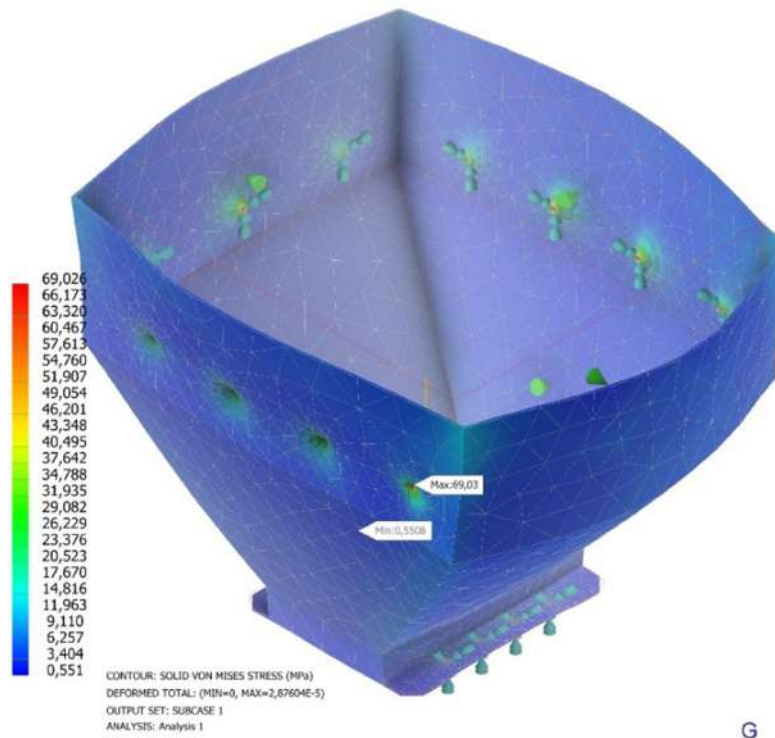
Resultados de la simulación

Resultado Von Mises

En el análisis de la resistencia a la tracción, se aprecia que el valor máximo alcanza los 69,0026 MPa, el cual se encuentra por debajo del límite del material especificado en 250 MPa para la lámina de 4 mm. Esta circunstancia confirma que la estructura puede soportar la carga del sustrato sin problemas.

Figura 67

Resultados de Von Mises para la tolva dispensadora de sustrato del modulo 2



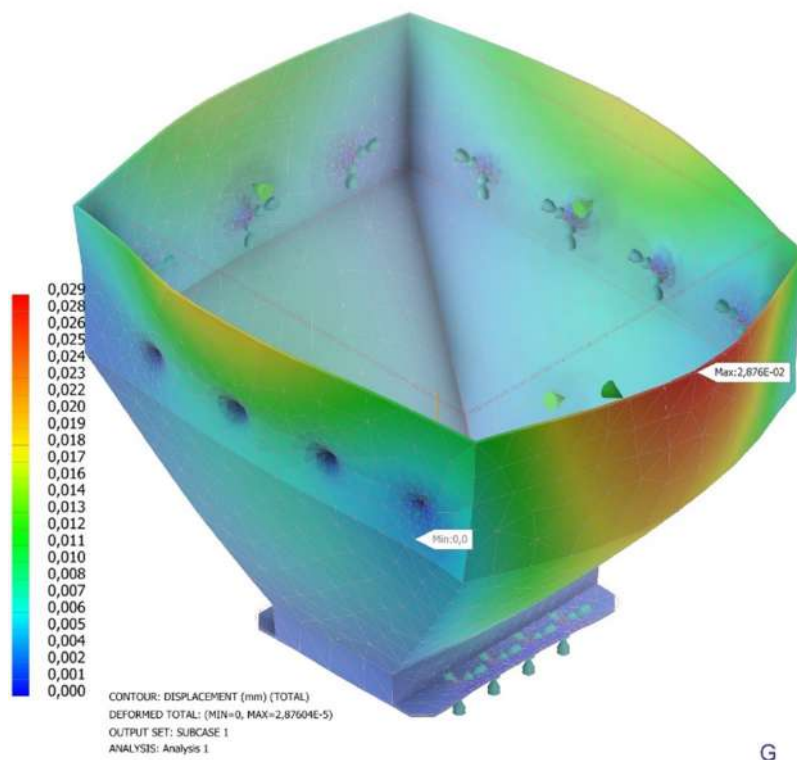
Nota: En la imagen se puede observar el resultado del esfuerzo a la tracción de la tolva del modulo dispensador de sustrato para tapado de bandejas.

Resultados del desplazamiento

De igual manera, se observa que la deformación de la tolva será de 0,029 mm, lo que indica que habrá una deformación prácticamente insignificante cuando la tolva esté llena de sustrato.

Figura 68

Resultados de desplazamiento para la tolva dispensadora de sustrato del modulo 2



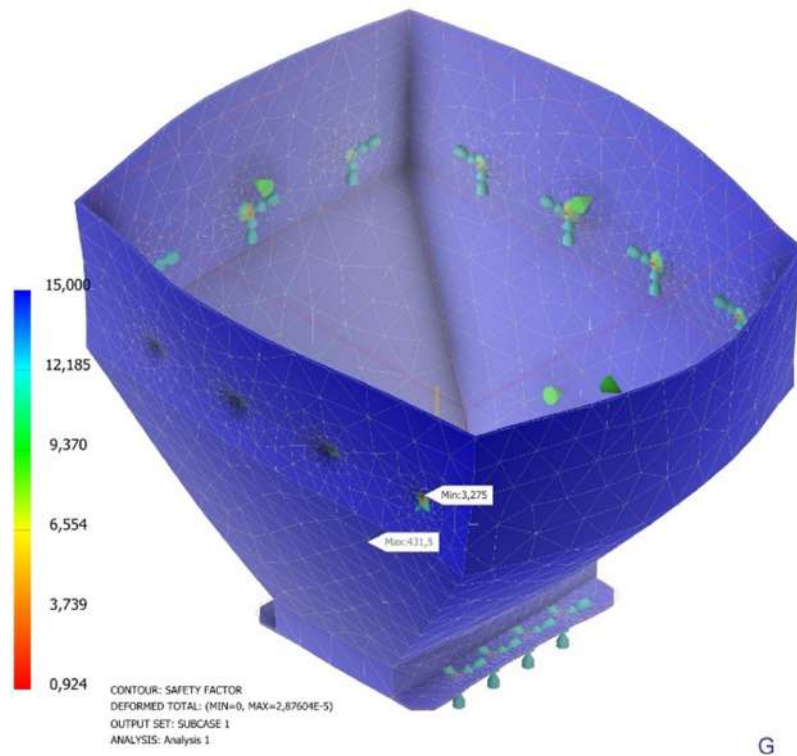
Nota: En la imagen se puede observar el desplazamiento máximo que tendrá la tolva al estar bajo la carga del sustrato de germinación.

Resultados del factor de seguridad

En relación con el factor de seguridad, se destaca que el punto más crítico alcanza un valor de 3,27, lo cual garantiza un funcionamiento adecuado al encontrarse sustancialmente por encima de 1.

Figura 69

Resultados de factor de seguridad para la tolva dispensadora de sustrato del modulo 2



Nota: En la imagen se puede observar el factor de seguridad que posee la tolva contenedora de sustrato para el modulo 2.

Cargas aplicadas a la estructura del dispensador de sustrato.

Esta estructura soporta diversas cargas distribuidas en distintos puntos. Soporta la carga generada por la banda transportadora, así como la proveniente de la tolva y los 300 kg de sustrato. Además, debe resistir la fuerza ejercida por el cepillo y su motor. Por último, se encuentra la carga producida por los rodillos encargados de mantener las bandejas en su posición.

Carga de la banda transportadora

Figura 70

Banda transportadora del modulo 2



Nota: En la imagen se puede observar la banda transportadora del modulo dispensador de sustrato para llenado de bandejas de germinación.

$$\text{Masa de la banda} = 46,09 \text{ kg}$$

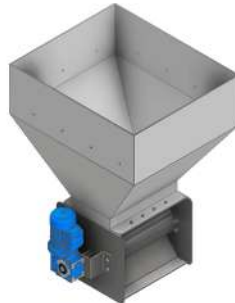
$$\text{Carga Banda} = 46,09 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (78)$$

$$\text{Carga Banda} = 452,142 \text{ N}$$

Carga de la tolva y sustrato

Figura 71

Sistema dispensador de sustrato del modulo 2



Nota: En la imagen se puede observar el sistema encargado de dispensar el sustrato de germinación del modulo 2.

El peso de la tolva y del sistema de distribución de sustrato podemos obtenerlo del mismo software inventor y sumando el peso del motor el cual nos da en el datasheet del mismo.

$$\text{Peso del sistema} = 47,125 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del motor} = 3,5 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del sustrato} = 350 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total} = 47,12 \text{ kg} + 350 \text{ kg} + 47,12 \text{ kg} \quad (79)$$

$$\text{Peso total} = 400,62 \text{ kg}$$

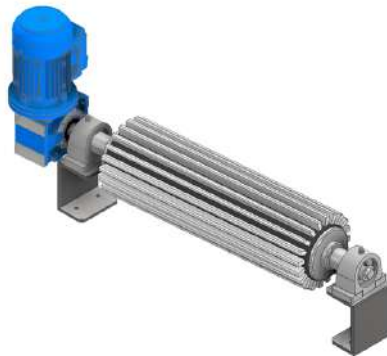
$$\text{Carga de la tolva} = 400,62 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (80)$$

$$\text{Carga Tolva} = 3930,08 \text{ N}$$

Carga del cepillo

Figura 72

Cepillo distribuidor de sustrato



Nota: En la imagen se puede observar el cepillo con su respectivo motor encargado de distribuir el sustrato en las bandejas de germinación.

Para determinar la carga que ejercerá el cepillo, podemos consultar los datos de cada componente para calcular su peso respectivo.

$$\text{Masa del motor} = 3,5 \text{ kg}$$

$$\text{Masa del cepillo} = 3,94 \text{ kg}$$

$$\text{Masa de los rodamientos} = 0,6 \cdot 2$$

$$\text{Masa de los rodamientos} = 1,2 \text{ kg}$$

$$\text{Masa total} = 3,5 + 3,94 + 1,2 \quad (81)$$

$$\text{Masa total} = 8,64 \text{ kg}$$

$$\text{Carga Cepillo} = 8,64 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (82)$$

$$\text{Carga Cepillo} = 84,75 \text{ N}$$

Esta carga se sumará a la carga de la banda transportadora ya que estarán ubicado en el mismo punto de la estructura.

$$\text{Carga Banda y Cepillo} = 452,142\text{N} + 84,75\text{N} \quad (83)$$

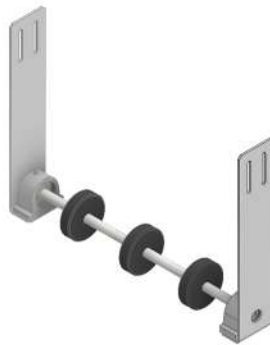
$$\text{Carga Banda Cepillo} = 536,892\text{N}$$

Carga de los rodillos

De manera similar al caso anterior, podemos utilizar los datos de cada producto para calcular la carga que ejercerá sobre la estructura.

Figura 73

Sistema de rodillos del modulo 2



Nota: En la imagen se aprecia el conjunto de rodillos que tienen la función de nivelar las bandejas de germinación.

$$\text{Masa de los rodamientos} = 0,6 \cdot 2 \quad (84)$$

$$\text{Masa de los rodamientos} = 1,2\text{kg}$$

$$\text{Masa del eje} = 0,6\text{kg}$$

$$\text{Masa de los rodillos} = 0,08 \cdot 3 \quad (85)$$

$$\text{Masa de los rodillos} = 0,24\text{kg}$$

$$\text{Masa de los soportes} = 0,07 \cdot 2 \quad (86)$$

$$\text{Masa de los soportes} = 0,14 \text{ kg}$$

$$\text{Masa total} = 1,2 + 0,6 + 0,24 + 0,14 \text{ kg} \quad (87)$$

$$\text{Masa total} = 2,18 \text{ kg}$$

$$\text{Carga Total} = 2,18 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (88)$$

$$\text{Carga Total} = 21,38 \text{ N}$$

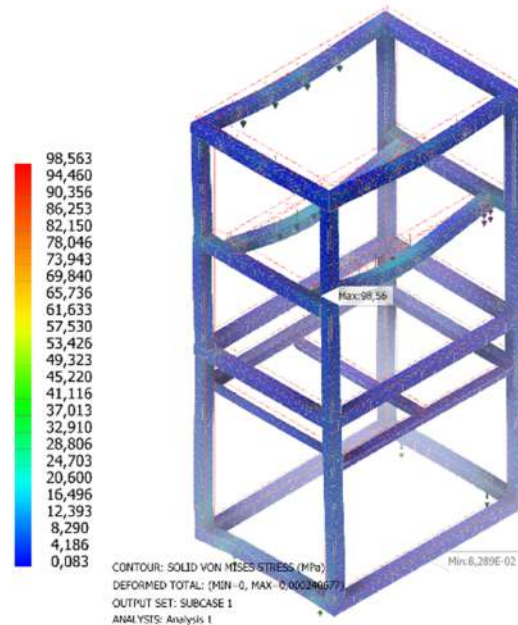
Resultados de la simulación:

Resultado Von Mises

Los resultados del análisis de resistencia a la tracción indican que la estructura resistirá de manera adecuada todas las cargas aplicadas, tanto en la sección de la banda transportadora como en la carga de la tolva y el sustrato. Además, el esfuerzo máximo estimado es de 98,56 MPa, mientras que el material seleccionado tiene una capacidad de resistencia de aproximadamente 420 MPa.

Figura 74

Resultados de Von Mises para la estructura del módulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas



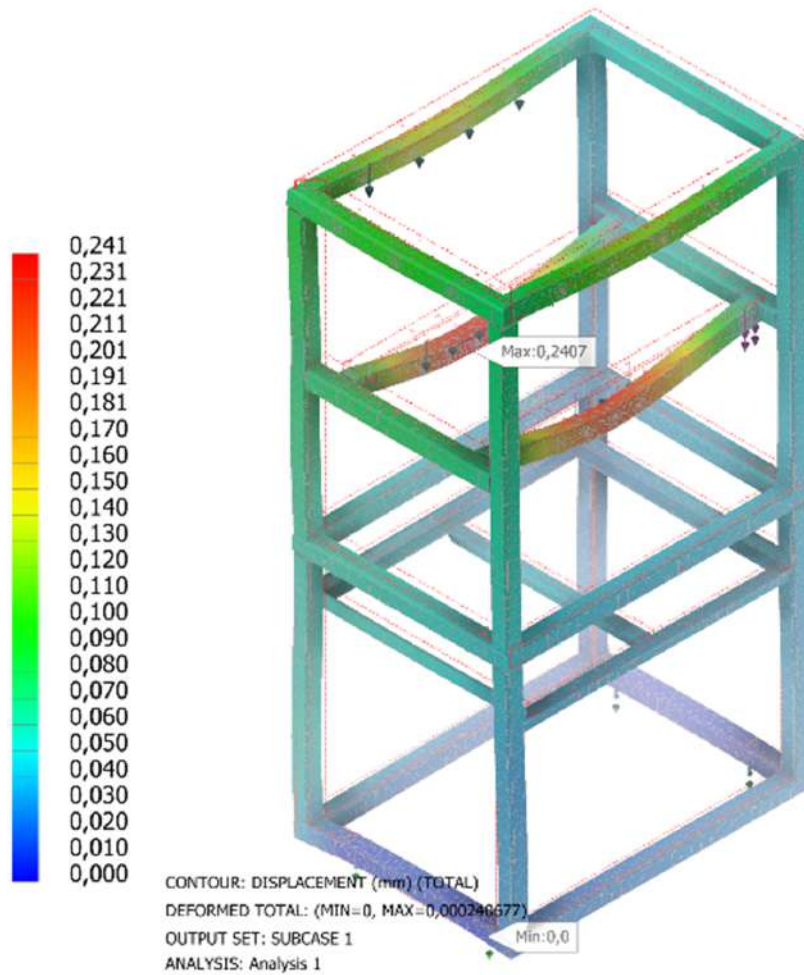
Nota: En la imagen se puede observar los resultados del esfuerzo a la tracción del modulo dispensador de sustrato para llenado de bandejas de germinación.

Resultados del desplazamiento

Los resultados del análisis de desplazamiento revelan un desplazamiento de 0,24 mm, localizado en el punto de apoyo de la tolva de sustrato. Este dato sugiere que la estructura se encuentra en condiciones óptimas, ya que el desplazamiento es mínimo.

Figura 75

Resultados de desplazamiento para la estructura del módulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas



Nota: En la imagen se puede observar el desplazamiento que sufrirá la estructura del módulo 2 al estar sometido a las diferentes cargas.

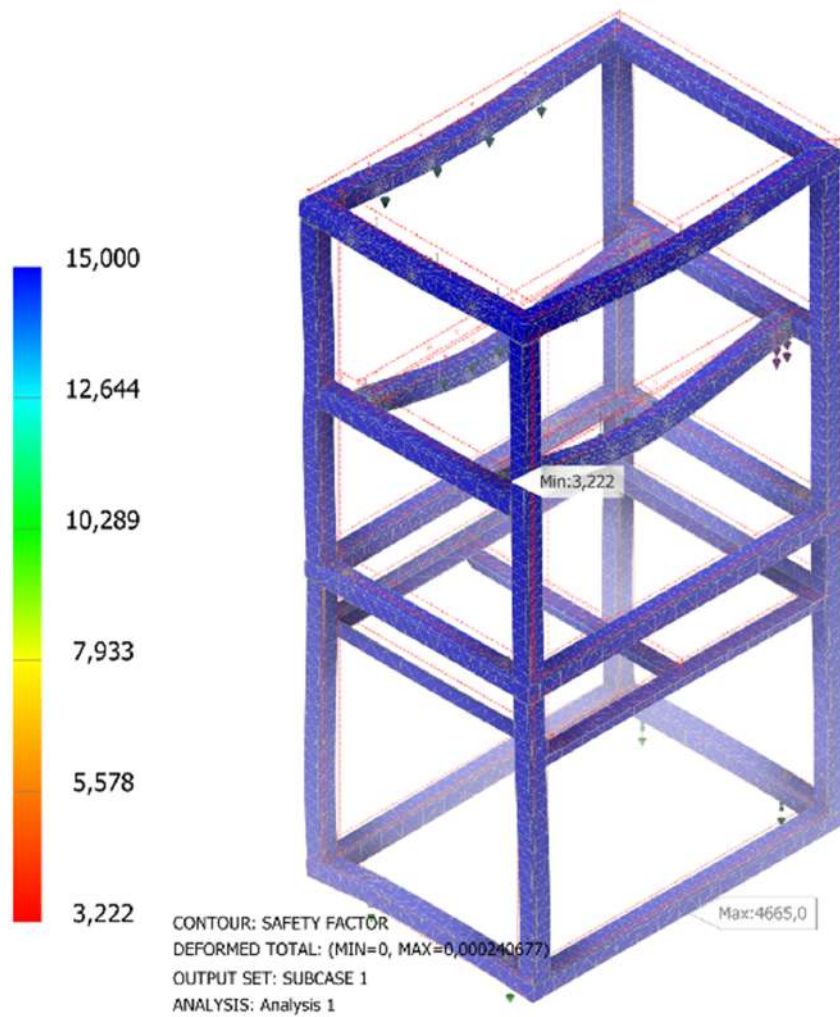
Resultados del factor de seguridad

El resultado del factor de seguridad indica que la estructura puede soportar sin dificultad todas las cargas aplicadas, proporcionando un factor mínimo de 3, lo cual se considera acepta-

ble para el sistema.

Figura 76

Resultados del factor de seguridad para la estructura del módulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas



Nota: En la imagen se puede observar el factor de seguridad que posee la estructura del modulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas.

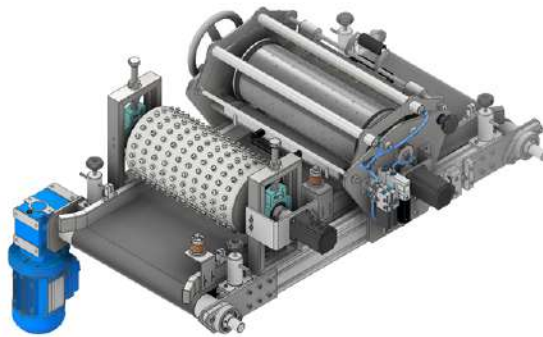
Módulo 3: punzonado y sembrado

Cargas aplicadas a la estructura del apisonador y semillero

Esta estructura soportará la carga generada por la banda, el sistema del apisonador y el sembrador, así como dos bandejas de germinación cargadas con sustrato. Todas estas cargas serán aplicadas en las uniones de la banda con la estructura.

Figura 77

Banda transportadora y sistemas del modulo 3



Nota: En la imagen se puede observar la banda transportadora junto a los sistemas de punzonado y sembrado del modulo 3.

$$\text{Masa del sembrador} = 28,62 \text{ kg}$$

$$\text{Masa del apisonador} = 11,36 \text{ kg}$$

$$\text{Masa de las bandejas} = 3 \text{ kg} \cdot 2 \tag{89}$$

$$\text{Masa de las bandejas} = 6 \text{ kg}$$

$$\text{Masa de la banda} = 46,09 \text{ kg}$$

$$\text{Masa total} = 28,62 + 11,36 + 6 + 46,09 \text{ kg} \tag{90}$$

$$\text{Masa total} = 92,07 \text{ kg}$$

$$\text{Carga total} = 92,07 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (91)$$

$$\text{Carga total} = 903,2067 \text{ N}$$

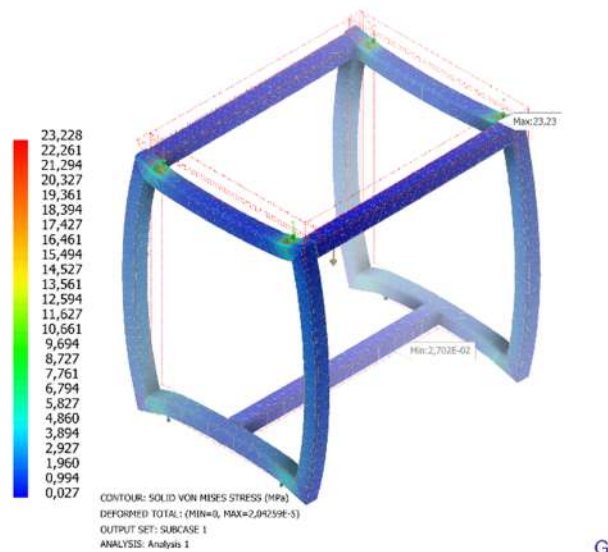
Resultados de la simulación:

Resultado Von Mises

Los resultados del análisis de resistencia a la tracción muestran un esfuerzo máximo de 23,22 MPa. Dado que el material seleccionado tiene una capacidad de resistencia de aproximadamente 420 MPa, la estructura será capaz de soportar sin dificultades las cargas aplicadas.

Figura 78

Resultados de Von Mises para la estructura del modulo 3: Punzonado y Sembrado



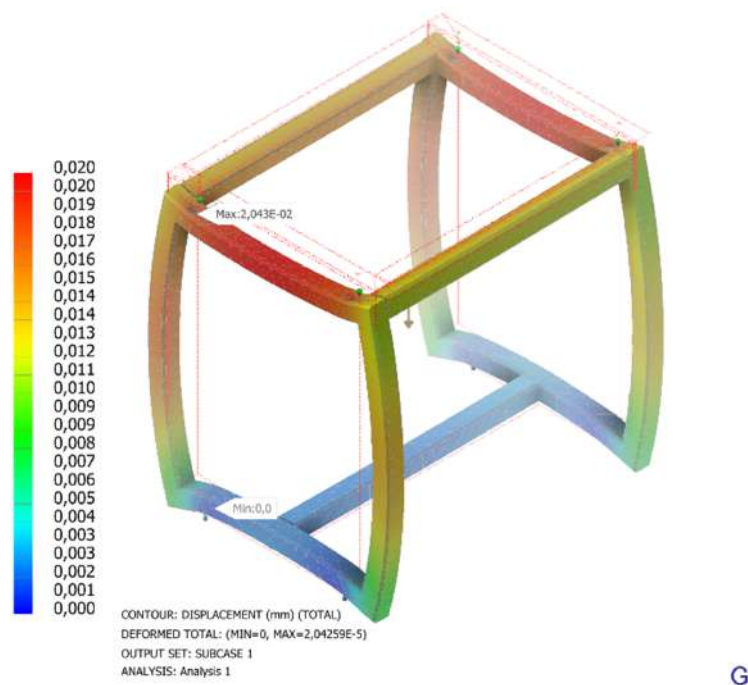
Nota: En la imagen se puede observar el resultado del esfuerzo a la tracción del modulo 3: Punzonado y Sembrado.

Resultados del desplazamiento

En el resultado de desplazamiento de la estructura del módulo 3, se observa un desplazamiento de 0.02 mm, lo cual indica que la estructura experimentará una deformación mínima ante las cargas aplicadas. Este valor reducido sugiere que la integridad y estabilidad de la estructura se mantendrán dentro de los parámetros aceptables.

Figura 79

Resultados de desplazamiento para la estructura del modulo 3: Punzonado y Sembrado



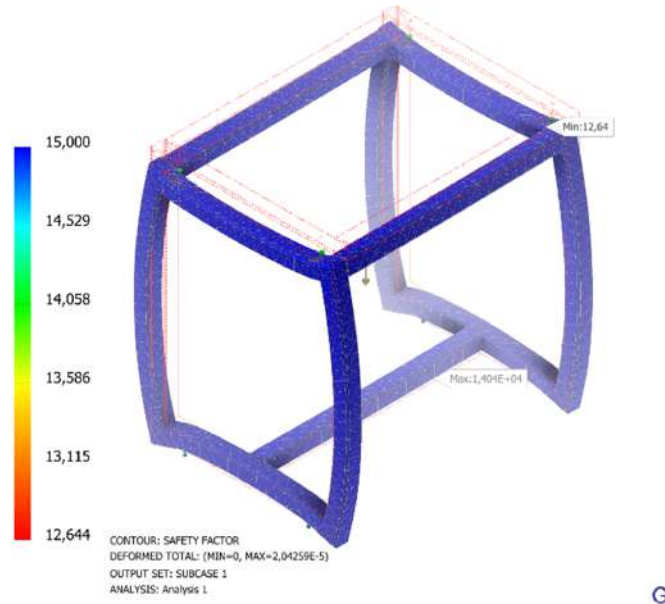
Nota: En la imagen se puede observar el desplazamiento que tendrá la estructura al someterse a las diferentes cargas.

Resultados del factor de seguridad

Dado que las cargas aplicadas al módulo no son considerablemente elevadas, se dispone de un factor de seguridad alto. Esto nos permite afirmar que la estructura podrá soportar sin inconvenientes la carga prevista, asegurando así su resistencia y estabilidad frente a las condiciones operativas.

Figura 80

Resultados del factor de seguridad para la estructura del módulo 3: Punzonado y Sembrado



Nota: En la imagen se puede observar el factor de seguridad de la estructura del modulo 3.

Módulo 4 Dispensador de sustrato para tapado de bandejas

Tolva de vermiculita

Considerando que la tolva estará expuesta a presión debido al sustrato, es importante garantizar que no se deforme bajo el peso del material. Para la simulación se usaron los valores de presión calculados anteriormente.

Resultados de la simulación:

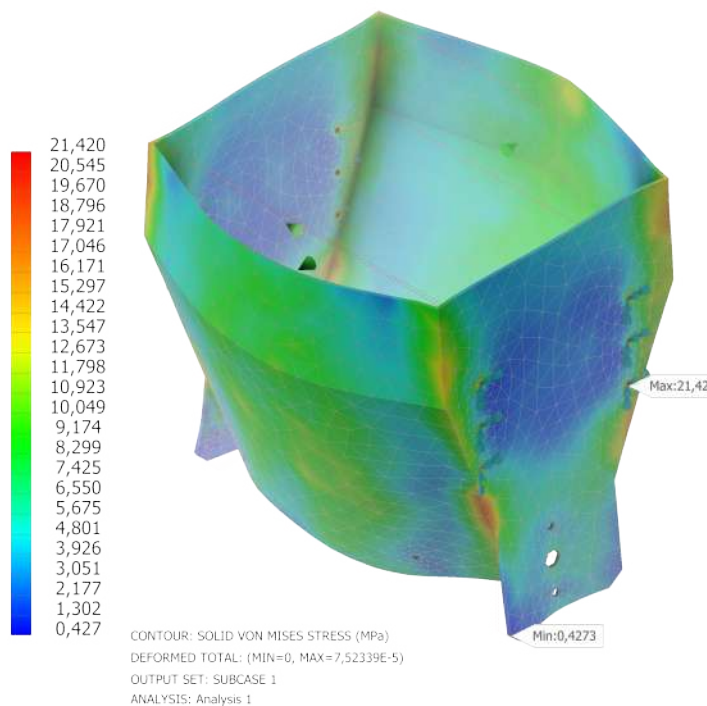
Resultado Von Mises

El análisis de los resultados para la tolva indica que el valor máximo para el criterio de von Mises es de 21,42 MPa. Esta cifra se encuentra dentro de los límites aceptables para el

material que es de 420 MPa y sugiere que la estructura no experimentará fallas significativas en términos de resistencia y deformación plástica.

Figura 81

Resultados de Von Mises para la tolva dispensadora de sustrato del modulo 2



G

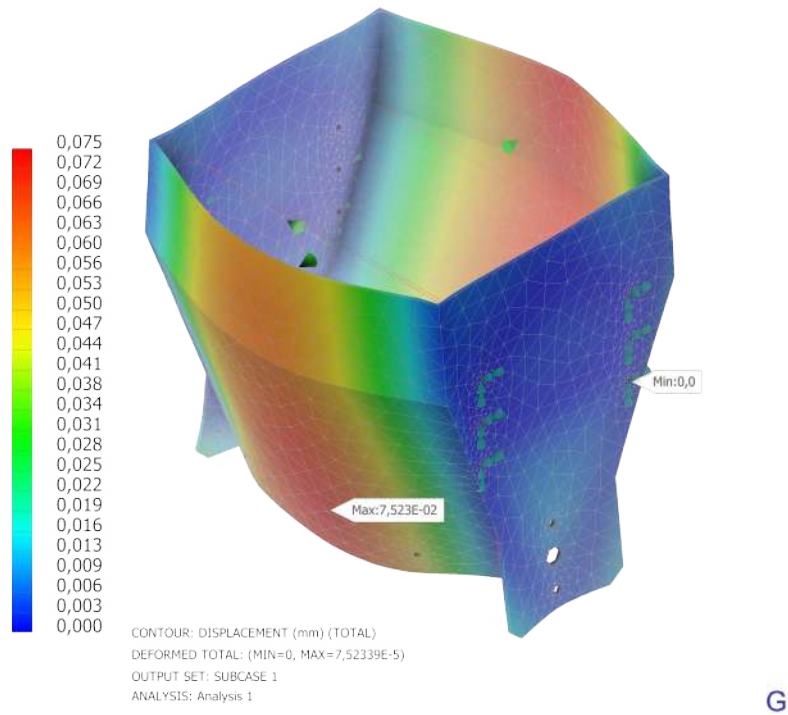
Nota: En la imagen se puede observar el resultado de la resistencia a la tracción de la tolva del modulo 4

Resultados del desplazamiento

En cuanto a los resultados de desplazamiento, se observa un valor máximo de 0,075 mm. Este valor sigue siendo un valor relativamente bajo, lo que sugiere que la deformación en la estructura es limitada, lo que contribuye a la estabilidad de la tolva.

Figura 82

Resultados del desplazamiento para la tolva dispensadora de sustrato del modulo 4



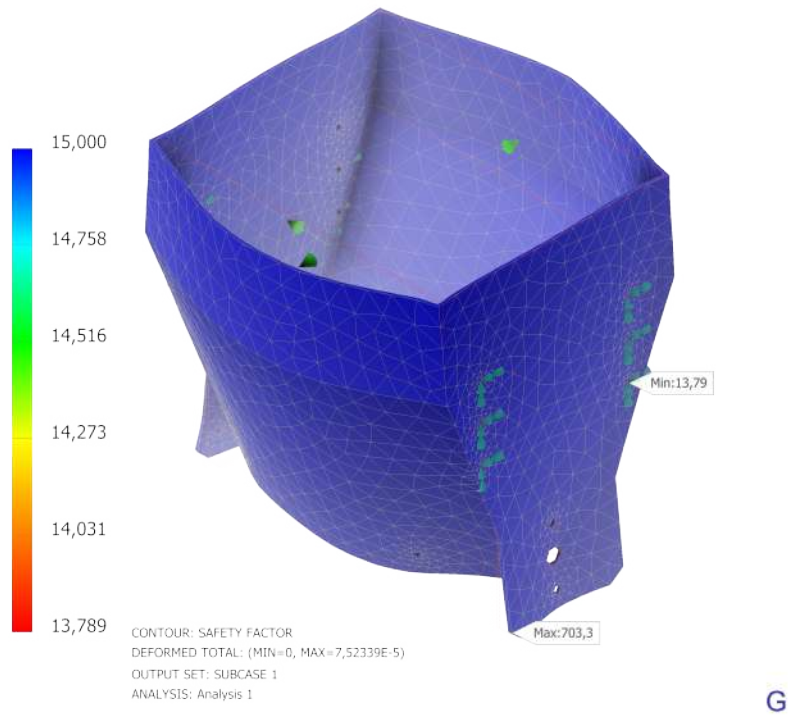
Nota: En la imagen se puede observar el resultado del desplazamiento de la tolva del modulo 4

Resultados del factor de seguridad

Los resultados del factor de seguridad indican un valor mínimo de 3,7. Este valor es superior al umbral aceptable de 1, lo que indica que la tolva tiene un margen de seguridad frente a las cargas aplicadas.

Figura 83

Resultados del factor de seguridad para la tolva dispensadora de sustrato del modulo 4



Nota: En la imagen se puede observar el factor de seguridad de la tolva del modulo 4

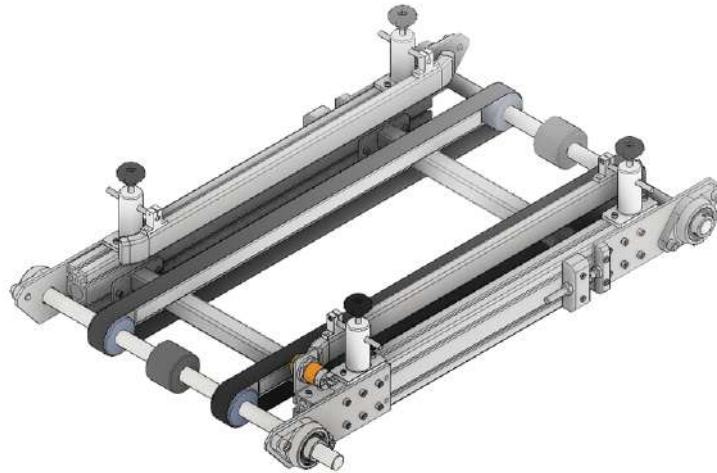
Estructura del módulo 4

El peso de la tolva y del sistema de distribución de sustrato podemos obtenerlo del mismo software inventor y sumando el peso del motor el cual nos da en el datasheet del mismo.

Carga de la banda transportadora

Figura 84

Banda transportadora del módulo 4



Nota: En la imagen se puede observar la banda transportadora del módulo dispensador de sustrato para tapado de bandejas de germinación.

$$\text{Masa de la banda} = 46,09\text{kg}$$

$$\text{Carga Banda} = 46,09 \cdot 9,81 \quad (92)$$

$$\text{Carga Banda} = 452,142\text{N}$$

$$\text{Peso del sistema} = 43,125\text{kg} \quad (93)$$

$$\text{Peso del motor} = 3,5\text{kg}$$

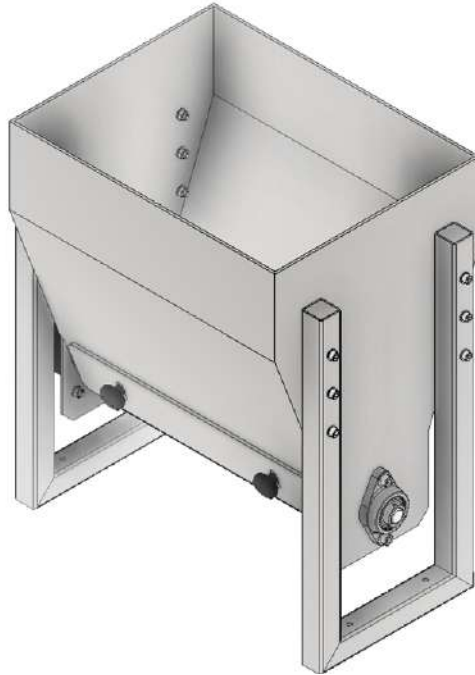
$$\text{Peso del sustrato} = 120\text{kg}$$

$$\text{Peso total} = 47,12 + 3,5 + 120 \quad (94)$$

$$\text{Peso total} = 170,62\text{kg}$$

Figura 85

Tolva dispensadora de sustrato del módulo 4



Nota: La imagen presenta la tolva dispensadora del sustrato con su estructura de soporte.

$$\text{Carga Tolva} = 170,62 \cdot 9,81 \quad (95)$$

$$\text{Carga Tolva} = 1.673,7822 \text{ N}$$

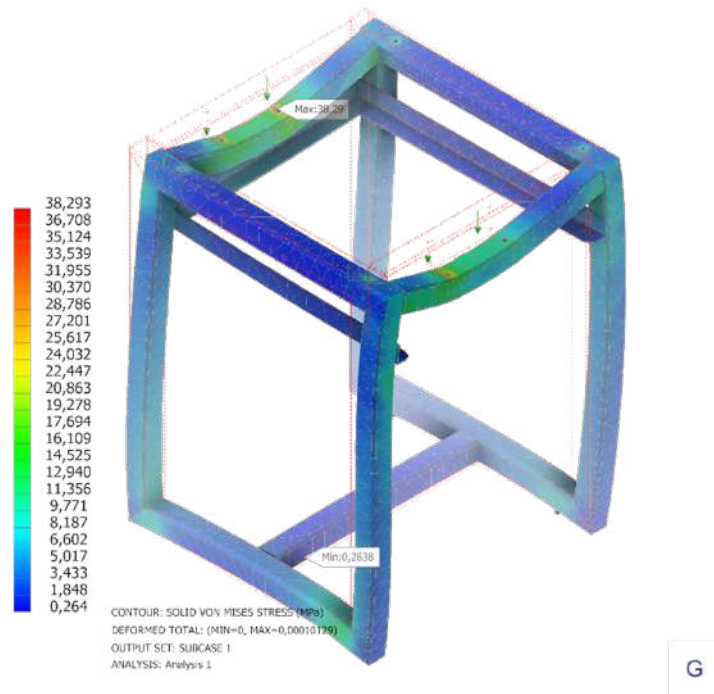
Resultados de la simulación:

Resultado Von Mises

Los resultados para la estructura revela que el valor máximo para el criterio de von Mises es de 38,29 MPa, el cual se encuentra muy por debajo del límite de resistencia del material de 420 MPa. Esto indica que la estructura está diseñada con un amplio margen de seguridad en cuanto a la resistencia a la tracción, lo que contribuye a la integridad estructural.

Figura 86

Resultados de Von Mises para la estructura del módulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas.



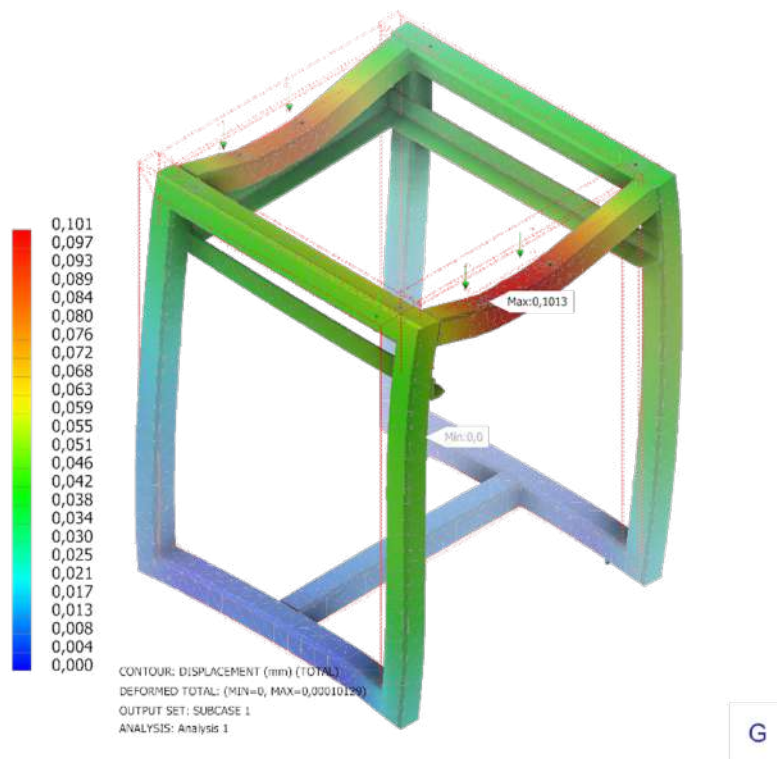
Nota: En la imagen se puede observar el resultado de la simulación para la resistencia a la tracción de la estructura del modulo 4.

Resultados del desplazamiento

En cuanto al desplazamiento, se obtuvo un valor de 0.101 mm. Este valor puede considerarse bajo, lo que indica una deformación aceptable en la estructura bajo las condiciones de carga aplicadas.

Figura 87

Resultados del desplazamiento para la estructura del módulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas.



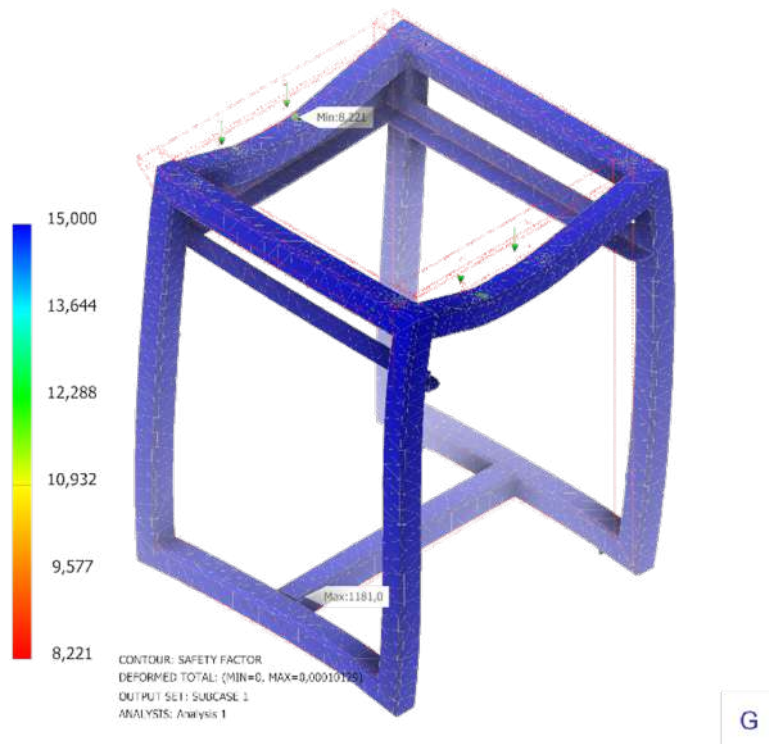
Nota: En la imagen se puede observar el desplazamiento que tendrá la estructura del módulo 4 frente a las cargas aplicadas.

Resultados del factor de seguridad

El factor de seguridad mínimo calculado es de 8,2, lo cual representa un margen de seguridad alto. Este valor confirma que la estructura está diseñada con un nivel de robustez que supera significativamente los requerimientos mínimos de seguridad, proporcionando así una reserva de resistencia ante posibles variaciones en las condiciones operativas.

Figura 88

Resultados del factor de seguridad para la estructura del modulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas.



Nota: En la imagen se puede observar de la estructura del módulo 4 un factor de seguridad mínimo de 8,221.

Módulo 5 sistema de Riego y Módulo 6 Apilador de bandejas

Cargas aplicadas a la estructura de ambos módulos

Esta estructura debe soportar tanto las cargas del módulo de riego como las del apilador de bandejas. Además, deberá resistir la carga generada por los actuadores lineales que levantarán las bandejas, y por último, debe ser capaz de soportar la carga de al menos 7 bandejas, cada una con un peso de 4.5 kg.

Figura 89

Banda transportadora del modulo 5 y 6



Nota: La imagen presenta el sistema de transporte de bandejas del modulo 5 y 6.

$$\text{Masa de Placa sujetadora de tuberías} = 0,49 \cdot 2 \quad (96)$$

$$\text{Masa de Placa sujetadora de tuberías} = 0,98 \text{ kg}$$

$$\text{Masa del sistema de riego} = 2,93 + 0,98 \quad (97)$$

$$\text{Masa del sistema de riego} = 3,91 \text{ kg}$$

$$\text{Masa del sistema apilador} = 16,46 \text{ kg}$$

$$\text{Masa de la banda} = 53,47 \text{ kg}$$

$$\text{Masa total} = 3,91 + 16,46 + 53,47 \quad (98)$$

$$\text{Masa total} = 73,84 \text{ kg}$$

$$\text{Carga total} = 73,84 \cdot 9,81 \quad (99)$$

$$\text{Carga total} = 724,3704 \text{ N}$$

$$\text{Masa del actuador} = 0,8 \text{ kg}$$

$$\text{Masa de bandejas} = 4,5 \cdot 7 \quad (100)$$

$$\text{Masa de bandejas} = 31,5 \text{ kg}$$

$$\text{Masa total} = 0,8 \cdot 2 + 31,5 \quad (101)$$

$$\text{Masa total} = 33,1 \text{ kg}$$

$$\text{Carga total} = 33,1 \cdot 9,81 \quad (102)$$

$$\text{Carga total} = 324,711 \text{ N}$$

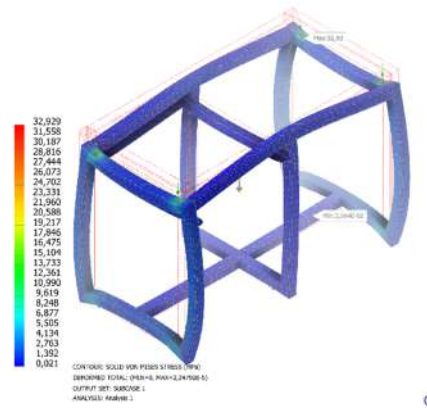
Resultados de la simulación:

Resultado Von Mises

Los resultados para la estructura indica que el valor máximo para el criterio de von Mises es de 32,92 MPa. Este valor, comparado con el límite de resistencia del material de 420 MPa, señala que la estructura posee un amplio margen de seguridad en cuanto a la resistencia a la tracción. La estructura está diseñada de manera robusta y puede soportar las cargas aplicadas sin comprometer su integridad.

Figura 90

Resultados de Von Mises para la estructura del módulo 5: Riego y el módulo 6: Apilador de bandejas



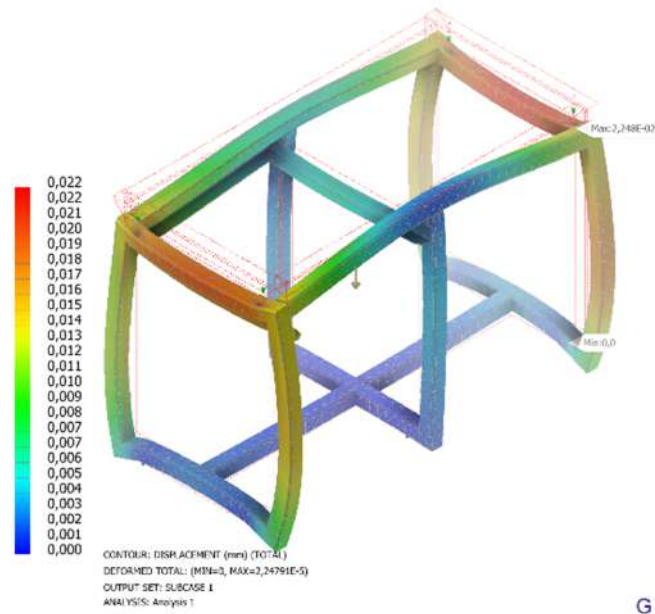
Nota: En la imagen se presenta el resultado de la resistencia a la tracción de la estructura del módulo de riego y el módulo apilador de bandejas de germinación.

Resultados del desplazamiento

En cuanto al desplazamiento, se registra un valor mínimo de 0,022 mm. Este desplazamiento extremadamente bajo indica que la estructura experimentará una deformación insignificante bajo las cargas aplicadas, lo que contribuye a mantener la estabilidad de la estructura.

Figura 91

Resultados del desplazamiento para la estructura del modulo 5: Riego y el modulo 6: Apilador de bandejas



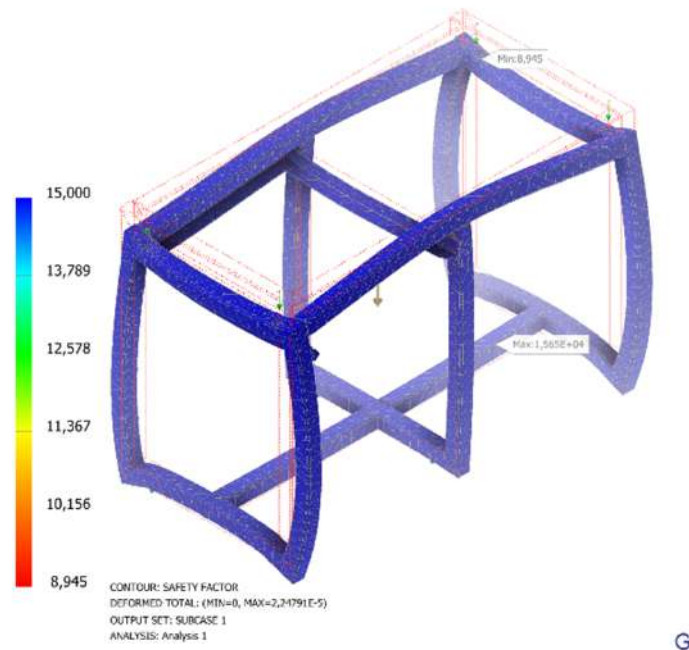
Nota: En la imagen se presenta el desplazamiento que tendrá la estructura del modulo 5 y 6 al someterse a las cargas aplicadas.

Resultados del factor de seguridad

El factor de seguridad mínimo calculado es de 8,9, un valor considerablemente alto. Esto implica que la estructura está diseñada para ser muy resistente y puede enfrentar variaciones en las condiciones operativas con un amplio margen de seguridad.

Figura 92

Resultados del factor de seguridad para la estructura del módulo 5: Riego y el módulo 6: Apilador de bandejas



Nota: En la imagen se presenta la estructura de los módulos 5 y 6 con un factor de seguridad mínimo de 8,945 .

6.2.4. Definición de componentes eléctricos.

Los componentes electrónicos son importantes para que funcione correctamente la línea de producción, por lo que a continuación se presentarán los componentes que se requiere para el sistema automatizado de producción de plántones.

Se seleccionó el PLC SIMATIC S7 1500 compact CPU 1511C-1PN, ya que estará sometido a diferentes condiciones. Las características de este PLC incluyen su resistencia a la humedad, necesario para un entorno donde la maquinaria estará en contacto directo con la tierra, y su aptitud para resistir las condiciones asociadas con el uso en maquinaria agrícola. En base a esta selección se uso componentes recomendados o compatibles con este PLC.

Figura 93

PLC SIMATIC S7 1500 compact



Nota: La imagen muestra el PLC que incorporará la máquina, específicamente el PLC SIMATIC S7 1500 compact, equipado con una CPU 1511C-1PN, Siemens (2024)

La alimentación de este PLC y otros componentes se realizó mediante un SIMATIC PM 1507 24V/8A. Esta elección se basó en su compatibilidad con el PLC seleccionado y, además, en ser la recomendación de Siemens.

Figura 94

SIMATIC PM 1507 24V/8A para el módulo 1



Nota: En la imagen se presenta la fuente de alimentación para el PLC y demás componentes como sensores y electroválvulas, Siemens (2024)

Debido a que el PLC seleccionado dispone únicamente de 16 salidas digitales, se incorporará un módulo de expansión de salidas digitales DQ 16X24 48VUC/125VDC/0.5A ST de Siemens (2024) para cubrir la cantidad adicional que requerimos.

Figura 95

Módulo de salidas digitales



Nota: En la imagen se presenta el módulo de salidas digitales compatible con el PLC seleccionado, Siemens (2024)

Considerando la necesidad de salidas analógicas, se integrará un módulo de expansión específico para el PLC el cual será el módulo AQ 4xU/I HF.

Figura 96

AQ 4xU/I HF



Nota: En la imagen se presenta el módulo de salidas analógicas compatible con el PLC seleccionado, Siemens (2024)

Para activar tanto los motores de las bandas transportadoras como los de diversos sistemas, se eligió utilizar un contactor de la marca ABB MC1I301ATD. Este dispositivo opera a 24V, suministrados por el PLC, y se ajusta de manera versátil a las diversas potencias de los motores presentes en los distintos sistemas. La elección de este contactor se basa en su capacidad para proporcionar una activación confiable y eficiente, garantizando una sincronización óptima de los motores en los diversos componentes de la maquinaria.

Figura 97

ABB MC1I301ATD.



Nota: En la imagen se puede observar el contactor para activar/desactivar los motores de los diferentes sistemas de la maquinaria, ABB (2024).

Para controlar la velocidad y la posición de los sistemas de punzonado y sembrado se uso el controlador visto anteriormente, el cual usa una comunicación profinet o analógica para conectase con el PLC.

Figura 98

Driver para motores Lexium 28



Nota: En la imagen se puede observar el driver que controlará la velocidad y posición de los motores paso a paso de los sistemas de punzonado y sembrado, Schneider (2024)

Se utilizará un sensor capacitivo KEMA 02 ATEX 1090X para la detección de bandejas en cada etapa del proceso. Este sensor de corta distancia resulta adecuado para nuestras necesidades, y su protección IP55 garantiza una resistencia suficiente contra el polvo y el agua. Esta característica lo hace ideal para el proceso de producción de plántones, donde estará expuesto a condiciones de humedad y presencia de tierra.

Figura 99

KEMA 02 ATEX 1090X



Nota: En la imagen se puede observar el sensor capacitivo usado en cada etapa del proceso, este sensor cuenta con una señal digital que se conectará directamente al PLC, ADI (2024)

Con el objetivo de prevenir posibles accidentes, se ha instalado en cada módulo un botón

de emergencia de la marca ABB Smile 11 EA AS-i. Este dispositivo cuenta con una protección IP66, lo cual es idóneo dado que nuestra máquina estará expuesta a condiciones de alta humedad.

Figura 100

ABB Smile 11 EA AS-i



Nota: En la imagen se puede observar el botón de seguridad incorporado en cada modulo del sistema, este cuenta con una carcasa para evitar entrada de agua y polvo ABB (2024)

Para la configuración del sistema, se seleccionó una pantalla SIMATIC HMI TP700 Comfort, con panel táctil y operación cómoda de 7 pulgadas. Esta elección se basa en el tamaño apropiado que ofrece, siendo lo suficientemente amplio para configurar todo el sistema sin ser excesivamente grande ni demasiado pequeño.

Figura 101

SIMATIC HMI TP700 Comfort



Nota: En la imagen se puede observar el HMI seleccionado para la configuración y puesta en marcha del sistema, Siemens (2024)

En complemento al HMI, se incorporaron luces piloto y pulsadores de la marca Allen Bradley, pertenecientes a las series 800FP-P3 para las luces y 800FP-FA3 para los pulsadores.

La selección de estos componentes se basa en su clasificación IP66, asegurando así un equipo hermético al polvo y protegido contra chorros de agua.

Figura 102

Luz piloto 800FP-P3 y pulsador 800FP-FA



Nota: La imagen muestra el botón pulsador y la luz piloto utilizados, ambos pertenecientes a la marca Allen Bradley, Bradley (2024)

6.2.5. Parámetros de control.

A continuación se presentan los parámetros a utilizar en la programación del sistema. Para visualizar las conexiones eléctricas, consulte el ANEXO G.

Parámetros de control generales

Dado que las bandas se activan en conjuntos de dos, se utilizarán tres contactores para un control eficiente de estas bandas transportadoras. Además, el sistema estará equipado con botones de emergencia, pulsadores y luces piloto para facilitar su puesta en marcha.

Tabla 38*Parámetros de control general*

Categoría	Cantidad	Componente	Señal	Entrada/Salida digital
Bandas Transportadoras	3	Contactor	Encender (+) Apagar (-)	Q 0.0 Q 0.1 Q 0.2
Panel de control	3	Luces piloto	Encender (+) Apagar (-)	Q 0.3 Q 0.4 Q 0.5
	3	Pulsadores	Abierto (+) Cerrado (-)	I 0.0 I 0.1 I 0.2

Nota: En la tabla se muestran las señales a controlar generales del sistema.

Módulo 1: Dispensador de bandejas de germinación

En este módulo, se emplea un sensor capacitivo para la identificación de bandejas tanto en la entrada como en la salida. Además, incorpora dos cilindros neumáticos controlados por electroválvulas. Cuando el sistema detecta la presencia de bandejas, las electroválvulas se activan para permitir la liberación de una bandeja. Posteriormente, una vez que el sensor de salida confirma que la bandeja ha abandonado el módulo, se reinicia el ciclo, continuando de manera recurrente siempre que existan bandejas en el sistema.

Tabla 39*Parámetros de control del modulo 1*

Categoría	Cantidad	Componente	Señal	Entrada/Salida digital
Sensores	2	Sensor capacitivo	Detecta presencia (+) Detecta ausencia (-)	I 1.0 I 1.1
Liberador de bandejas	2	Electro válvula	Encender (+) Apagar (-)	Q 1.0 Q 1.1 Q 1.2 Q 1.3
Control	1	Botón de emergencia	Abierto (+) Cerrado (-)	I 1.2

Nota: En la tabla se muestran las señales de control del modulo 1: Dispensador de bandejas.

Módulo 2: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas.

En este módulo, se emplea un sensor capacitivo para la detección de bandejas. Una vez que el sensor identifica la inserción de la bandeja en el módulo, el sistema de distribución de sustrato se activa automáticamente para llenar los alveolos de la bandeja, y posteriormente activa el cepillo para eliminar el sustrato sobrante. El sistema se apaga cuando deja de detectar la presencia de la bandeja en el sistema.

Tabla 40*Parámetros de control del modulo 2*

Categoría	Cantidad	Componente	Señal	Entrada/Salida digital
Sensores	1	Sensor capacitivo	Detecta presencia (+) Detecta ausencia (-)	I 2.0
Dispensador de sustrato	2	Contactador ABB	Encender (+) Apagar (-)	Q 2.0 Q 2.1
Control	1	Botón de emergencia	Abierto (+) Cerrado (-)	I 2.1

Nota: En la tabla se muestran las señales de control del modulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas.

Módulo 3: Punzonado y sembrado

En este módulo, se utiliza un sensor capacitivo para la detección de bandejas en cada etapa del proceso. Cuando el primer sensor detecta la bandeja, activa el apisonador para perforar los alveolos correspondientes. Posteriormente, la bandeja activa el segundo sensor, el cual a su vez pone en marcha el sistema de siembra. Este sistema activa el generador de vacío, luego las electroválvulas entran en funcionamiento para eliminar las semillas sobrantes, y finalmente, se activa el motor encargado de hacer girar el cilindro que transporta las semillas.

Tabla 41*Parámetros de control del módulo 3*

Categoría	Cantidad	Componente	Señal	Entrada/Salida digital
Sensores	2	Sensor capacitivo	Detecta presencia (+) Detecta ausencia (-)	I 3.0 I 3.1
Apisonador	1	Driver motor paso a paso	Encender (+) Apagar (-) Velocidad(0-10V)	I 3.0 QW 30
Sembrador	1	Driver motor paso a paso	Encender (+) Apagar (-) Velocidad(0-10V)	Q 3.1 QW 32
	1	Generador de vacío	Encender (+) Apagar (-)	Q 3.2
	2	Electro válvula	Encender (+) Apagar (-)	Q 3.3 Q 3.4 Q 3.5 Q 3.6
Control	1	Botón de emergencia	Encender (+) Apagar (-)	I 3.2

Nota: En la tabla se muestran las señales de control del módulo 3: Punzonado y Sembrado.

Módulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas

En este módulo, se utiliza un sensor capacitivo para detectar la presencia de bandejas. Cuando el sensor detecta la inserción de la bandeja en el módulo, el sistema de distribución de sustrato se activa automáticamente para cubrir las semillas previamente sembradas en el módulo anterior.

Tabla 42*Parámetros de control del modulo 4*

Categoría	Cantidad	Componente	Señal	Entrada/Salida digital
Sensores	1	Sensor capacitivo	Detecta presencia (+) Detecta ausencia (-)	I 4.0
Dispensador de sustrato	2	Contactador ABB	Encender (+) Apagar (-)	Q 4.0 Q 4.1
Control	1	Botón de emergencia	Abierto (+) Cerrado (-)	I 4.1

Nota: En la tabla se muestran las señales de control del modulo 4: Dispensador de tuturuto para tapado de bandejas.

Módulo 5: Sistema de Riego

Dentro de este módulo, se utiliza un sensor capacitivo para la detección de bandejas. Además, hemos incorporado una electroválvula que se controla automáticamente el flujo de agua. Esta electroválvula se enciende y apaga en base al sensor, garantizando poca pérdida de agua al regar las bandejas previamente sembradas.

Tabla 43*Parámetros de control del modulo 5*

Categoría	Cantidad	Componente	Señal	Entrada/Salida digital
Sensores	1	Sensor capacitivo	Detecta presencia (+) Detecta ausencia (-)	I 5.0
Riego	2	Electro válvula	Encender (+) Apagar (-)	Q 5.0 Q 5.1
Control	1	Botón de emergencia	Abierto (+) Cerrado (-)	I 5.1

Nota: En la tabla se muestran las señales de control del modulo 5: Riego.

Módulo 6: Apilador de bandejas

En este módulo, empleamos un sensor capacitivo para detectar la presencia de bandejas. Una vez detectada la señal, se activan dos electroválvulas que ponen en marcha dos cilindros neumáticos, elevando así las bandejas. Simultáneamente, otras dos electroválvulas entran en funcionamiento para asegurar y sujetar las bandejas previamente elevadas.

Tabla 44*Parámetros de control del módulo 6*

Categoría	Cantidad	Componente	Señal	Entrada/Salida digital
Sensores	1	Sensor capacitivo	Detecta presencia (+) Detecta ausencia (-)	I 6.0
Soporte bandejas	2	Electro válvula	Encender (+) Apagar (-)	Q 6.0 Q 6.1
Elevador bandejas	2	Electro válvula	Encender (+) Apagar (-)	Q 6.2 Q 6.3
Control	1	Botón de emergencia	Abierto (+) Cerrado (-)	I 6.1

Nota: En la tabla se muestran las señales de control del modulo 6: Apilador de bandejas.

Tras haber definido todas las entradas y salidas del sistema, contamos con un total de 16 entradas digitales, 27 salidas digitales y 2 salidas analógicas.

6.2.6. Programación del PLC en el software Tia Portal

Lógica de programación

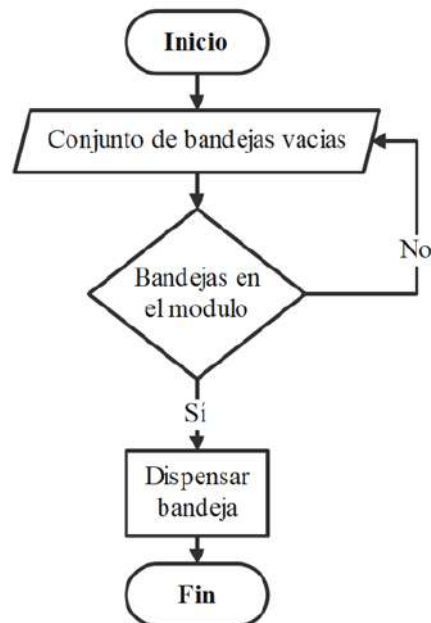
Basándonos en los parámetros establecidos al inicio del diseño, se implementó una secuencia lógica de programación para el desarrollo del sistema, integrando todos los componentes y parámetros previamente definidos. Dada la presencia de seis módulos en la línea de producción, se optó por diseñar un diagrama de la lógica de programación para cada uno de ellos.

Lógica de programación del módulo 1: Dispensador de bandejas

En el módulo inicial, se lleva a cabo una verificación sencilla para garantizar la presencia de bandejas en el sistema. En caso afirmativo, se procede a dispensar cada bandeja de manera individual; en cambio, si no se detectan bandejas, se enviará un mensaje de alarma indicando la ausencia de bandejas en el sistema.

Figura 103

Lógica de programación modulo 1 dispensador de bandejas



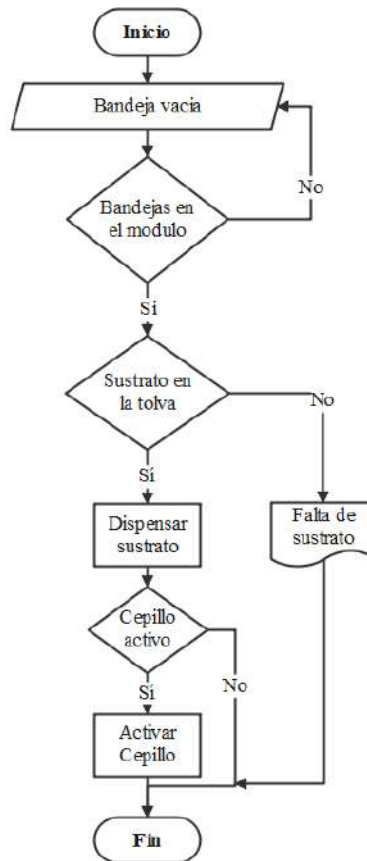
Nota: En la imagen se puede observar las variables el diagrama que indica la lógica de programación para el modulo 1 del sistema automatizado para la producción de plantones.

Lógica de programación del módulo 2: Dispensador sustrato para llenado de bandejas

En el segundo módulo, las bandejas ingresarán de manera individual. En caso de ausencia de sustrato, el sistema permanecerá inactivo y enviará un mensaje notificando la falta de sustrato. En contraste si existe sustrato en la tolva, el sistema procede a verificar si el cepillo industrial está activo en la configuración del sistema, de ser así el módulo procederá a activar el cepillo; de lo contrario, no lo hará y la bandeja saldrá del módulo con el sustrato.

Figura 104

Lógica de programación modulo 2 dispensador de sustrato



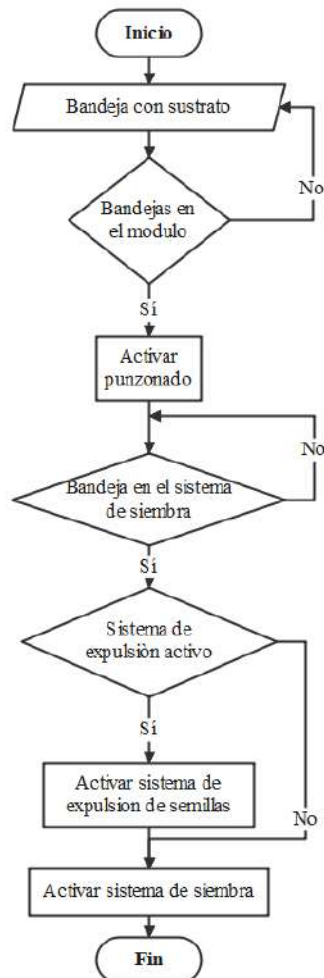
Nota: En la imagen se puede observar las variables el diagrama que indica la lógica de programación para el modulo 2 del sistema automatizado para la producción de plántones.

Lógica de programación del módulo 3: Punzonado y sembrado

En el módulo 3, el sistema está equipado con sensores para cada etapa del proceso. El primero activa el sistema de punzonado al detectar la entrada de la bandeja al módulo. El segundo activa el sistema de siembra; al detectar el sensor, verifica la configuración para determinar si el sistema de expulsión de semillas está activado. En caso afirmativo, activa las electroválvulas correspondientes al sistema de expulsión; de lo contrario, solo pone en marcha el generador de vacío y el servomotor para iniciar el proceso de siembra.

Figura 105

Lógica de programación modulo 3 apisonador y sembrero



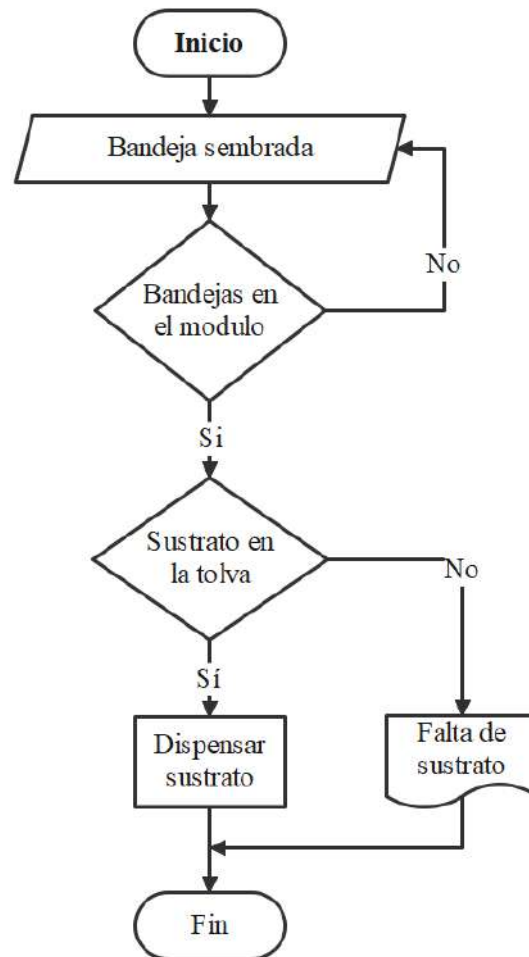
Nota: En la imagen se puede observar las variables el diagrama que indica la lógica de programación para el modulo 3 del sistema automatizado para la producción de plántones.

Lógica de programación del módulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas

En el módulo 4, el sistema realiza una verificación de la presencia de bandejas en primer lugar. En caso afirmativo, procede a verificar la existencia de sustrato en la tolva. Si se confirma la presencia de sustrato, se realiza la dispensación en la bandeja correspondiente. En caso contrario, se emite una alarma indicando la falta de sustrato en el sistema.

Figura 106

Lógica de programación modulo 4 dispensador de vermiculita



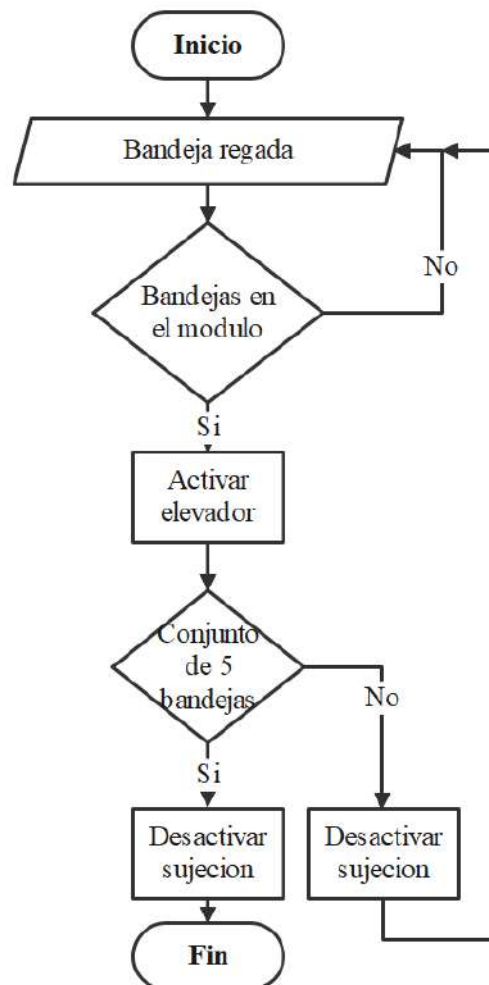
Nota: En la imagen se puede observar las variables el diagrama que indica la lógica de programación para el modulo 4 del sistema automatizado para la producción de plantones.

Lógica de programación del módulo 5: Riego

En el módulo 5, el sistema efectúa una verificación para determinar si la opción de riego está activa en la configuración. En caso afirmativo, activa la electroválvula correspondiente para regar la bandeja; en cambio, si la opción de riego está desactivada, la bandeja simplemente avanza al siguiente módulo.

Figura 107

Lógica de programación modulo 5 sistema de riego



Nota: En la imagen se puede observar las variables el diagrama que indica la lógica de programación para el modulo 6 del sistema automatizado para la producción de plántones.

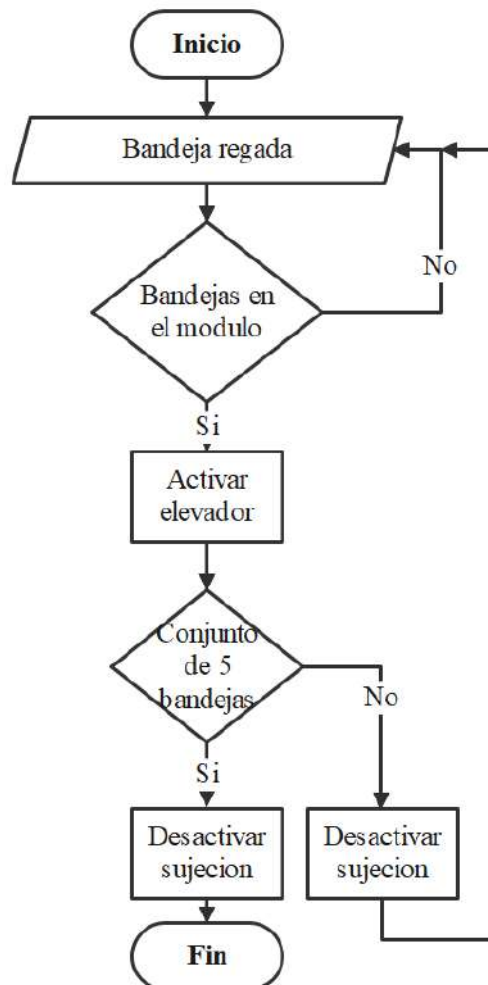
Lógica de programación del módulo 6: Apilador de bandejas

En el último módulo, el sistema realiza varias verificaciones. Cuando llega una bandeja, activa los cilindros neumáticos para elevarla. Posteriormente, verifica si ya se ha alcanzado el número de bandejas definido por el usuario en la configuración. En caso afirmativo, desactiva el sistema de sujeción para permitir que el conjunto de bandejas sembradas descienda al

sistema de transporte y salga de la línea de producción. Si aún no se han apilado suficientes bandejas, el sistema activa el sistema de sujeción para mantener las bandejas en su lugar hasta completar el conjunto deseado.

Figura 108

Lógica de programación modulo 6 apilador de bandeja



Nota: En la imagen se puede observar las variables el diagrama que indica la lógica de programación para el modulo 6 del sistema automatizado para la producción de plantones.

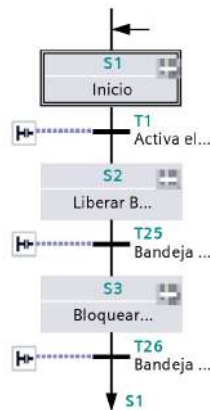
Programación modular del sistema

Una vez establecida la lógica de programación para cada módulo de la línea de producción, se procedió al desarrollo de estos programas utilizando el software Tia Portal. Para simplificar la programación de cada módulo, se empleó la programación en Grafcet.

Módulo 1: Dispensador de bandejas de germinación

Figura 109

Diagrama Grafcet del modulo 1

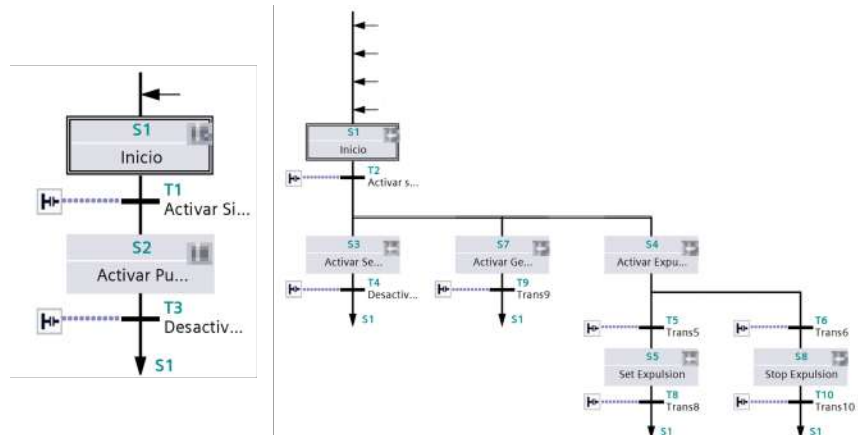


Nota: En la imagen se puede observar el diagrama Grafcet desarrollado para el modulo 1 de la línea de producción.

Modulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas

Figura 110

Diagrama Grafcet del modulo 2

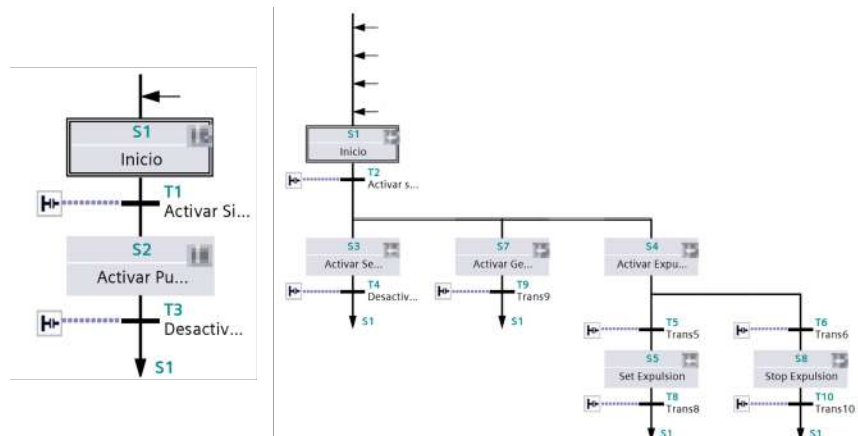


Nota: En la imagen se puede observar el diagrama Grafcet desarrollado para el modulo 2 de la linea de produccion.

Modulo 3: Punzonado y Sembrado

Figura 111

Diagrama Grafcet del modulo 3

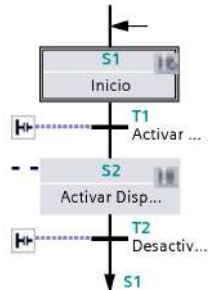


Nota: En la imagen se puede observar el diagrama Grafcet desarrollado para el modulo 3 de la linea de produccion.

Modulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas

Figura 112

Diagrama Grafcet del modulo 4

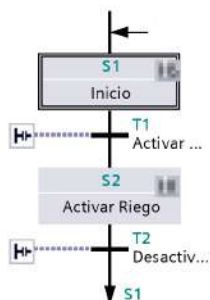


Nota: En la imagen se puede observar el diagrama Grafcet desarrollado para el modulo 4 de la linea de producción.

Modulo 5: Riego

Figura 113

Diagrama Grafcet del modulo 5

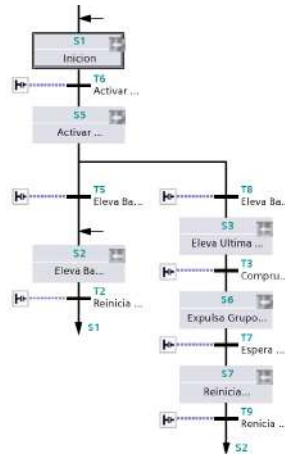


Nota: En la imagen se puede observar el diagrama Grafcet desarrollado para el modulo 5 de la linea de producción.

Modulo 6: Apilador de bandejas

Figura 114

Diagrama Grafcet del modulo 6



Nota: En la imagen se puede observar el diagrama Grafcet desarrollado para el modulo 6 de la línea de producción.

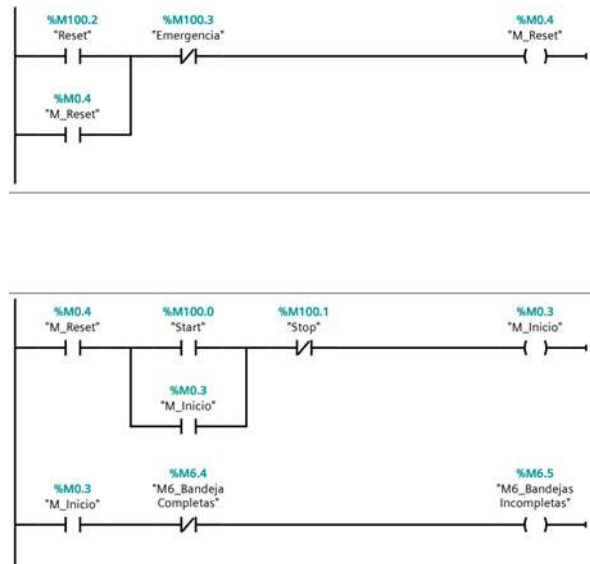
Programación general del sistema

Adicionalmente, a los bloques de programas previamente generados, se necesita un programa que interconecte todos estos sistemas. En este programa, también se realiza la programación de la configuración que el usuario establece a través del HMI, asegurando el funcionamiento de los programas desarrollados anteriormente. Además de esta integración, en este programa se desarrolla la lógica para los componentes generales del sistema, tales como los pulsadores de Inicio, Parada, Emergencia y Reinicio, junto con las luces indicadoras. Por último, se aborda la gestión de las bandas transportadoras del sistema.

En el bloque principal, se establecieron diversas memorias para la activación y desactivación del sistema, incluyendo la implementación de un sistema de paro de emergencia si se presiona cualquiera de los 6 botones de emergencia presentes en el sistema. También, se activan las bandas transportadoras de las bandejas, se gestiona la lógica de las luces de estado y se lleva a cabo el conteo de bandejas.

Figura 115

Activación/Desactivación del sistema

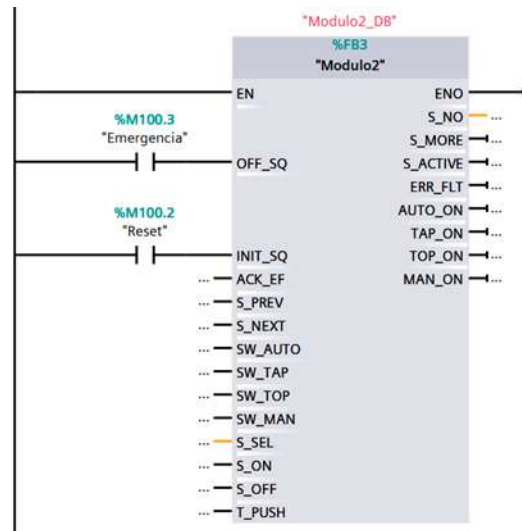


Nota: En la imagen se puede observar los diámetros ideales en base a las cargas del eje.

En la lógica de paro de emergencia, es necesario desactivar los diagramas Grafcet para evitar que continúen ejecutándose al presionar el botón correspondiente. Se ha incorporado un contacto en cada bloque para gestionar esta desactivación. Además, este bloque requiere una activación, por lo que se ha incluido la memoria de la variable reset". De esta manera, al reiniciar el sistema, se asegura que también se reinicien los diagramas Grafcet de cada módulo.

Figura 116

Ejemplo de paro de emergencia en el módulo 2

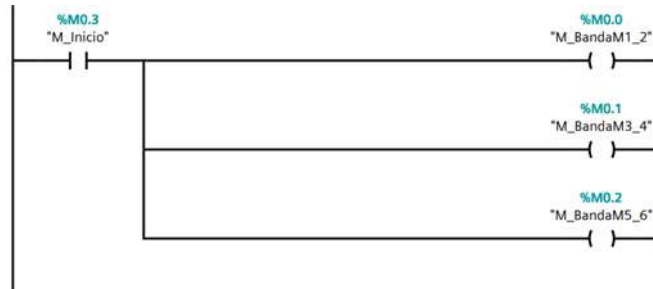


Nota: En la imagen se puede observar la lógica de paro de emergencia de uno de los diagramas Grafcet.

Dado que las bandas transportadoras deben iniciarse una vez que se presiona el botón "Start", el programa realiza directamente la activación de las salidas de los contactores correspondientes a cada banda transportadora cuando se activa la memoria de inicio.

Figura 117

Activación de bandas transportadoras

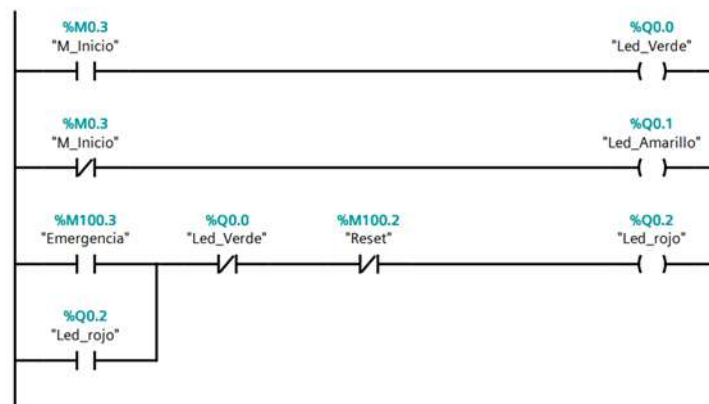


Nota: En la imagen se puede observar la lógica de activación y desactivación del sistema de transporte en base a los pulsadores.

Para gestionar el encendido y apagado de las luces piloto en el programa, se emplearon las memorias de activación y desactivación previamente definidas. Es importante destacar que estas luces actúan como indicadores de los estados ".encendido", ".apagado", ".emergenciaz reiniciar".

Figura 118

Lógica de luces Pilotos



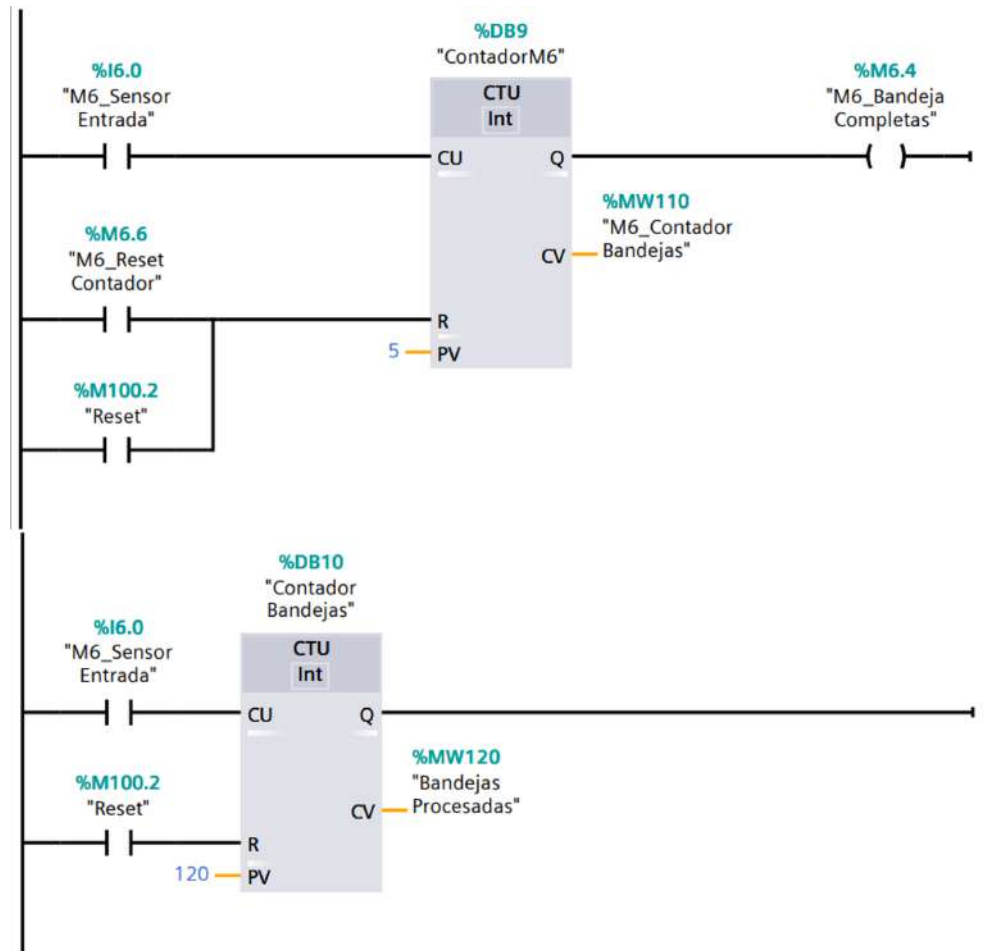
Nota: En la imagen se puede observar la lógica para encender las luces indicadoras del panel de control.

Se ha incorporado un contador para administrar el número de bandejas que la máquina

debe apilar antes de liberarlas y sacarlas del sistema. Este valor es ajustable desde la interfaz de usuario, aunque su valor predeterminado es de 5 bandejas.

Figura 119

Contadores de bandejas

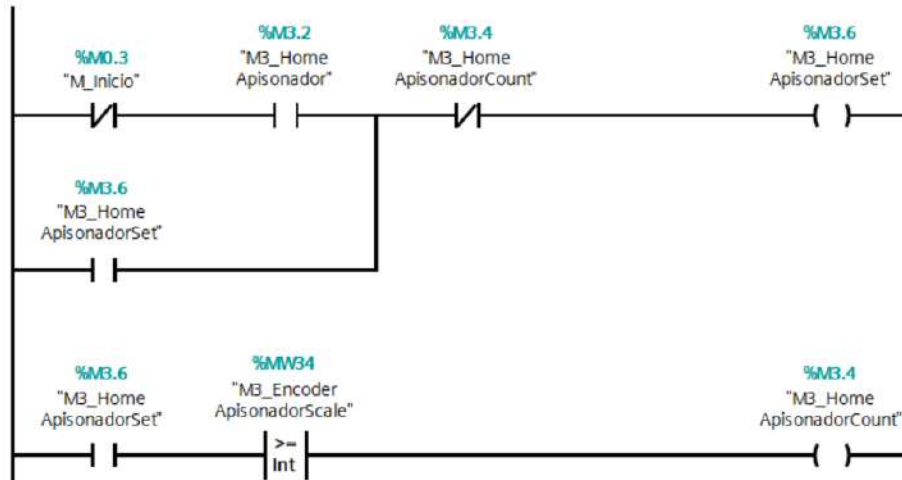


Nota: En la imagen se puede observar los contadores de bandejas para el modulo apilador de bandejas.

Para posicionar el sistema de punzonado y siembra en su posición inicial, se implementó la siguiente lógica. Dado que la comunicación con los servomotores se realiza mediante variables analógicas, se utiliza esta metodología para llevar a cabo el procedimiento de "home".

Figura 120

Lógica de Home para sistema de punzonado



Nota: En la imagen se puede observar la lógica para enviar al sistema de punzonado a su posición de origen.

Interfaz Humano-Maquina

La interfaz se divide en varias secciones clave. En la primera sección, se encuentra el sistema de arranque de la línea de producción, donde se puede iniciar o detener la máquina. Además, se dispone de un botón de emergencia que, al ser presionado, apaga todo el sistema. Cada uno de los seis módulos también cuenta con su propio botón de emergencia en caso de requerir un apagado de emergencia. Del mismo modo, se incluye un botón de reinicio para restablecer el sistema en caso de fallos o paradas de emergencia.

En la segunda sección, hay dos botones dedicados a posicionar en su origen tanto el sistema de punzonado como el sistema de siembra. Después de presionar el botón de emergencia y reiniciar el sistema, es necesario activar ambos botones para asegurar que los sistemas estén en la posición adecuada para reiniciar el proceso.

La siguiente sección es la de alarmas, donde se visualizan tres alertas críticas: falta de bandejas, falta de sustrato para llenar las bandejas y falta de sustrato para cubrir las bandejas. Estas alertas se pondrán en rojo cuando haya alguna escasez y permanecerán en verde en

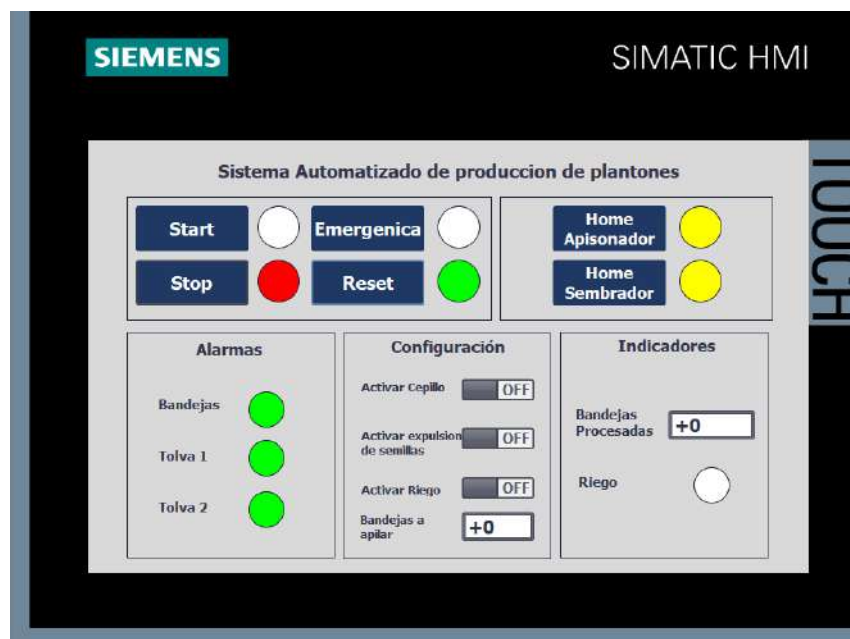
condiciones normales.

La sección de configuración permite al usuario activar o desactivar el cepillo, el sistema de expulsión de semillas y el sistema de riego, adaptándose así al tipo de semilla que se va a sembrar. También se puede configurar la cantidad máxima de bandejas que el sistema debe apilar antes de liberar el conjunto, con un valor máximo de 7 bandejas.

Finalmente, la última sección muestra valores indicativos. Por ejemplo, se incluye una luz indicadora para el sistema de riego activado y un contador que registra cuántas bandejas ha sembrado el sistema.

Figura 121

HMI del sistema de producción



Nota: En la imagen se puede observar la interfaz de usuario desarrollada para el sistema de producción de plántones.

6.2.7. Gemelo digital del sistema

Para la creación del gemelo digital, se empleó el software NX de Siemens para simular el sistema. Además, para establecer la comunicación entre el TIA Portal y el NX, se utilizó el PLCSim Advance para transferir señales de un programa a otro.

Figura 122

Señales del sistema

Nombre del símbolo	Tipo de entrada o salida	Tipo de dato	Comentario
M1_SensorEntrada	Salida	Booleano	
M1_SensorSalida	Salida	Booleano	
M1_PistonA	Entrada	int	
M1_PistonB	Entrada	int	
BandaM1	Entrada	int	
BandaM2	Entrada	int	
BandaM3	Entrada	int	
BandaM4	Entrada	int	
BandaM5_6	Entrada	int	
M2_SensorEntrada	Salida	Booleano	
M2_Dispensador	Entrada	int	
M2_Cepillo	Entrada	int	
M3_Sensor_Apisonador	Salida	Booleano	
M3_Sensor_Sembrador	Salida	Booleano	
M3_Apisonador	Entrada	int	
M3_Sembrador	Entrada	int	
M4_SensorEntrada	Salida	Booleano	
M4_Dispensador	Entrada	int	
M5_SensorEntrada	Salida	Booleano	
M6_SensorEntrada	Salida	Booleano	
M6_PistonElevadorA	Entrada	int	
M6_PistonElevadorB	Entrada	int	
M6_PistonSujetadorA	Entrada	int	
M6_PistonSujetadorB	Entrada	int	

Nota: En la imagen se puede observar las señales generadas en el software siemnes NX para la simulación.

Figura 123

Configuración de señales externa

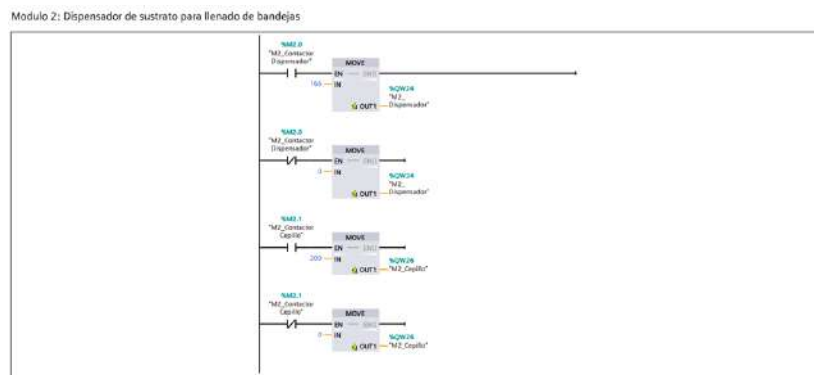
Nombre de la conexión	Nombre de la señal de MCD	Dirección	Nombre de la señal externa	Componente propietario	Mensaje
Global_M1_SensooEntrada_M1_SensooEntrada	M1_SensooEntrada	-->	M1_SensooEntrada		
Global_M1_SensooSalida_M1_SensooSalida	M1_SensooSalida	-->	M1_SensooSalida		
M1_Pistoa1_M1_PistoaA_M1_PistoaA	M1_PistoaA	-->	M1_PistoaA		
M1_Pistoa2_M1_PistoaB_M1_PistoaB	M1_PistoaB	-->	M1_PistoaB		
BandaMochil01_BandaM1_BandaM1	BandaM1	-->	BandaM1		
BandaMochil02_BandaM2_BandaM2	BandaM2	-->	BandaM2		
BandaMochil03_BandaM3_BandaM3	BandaM3	-->	BandaM3		
BandaMochil04_BandaM4_BandaM4	BandaM4	-->	BandaM4		
BandaMochil05_6_BandaM5_6_BandaM5_6	BandaM5_6	-->	BandaM5_6		
Global_M2_SensooEntrada_M2_SensooEntrada	M2_SensooEntrada	-->	M2_SensooEntrada		
M2_DispensadorSustratoLlenado_M2_Dispensador_M2_Dispensador	M2_Dispensador	-->	M2_Dispensador		
M2_Capillo_M2_Capillo_M2_Capillo	M2_Capillo	-->	M2_Capillo		
Global_M3_Sensor_Apisonador_M3_Sensor_Apisonador	M3_Sensor_Apisonador	-->	M3_Sensor_Apisonador		
Global_M3_Sensor_Sembrador_M3_Sensor_Sembrador	M3_Sensor_Sembrador	-->	M3_Sensor_Sembrador		
M3_MotorApisonador_M3_Apisonador_M3_Apisonador	M3_Apisonador	-->	M3_Apisonador		
M3_MotorSembrador_M3_Sembrador_M3_Sembrador	M3_Sembrador	-->	M3_Sembrador		
Global_M4_SensooEntrada_M4_SensooEntrada	M4_SensooEntrada	-->	M4_SensooEntrada		
M4_DispensadorSustratoTapado_M4_Dispensador_M4_Dispensador	M4_Dispensador	-->	M4_Dispensador		
Global_M5_SensooEntrada_M5_SensooEntrada	M5_SensooEntrada	-->	M5_SensooEntrada		
Global_M6_SensooEntrada_M6_SensooEntrada	M6_SensooEntrada	-->	M6_SensooEntrada		
M6_PistoaLlenadoA_M6_PistoaLlenadoA_M6_PistoaLlenadoA	M6_PistoaLlenadoA	-->	M6_PistoaLlenadoA		
M6_PistoaLlenadoB_M6_PistoaLlenadoB_M6_PistoaLlenadoB	M6_PistoaLlenadoB	-->	M6_PistoaLlenadoB		
M6_PistoaSujadorA_M6_PistoaSujadorA_M6_PistoaSujadorA	M6_PistoaSujadorA	-->	M6_PistoaSujadorA		
M6_PistoaSujadorB_M6_PistoaSujadorB_M6_PistoaSujadorB	M6_PistoaSujadorB	-->	M6_PistoaSujadorB		

Nota: En la imagen se puede observar las señales del software Tia Portal en el software siemens NX

Para controlar el sistema usando la programación realizada en el software Tía portal debemos configurar diferentes señales para que funcione correctamente, esto se debe realizar para cada modulo y para otras señales externas que se usen en el software NX.

Figura 124

Configuración de señales externas del módulo 2.



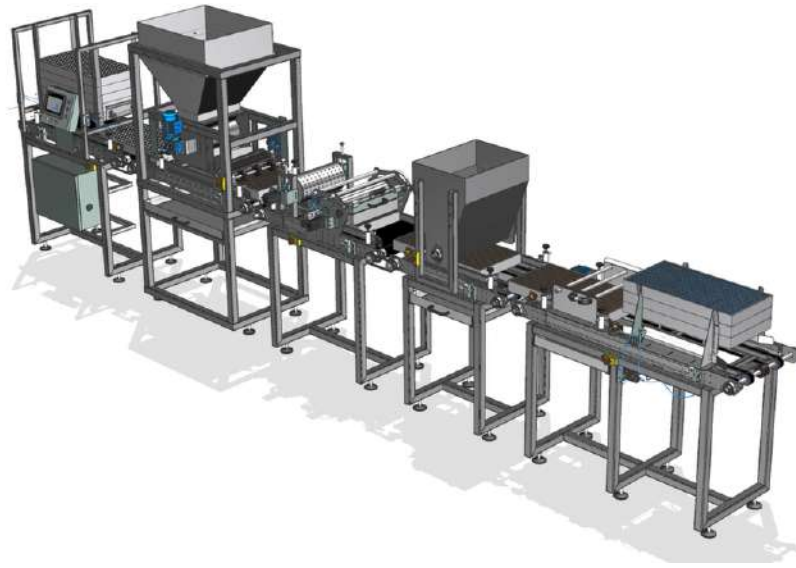
Nota: En la imagen se puede observar como se configuro las señales provenientes del software de simulación en el software de Tia Portal.

Una vez definido todas las variables y configurado todas las señales podemos simular el

sistema, el cual tarda 30s en sacar la primera bandeja, y posteriormente procesa una bandeja cada 5s

Figura 125

Gemelo digital del sistema de producción



Nota: En la imagen se puede observar el gemelo digital del sistema de producción de plantones en el software siemens NX.

6.3. Analizar el costo de implementación del sistema automatizado para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.

6.3.1. Identificación de costos

La línea de producción contempla diversos componentes comerciales, tales como motores, actuadores neumáticos, electroválvulas, perfiles de acero, láminas de acero, ejes de acero, tornillos, tuercas y arandelas.

Para la fabricación de la maquinaria, se requerirá la colaboración de profesionales, incluyendo un soldador, un operario de CNC, un operario de una prensa dobladora y un ensamblador. Además, será necesario contar con un taller debidamente equipado con servicios básicos y

maquinaria especializada como soldadoras, CNC láser, tronzadoras, taladros, entre otros.

Es importante tener en cuenta que, además de los elementos físicos y la mano de obra, el costo total debe incluir una asignación para la investigación y desarrollo llevada a cabo internamente.

6.3.2. Estimación de costos

La estimación de costos para el procesos de automatización de plantones permite, realizar una planificación financiera, decisiones informadas en la selección de equipos y tecnologías, y la evaluación de rentabilidad. Además, una estimación de costos de manera detallada ayuda a mantener los gastos bajo control durante la implementación del sistema, identificando riesgos y oportunidades financieras antes de que ocurran. Es importante para garantizar que el proyecto cuente con el presupuesto necesario, evitar sorpresas costosas, y lograr una operación eficiente y rentable a largo plazo.

A continuación se presenta las tablas de costos de los componentes neumáticos, electrónicos y mecánicos.

Tabla 45

Tabla de Componentes Electrónicos

Cantidad	Nombre	Ref.	Precio unitario	Precio Total	Comentario
3	Motorreductor trifásico 0,55Kw	MR-055-70	250.14	750.42	Bandas transportadoras
1	Motorreductor trifásico 0,37Kw	MR-037-28	206.19	206.19	Dispensador de sustrato
2	Motorreductor trifásico 0,12Kw	MR-012-35	160.61	321.22	Cepillo y dispensador de vermiculita
1	Cepillo industrial	CI-15-30	12.45	12.45	Cepillo industrial
2	Driver Lexium 28	LXM28AU01M3X	541.37	1082.74	Punzonado y sembrado
2	Servomotor BCH2	BCH2MB0133CA5C	338.69	677.38	Punzonado y sembrado
1	PLC S7 1500	SIMATIC S7 1500 compact CPU 1511C-1PN	613.17	613.17	Sistema de control
1	HMI	SIMATIC HMI TP700 Comfort	311.6	311.6	Sistema de control
1	Fuente alimentación	SIMATIC PM 1507 24V/8A	225.23	225.23	Sistema de control
1	Módulo de salidas digitales	DQ 16X24 48VUC/125VDC/0,5A ST	255.51	255.51	Sistema de control
1	Módulo de salidas analógicas	AQ 4xU/1 HF	236.23	236.23	Sistema de control
6	Contactora	ABB MC1I301ATD	48.5	291	Sistema de control
8	Sensor capacitivo	KEMA 02 ATEX 1090X	12.7	101.6	Sistema de control
6	Botón de emergencia	ABB Smile 11 EA AS-i	96.16	576.96	Sistema de control
3	Luces piloto	800FP-P3	6.93	20.79	Sistema de control
3	Pulsadores	800FP-FA3	11.96	35.88	Sistema de control
Total			5718.37		

Nota: La tabla presenta los costos de todos los componentes electrónicos requeridos para el sistema automatizado para la producción de plantones.

Tabla 46*Tabla de Componentes Neumáticos*

Cantidad	Nombre	Ref.	Precio unitario	Precio Total	Comentario
4	Cilindro neumático	ADN-12-10-A-P-A	35.7	142.8	NA
2	Cilindro neumático	DSBC-32-125-PPSA-N3	136.62	273.24	NA
4	Electroválvula	VUUG-LK10-M52-AT-M7-1R8L-S	65.61	262.44	NA
2	Electroválvula	VUUG-LK14-M52-AT-G18-1R8L-S	57.8	115.6	NA
2	Electroválvula	MHE3-MS1H-3 ₂ G – QS – 6 – K	74.48	148.96	NA
1	Electroválvula	MV 1551 ES 2/2-Wege-MV	120.53	120.53	NA
6	Cable	NEBU-M8W3-K-2,5-LE3	9.15	54.9	NA
4	Control de flujo	VFOE-LE-T-M5-Q4	12.66	50.64	NA
6	Control de flujo	8068726 VFOE-LE-T-G18-Q6	43.03	258.18	NA
4	Tubería	PUN-H-4X0,75-BL	0.98	3.92	Precio por metro
4	Tubería	PUN-H-6x1-BL	1.22	4.88	Precio por metro
12	Racor	QSM-M7-4-I	2.96	35.52	NA
10	Racor	QS 1/8	8.92	89.2	NA
1	Conector	QST-6-100	5.61	5.61	NA
4	Silenciador	UC-M7	8.29	33.16	NA
6	Silenciador	U-1 ₈ – B	4.04	24.24	NA
1	Generador de vacío	OVEM-05-L-B-QO-CN-N	57.69	57.69	NA
1	Unidad de mantenimiento	FRL MSB4-1/4:C4:J3:I3:L1:F1-WP	155.3	155.3	NA
1	Compresor	TC-AC 190/50/8	171	171	NA
Total				2007.81	

Nota: La tabla presenta los costos de los componentes electrónicos requeridos para el sistema automatizado para la producción de plántones.

Tabla 47*Tabla de Componentes Mecánicos*

Cantidad	Nombre	Ref.	Precio Unitario	Precio Total	Comentario
2	Rodamiento	BADKP25	34.72	69.44	Apisonador
20	Rodamiento	SKF-FYTB 25 TF	55.82	1116.4	Bandas y dispensadores
6	Rodamiento	BRTC-15	24.44	146.64	Cepillo y rodillos
24	Soporte de eje Lineal	SK8 AC7A	4.75	114	Guías lineales y guías del dispensador de bandejas
22	Soporte foot	GN 36-80-M20x1,5-60-A	18.17	399.74	Patas de las estructuras
1	Drenaje	TRS ₁	4.55	4.55	NA
2	Banda	30x2570x2 mm PVC	19.66	39.32	Precio por metro lineal y el largo de la banda
2	Banda	30x1570x2 mm PVC	12	24	Precio por metro lineal y el largo de la banda
1	Banda	400x1970x2 mm PVC	201.53	201.53	Precio por metro lineal y el largo de la banda
2	Banda	50x2170x2 mm PVC	59.41	118.82	Precio por metro lineal y el largo de la banda
1	Banda	400x2170x2 mm PVC	222.92	222.92	Precio por metro lineal y el largo de la banda
4	Manija	092012	3.88	15.52	NA
22	Empuñadora de estrella	K1093-24008	2.25	49.5	NA
2	Cierre de gancho	GN115,8-SG-18-H1-CR-1	28.79	57.58	NA
1	Tapon	JIS B 2311	0.575	0.575	NA
4	Codo	ASME B16	9.177	36.708	NA
1.6	Tubería	ASME 1/2	74.75	119.6	Precio por metro
Total			2736.843		

Nota: La tabla presenta los costos de todos los componentes mecánicos requeridos para el sistema automatizado para la producción de plantones.

Se presenta una tabla donde se detalla las normativas y costos de los tubos de acero AISI 430, necesarios para la implementación de la estructura de la línea de producción.

Tabla 48*Tubos de acero AISI 430*

Nombre	Norma	Cantidad Tubo	Precio/metro	Precio total
Tubo Cuadrado de acero	DIN 59 410 50.8 x 2.0 MM'	9	76.92	692.28
Tubo Cuadrado de acero	DIN EN 10210-2 30x30x2	2	58.461	116.922
Tubo Cuadrado de acero	DIN EN 10210-2 40x40x2,5	1	78	78
Tubo Rectangular de acero	DIN EN 10219-2 40x20x2	2	35	70
Seccion Angular de acero	DIN 59370 40x3	2	48	96
Barras en T	DIN 1024 T40	2	348	696
Perfil de aluminio	Perfil 80x40	2	27.9	55.8
Total			1805.002	

Nota: La tabla ofrece una descripción de cada tubo, la cantidad de tubos que se necesitan, el precio por metro y su precio total.

Se presenta una tabla donde se detalla las características y costos asociados a los ejes de

acero inoxidable, los cuales son necesarios para la implementación en mecanismos de transmisión y rotación dentro de la línea de producción.

Tabla 49

Eje de acero inoxidable

Diametro	Longitud(m)	Precio/metro	Precio Total
8mm	3.14	1.7500	5.50
10mm	0.6	3.1	1.86
15 mm	1.5	7.34	11.01
25mm	7.7	17	130.9
35mm	1.5	41.9	62.85
Total			212.115

Nota: La tabla presenta dimensiones y precio de los ejes de acero inoxidable requeridos para el sistema automatizado para la producción de plantones.

A continuación, se presenta una tabla con las especificaciones de las planchas de acero inoxidable AISI 304 necesarias para la construcción de placas necesarias para el sistema automatizado de producción de plantones.

Tabla 50

Placas de Acero 304

Nombre	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Medida m2	P1	P2	P3
Caja control	480	430	1	1	0.2064	Doblado	Taladrado	Cortado
Tapa caja control	384	340	1	1	0.13056	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte Bandejas	250	150	2	2	0.075	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte sensor capacitivo M1	45	116	2	2	0.01044	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte sensor capacitivo M2	45	100	2	1	0.00045	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte sensor capacitivo M3	45	140	2	2	0.0126	Doblado	Taladrado	Cortado
Caja electrónica	955	855	2	1	0.816525	Doblado	Taladrado	Cortado
Tapa caja electrónica	590	490	2	1	0.2891	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte servomotor apisonador	80	340	2	1	0.0272	Doblado	Taladrado	Cortado
Bandeja semillas principal	110	516	2	1	0.05676	Doblado	Taladrado	Cortado
Bandeja semillas secundario	100	516	2	1	0.0516	Doblado	Taladrado	Cortado
Separador de semillas principal	240	516	2	1	0.12384	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte bandeja de semillas secundario	75	570	2	1	0.04275	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte servomotor sembrador	70	280	2	1	0.0196	Doblado	Taladrado	Cortado
Bandeja drenaje de agua	710	635	2	1	0.4085	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte piston M6 sujecion	70	35	2	2	0.0049	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte electroválvulas M6	100	75	2	1	0.075	NA	Taladrado	Cortado
Soporte pistón neumático Dispensador de bandejas	40	94	3	2	0.00752	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte electroválvulas dispensador de bandejas	50	80	3	2	0.008	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte caja control	200	450	3	1	0.09	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte rodamiento rodillos	365	70	3	4	0.1022	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte separador tierra	50	300	3	2	0.03	Doblado	Taladrado	Cortado
Separador tierra	100	470	3	1	0.047	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte rodamiento cepillo	70	190	3	2	0.0266	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte motor cepillo	70	280	3	1	0.0196	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte rodamiento dispensador M2	80	270	3	1	0.0216	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte motor dispensador M2	90	370	3	1	0.0333	Doblado	Taladrado	Cortado
Bandeja inferior M2	760	905	3	1	0.6878	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte generador de vacío	12	40	3	1	0.00048	Doblado	Taladrado	Cortado
Bandeja inferior M4	710	605	3	1	0.42955	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte tuberías	210	300	3	2	0.126	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte sistema de elevación	150	660	3	2	0.198	Doblado	Taladrado	Cortado
Guías sistema de elevación	100	350	3	4	0.14	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte bandejas elevadas	80	480	3	2	0.0768	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte pistón M6 elevación	50	80	3	2	0.008	NA	Taladrado	Cortado
Placa Esquinas afiladas	26	26	3	4	0.002704	NA	NA	Cortado
Placa Esquinas afiladas	35	35	3	4	0.0049	NA	NA	Cortado
Placa Esquinas afiladas	16	36	3	20	0.01152	NA	NA	Cortado
Tolva M2	590	2400	4	1	1.416	Doblado	Taladrado	Cortado
Tolva M4	1840	565	4	1	1.0396	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte lateral tapa tolva M4	100	485	4	1	0.0485	NA	Taladrado	Cortado
Soporte lateral tolva M4	125	218	4	2	0.0545	Doblado	NA	Cortado
Placa elevadora de bandejas	350	200	4	1	0.07	NA	Taladrado	Cortado
Soporte rodamiento bandas	80	250	5	17	0.34	NA	Taladrado	Cortado
Sistema de distribución de sustrato M2 Lateral	350	300	5	2	0.21	NA	Taladrado	Cortado
Sistema de distribución de sustrato M2 central	350	510	5	2	0.357	Doblado	Taladrado	Cortado
Soporte sembrador	300	350	5	2	0.21	NA	Taladrado	Cortado
Soporte motor bandas	265	112	5	3	0.08904	NA	taladrado	cortado

Nota: La tabla presenta todos los componentes electrónicos requeridos para el sistema automatizado para la producción de plántones.

Tabla 51*Planchas de acero 304*

Espesor (mm)	m2	Cant Plancha	Precio por plancha	Precio total
1	0.33696	1	89.9	89.90
2	1.993165	1	186	186.00
3	2.071574	1	391	391.00
4	2.6286	1	340	340.00
5	1.20604	1	468	468.00
Total				1474.9

Nota: La tabla presenta todos los componentes electrónicos requeridos para el sistema automatizado para la producción de plántones.

Tabla 52

Tornillos y pernos

Nombre	Codigo	M1	M2	M3	M4	M5, M6	Total tornillos	Costo unidad	Costo total
Perno cabeza-hex	DIN 933 - M10x100	2	2	2	2	2	10	0.3769	3.77
Perno doble final	DIN 835 - M8x30	2	0	0	0	0	2	0.4123	0.82
Perno hexagonal	JIS B 1189 - M8x90	8	0	0	0	0	8	0.14	1.12
Tornillos de cabeza plana avellanada	ISO 7046-1 - M5x35 - 4.8 - Z	8	0	0	0	0	8	0.138	1.10
Tornillos de cabeza plana avellanada	ISO 7046-1 - M3x10 - 4.8 - H	2	0	0	0	0	2	0.552	1.10
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M3x6	0	0	0	0	4	4	0.115	0.46
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M3x10	0	0	4	12	0	16	0.1265	2.02
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M5x10	0	0	4	4	0	8	0.3105	2.48
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M5x16	8	0	7	0	8	23	0.322	7.41
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M10x20	6	8	6	8	6	34	0.1268	4.31
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M10x30	0	4	2	0	0	6	0.1193	0.72
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M10x35	2	0	2	0	0	4	0.1475	0.59
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M4x8	0	0	0	8	8	8	0.1725	1.38
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M4x10	0	0	4	0	0	4	0.0222	0.09
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M4x16	0	0	10	0	0	10	0.0295	0.30
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M4x20	0	4	5	0	0	13	0.0325	0.42
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M4x25	0	0	0	0	0	4	0.036	0.14
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M4x30	0	0	0	0	0	4	0.2415	0.97
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M6x14	22	44	18	32	40	156	0.026	4.06
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M6x16	6	4	6	0	6	22	0.026	0.57
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M6x30	4	4	4	4	4	20	0.067	1.34
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M6x20	0	4	12	0	0	16	0.0455	0.73
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M6x25	4	8	4	4	4	24	0.0473	1.14
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M5x14	8	8	10	8	12	46	0.0213	0.98
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M5x20	0	16	14	0	0	30	0.0213	0.64
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M5x25	0	0	0	0	8	8	0.036	0.29
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M6x12	33	2	2	2	10	49	0.036	1.76
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M6x60	7	12	4	0	2	25	0.092	2.30
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M5x12	4	0	2	0	0	6	0.0165	0.10
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M5x30	0	0	2	0	0	2	0.045	0.09
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M5x40	2	2	2	2	2	10	0.055	0.55
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M6x35	4	0	0	0	0	4	0.069	0.28
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M6x45	4	0	0	0	4	8	0.0738	0.59
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M8x25	8	0	4	0	8	0	0.0643	0.77
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M8x60	0	12	0	0	0	0	0.145	1.74
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	AS 1420 - 1973 - M8x70	0	0	8	0	0	0	0.22	1.76
Tornillos métricos ISO/cabeza cilíndrica/hueco hexagonal	CNS 3932 - M12x35	0	0	0	0	4	0	0.23	0.92
Tornillo de cabeza cilíndrica	BS 4168 - M3x25	2	0	0	0	0	0	0.025	0.05
Tornillo de cabeza cilíndrica	BS 4168 - M4x40	0	0	0	0	3	0	0.025	0.08
Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 6912 - M4x20	0	0	0	4	0	0	0.025	0.10
Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 6912 - M4x12	0	0	0	8	0	0	0.025	0.20
Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 6912 - M4x20	0	0	0	12	0	0	0.2185	2.62
Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 6912 - M4x40	0	0	0	8	0	0	0.025	0.20
Tornillo de cabeza cilíndrica	Unbrazko - M3x35	0	2	0	0	0	0	0.184	0.37
Tornillo de cabeza cilíndrica	Unbrazko - M6x65	0	21	0	0	0	0	0.4025	8.45
Tornillo de cabeza cilíndrica	Unbrazko - M6x65	0	21	0	0	0	0	21	0.4025
Tornillo de cabeza cilíndrica	Unbrazko - M8x110	0	4	0	0	0	4	0.29	1.16
Tornillo de cabeza cilíndrica	ISO 4762 - M3x30	0	0	0	0	2	2	0.1725	0.35

Nota: La tabla presenta todos los componentes electrónicos requeridos para el sistema automatizado para la producción de pláctones.

Tabla 53*Pernos prisioneros y tuercas*

Nombre	Codigo	M1	M2	M3	M4	M5, M6	Total tornillos	Costo unidad	Costo total
Perno prisioneros	DIN 976-1 M16x150 - A	0	0	1	0	0	1	1.932	1.93
Perno prisioneros	DIN 976-1 M8x80 - A	0	0	3	0	0	3	0.6325	1.90
Perno prisioneros	DIN 976-1 M8x75 - A	0	0	3	0	0	3	0.598	1.79
Perno prisioneros	DIN 976-1 M8x40 - A	0	0	0	2	0	2	0.4945	0.99
Tuerca hexagonal	DIN 976-1 M16	0	0	1	0	0	1	0.1135	0.11
Tuerca hexagonal	DIN 555-5 M10	4	4	4	4	4	20	0.0468	0.94
Tuerca hexagonal	DIN 6923 - M8	0	0	12	0	0	12	0.0208	0.25
Tuerca hexagonal	ISO 4032 - M8	12	16	0	0	0	28	0.0208	0.58
Tuerca hexagonal	AS 1285 - M12	0	0	6	0	0	6	0.061	0.37
Tuerca hexagonal	BS EN 24 036 - M6	67	58	40	42	60	267	0.0048	1.28
Tuerca hexagonal	BS EN 24 036 - M5	8	8	8	8	8	40	0.0048	0.19
Tuerca hexagonal	BS 3692 - M12	0	0	4	0	0	4	0.061	0.24
Tuerca hexagonal	BS 3692 - M10	0	0	4	0	0	4	0.0468	0.19
Tuerca hexagonal	BS 3692 - M8	0	0	0	12	0	12	0.0208	0.25
Tuerca hexagonal	BS 3692 - M5	0	0	23	0	0	23	0.0048	0.11
Tuerca hexagonal	BS 4320 - M5	0	0	23	0	0	23	0.0048	0.11
Tuerca hexagonal	BS 4320 - M6	10	8	0	0	0	18	0.0048	0.09
Tuerca hexagonal	BS 3692 - M4	0	0	13	0	0	13	0.0055	0.07
Tuerca hexagonal	BS 3692 - M5	4	0	0	0	0	4	0.0048	0.02
Tuerca hexagonal	BS 3692 - M6	3	2	0	0	0	5	0.0048	0.02
Tuerca hexagonal	BS 4183 - M6	0	0	0	0	6	6	0.0048	0.03
Tuerca hexagonal	ISO 4032 - M10	0	2	0	4	0	6	0.0468	0.28
Tuerca hexagonal	ISO 4032 - M8	0	0	0	8	0	8	0.0208	0.17
Tuerca hexagonal	ISO 4032 - M6	6	31	0	0	6	43	0.0048	0.21
Tuerca hexagonal	ISO 4032 - M5	8	8	0	0	2	18	0.0048	0.09
Tuerca hexagonal	ISO 4032 - M4	20	0	0	0	0	20	0.0055	0.11
Tuerca hexagonal	ISO 4032 - M3	6	0	0	0	2	8	0.0055	0.04
Tuerca hexagonal	ISO 4033 - M6	4	0	0	0	0	4	0.0048	0.02
Tuerca hexagonal	ISO 4036 - M6	0	0	12	0	0	12	0.0048	0.06
Tuerca hexagonal	ISO 4161 - M5	0	0	0	0	8	8	0.0048	0.04

Nota: La tabla presenta todos los componentes electrónicos requeridos para el sistema automatizado para la producción de pláctones.

Tabla 54*Arandelas*

Nombre	Codigo	M1	M2	M3	M4	M5, M6	Total tornillos	Costo unidad	Costo total
Arandelas planas	ISO 7089 - 10	0	4	0	4	0	8	0.0505	0.40
Arandelas planas	ISO 7089 - 8	8	32	0	16	0	56	0.0329	1.84
Arandelas planas	BS 3692 - M3	0	0	2	0	0	2	0.011	0.02
Arandelas planas	BS 4320 - M3	0	0	6	0	0	6	0.011	0.07
Arandelas planas	BS 4320 - M4	0	0	25	0	0	25	0.011	0.28
Arandelas planas	BS 4320 - M5	8	0	0	0	0	8	0.011	0.09
Arandelas planas	BS 4320 - M6	0	0	20	0	0	20	0.022	0.44
Arandelas planas	BS 4320 - M8	0	0	0	24	0	24	0.0329	0.79
Arandelas planas	ISO 7089 - 6	20	62	0	0	8	90	0.022	1.98
Arandelas planas	ISO 7089 - 5	8	16	0	0	4	28	0.011	0.31
Arandelas planas	ISO 7089 - 4	16	0	0	0	0	16	0.011	0.18
Arandelas planas	ISO 7089 - 3	6	0	0	0	4	10	0.011	0.11
Total								1474.9	

Nota: La tabla presenta todos los componentes electrónicos requeridos para el sistema automatizado para la producción de pláctones.

Tabla 55*Equipo y Herramienta*

Equipo/Herramienta	Descripción	Horas	Costo/Hora	Unidades	Precio Total
Laser cnc		24	30	1	720
Tronzadora		8	15	1	120
Soldadora		24	10	1	240
Prensa dobladora		12	25	1	300
Taladro		8	5	1	40
Electrodo Limarosta 309S				1 kg	29.07
Broca ISO M3	Broca HSS cobalto rectificada 3 mm			1	1.44
Broca ISO M4	Broca HSS cobalto rectificada 4 mm			1	1.44
Broca ISO M5	Broca HSS de titanio rectificada 5 mm			1	4.9
Broca ISO M6	Broca HSS de titanio rectificada 6 mm			1	5.2
Broca ISO M8	Broca HSS de titanio rectificada 8 mm			1	5.5
Broca ISO M10	Broca HSS cobalto rectificada 10 mm			1	5.5
Macho de roscar M3	Macho de roscar pasante azul EXACT DIN 371 para inoxidable			1	4.56
Macho de roscar M10	Macho de roscar pasante azul EXACT DIN 371 para inoxidable			1	12
Llave allen M3	Llave allen TITAN plus para tornillos con encastre hexagonal 3 mm			1	2.5
Llave allen M4	Llave allen TITAN plus para tornillos con encastre hexagonal 4 mm			1	2.5
Llave allen M5	Llave allen TITAN plus para tornillos con encastre hexagonal 5 mm			1	3
Llave allen M6	Llave allen TITAN plus para tornillos con encastre hexagonal 6 mm			1	3.5
Llave allen M8	Llave allen TITAN plus para tornillos con encastre hexagonal 8 mm			1	3.5
Llave allen M10	Llave allen TITAN plus para tornillos con encastre hexagonal 10 mm			1	4
Total					1508.61

Nota: La tabla presenta todos los componentes electrónicos requeridos para el sistema automatizado para la producción de plántones.

Tabla 56*Costo mano de obra*

Descripción	Horas	Costo/Hora	Total
Soldador	24	5	120
Operario de laser CNC	24	20	480
Operario de Dobladora	12	3.09	37.08
Ensamblador	40	3.13	125.2
Total			762.28

Tabla 57*Costos indirectos*

Descripción	Horas	Costo/Hora	Total
Luz	100	0.1	10
Agua	100	0.1	10
Espacio	100	0.63	63
Investigacion y desarrollo	235	15	3525
Contingencia	14	6	84
Total			3692

Nota: La tabla presenta todos los costos indirectos implicados en la fabricación del sistema, incluye también costes de desarrollo y un costo de contingencia durante el proceso de fabricación.

Tabla 58*Desglose de Costos*

Descripción	Costo Total
Materiales	\$14,038.09
Máquinas herramientas	\$1,508.61
Mano de obra	\$762.28
Costos indirectos	\$3692
Total	\$20,000.98

Nota: La tabla presenta la sumatoria de todos los costos para la fabricación de del sistema automatizado.

6.3.3. Análisis de beneficio

El análisis de costo-beneficio para la línea de producción de plantones indica que la implementación de la línea automatizada de producción de plantones generará un aumento en la producción. Ya que con el proceso manual era de aproximadamente 24 bandejas por hora entre 4 personas con una eficiencia fluctuante entre el 93.18% y el 95.45%. Mientras que con el sistema se estima que la máquina pueda producir alrededor de 550 bandejas de germinación por hora siendo operada por una sola persona. Además, la automatización elimina posibles

errores humanos, garantizando una germinación más uniforme y controlada.

6.3.4. Comparación con alternativas

Tabla 59

Líneas de producción en el mercado

Línea de producción	Capacidad de producción	Precio	Procesos
Máquina semiautomática SEM 100AR	Hasta 1000 bandejas por hora	16,050	Siembra semillas de hortalizas, flores y otros cultivos en bandejas de alvéolos
Línea AG300 agro triada	Hasta 300 bandejas por hora	26,750	Llena, siembra y cubre bandejas de alvéolos con diferentes tipos de semillas
Línea de siembra con rodillo multiagujero	Hasta 600 bandejas por hora	21,400	Siembra semillas de microgreens y baby leaf en bandejas de alvéolos con un sistema de rodillo multiagujero
Máquina automática inteligente TZY-78-2	Hasta 8000 bandejas por hora	50,000	Realiza todo el proceso de producción para plántones de árboles frutales, ornamentales y forestales
Línea de vivero de plántulas de arroz SNL280	Hasta 280 bandejas por hora	30,000	Produce plántulas de arroz de alta calidad y eficiencia en bandejas de alvéolos
Línea de producción de plántones	Hasta 550 bandejas por hora	20,000.98	Llena, siembra y cubre bandejas de alvéolos con diferentes tipos de semillas

Nota: En la tabla se puede observar las líneas de producción existentes en el mercado junto a su capacidad de producción, precio y los procesos que realiza, se resalta de negro la línea de producción realizada en este trabajo de titulación.

7. Resultados

7.1. Proponer los parámetros de diseño del sistema para el proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.

Luego de llevar a cabo una investigación, obtuvimos información de agricultores dedicados a la siembra en bandejas de germinación. Un agricultor colaborador compartió sus experiencias y procesos utilizados en la siembra de bandejas, lo que sirvió como fundamento para el desarrollo del sistema automatizado.

Para organizar el proyecto de manera eficiente, separamos el proceso total en subprocesos denominados módulos.

- Módulo 1: Dispensador de bandejas de germinación
- Módulo 2: Dispensador de sustrato para llenado de bandejas de germinación
- Módulo 3: Punzonado y siembra de bandejas de germinación
- Módulo 4: Dispensador de sustrato para tapado de bandejas de germinación
- Módulo 5: Riego de bandejas de germinación
- Módulo 6: Apilador de bandejas de germinación

Esta separación no solo simplificó el diseño y la programación, sino que también permitió identificar los parámetros específicos necesarios para cada módulo. Además, se identificaron parámetros generales esenciales para la línea completa, los cuales se detallan a continuación.

Parámetros generales del sistema:

- Modular.
- Sistema de seguridad.
- Coordinación de velocidad y tiempo.
- Detección de falta de recursos.

- Capacidad de producción de mínimo 120 bandejas en una hora.
- Capacidad de siembra de distintas semillas para bandejas de germinación.
- Resistente a la corrosión.

Tabla 60

Parámetros específicos de cada módulo

Módulo	Parámetros de Diseño Específicos
Modulo 1	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para dispensar 10 bandejas. • Alimentación continua. • Detección de presencia de bandejas en el dispensador. • Detección de salida de bandeja al final del módulo.
Modulo 2	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de bandejas. • Cantidad de sustrato para 120 bandejas. • Uniformidad del sustrato. • Almacenamiento de residuos.
Modulo 3	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de bandejas. • Punzonado regulable. • Precisión en la siembra.
Modulo 4	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de bandejas. • Cantidad de sustrato para mínimo 120 bandejas. • Almacenamiento de residuos.
Modulo 5	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de bandejas. • Drenaje de agua.
Modulo 6	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de bandejas. • Capacidad para apilar 5 bandejas.

Nota: La siguiente tabla, presenta los diferentes parámetros de diseño que estarán presentes en cada módulo de la línea de producción.

7.2. Diseñar el sistema mecatrónico para el proceso de producción de plantones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.

Con base en los parámetros previamente definidos, se procedió a diseñar cada uno de los módulos del sistema. Este proceso implicó realizar diversos cálculos para seleccionar los componentes necesarios en el sistema. Se inició calculando la velocidad a la que debía desplazarse el sistema, y en función de esto, se dimensionaron los motores para sistema de la línea de producción. Además, se calcularon las dimensiones requeridas para las tolvas, asegurando que pudieran almacenar la cantidad necesaria de sustrato para el correcto funcionamiento del sistema.

Del mismo modo, se empleó la herramienta de diseño de Festo para calcular y dimensionar los componentes neumáticos, incluyendo cilindros neumáticos, electroválvulas, generadores de vacío, entre otros. Para sujetar los componentes neumáticos a sus posiciones requeridas, se diseñaron placas basadas en las placas comerciales de Festo, usando los mismos materiales y espesores, asegurando de este modo que fueran capaces de soportar las cargas ejercidas por los componentes neumáticos.

Finalmente, se realizó un análisis estructural para evaluar la capacidad de las estructuras diseñadas en cada parte del sistema para soportar las cargas generadas por los demás componentes de la máquina. Utilizamos el software Inventor junto con su extensión Nastran, que facilita la realización de análisis estructural. Los resultados de estos análisis fueron satisfactorios, ya que los valores obtenidos indicaron que el sistema puede soportar las cargas sin dificultades.

Figura 126

Línea de producción de plántones

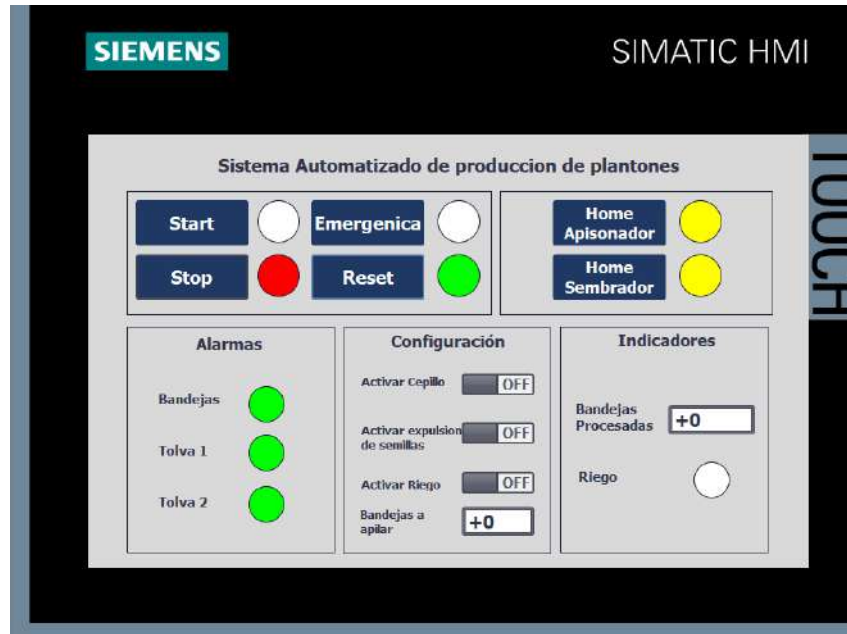


Nota: La imagen presenta el diseño de la línea de producción de plántones.

Una vez finalizado el diseño de la línea de producción, se procedió a la selección de los componentes electrónicos, tomando como punto de partida un PLC S/ 1500. Con base en este PLC, se seleccionaron los demás componentes para garantizar la compatibilidad entre ellos, tales como la fuente de alimentación, sensores, módulos de expansión, contactores, entre otros. Además, se optó por un HMI para crear una interfaz amigable para el usuario final. Teniendo en cuenta los diversos parámetros que influyen en el proceso de siembra, se diseñó un menú de configuración que permite adaptar la línea de producción a diferentes tipos de semillas.

Figura 127

HMI del sistema de producción



Nota: La imagen presenta la interfaz de usuario desarrollada para el sistema de producción de plantones.

Una vez completado el diseño mecánico y la programación y control del sistema en su totalidad, llevamos a cabo una simulación mecatrónica para verificar la integración entre la parte mecánica y la parte de control y programación. Para realizar esta simulación, empleamos el software Siemens NX, que permite simular el programa generado en el TIA Portal junto con el diseño mecánico creado en Autodesk Inventor.

Los resultados de la simulación fueron concluyentes. En primer lugar, se confirmó que el programa funcionaba correctamente, ya que las alarmas, el botón de emergencia que detiene toda la máquina y otras configuraciones operaban de manera adecuada. En segundo lugar, la parte mecánica también funcionó correctamente; los sistemas diseñados para cada módulo se comportaron según lo esperado.

Una ventaja clave de utilizar el software Siemens NX es su capacidad para simular aspectos físicos que, aunque no replican completamente la realidad, proporcionan una simulación

muy cercana a la misma. En este sentido, se simuló la física de los materiales de la máquina, permitiendo observar la fricción entre los diferentes componentes y verificar que la máquina funciona mecánicamente. Además, el software permitió variar la masa de los componentes, utilizándose para simular el cambio de masa que experimenta la bandeja cuando se llena de sustrato, semillas y agua. En esta área, también se obtuvieron resultados satisfactorios.

7.3. Analizar el costo de implementación del sistema automatizado para el proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.

Una vez completado el diseño del sistema mecatrónico y confirmada su funcionalidad mediante simulaciones, procedimos a realizar el cálculo del costo total del sistema. Dada la complejidad de la máquina, dividimos los componentes en categorías como materiales comerciales (electrónicos, mecánicos, neumáticos, etc.), perfiles estructurales, tornillos, placas de soporte, entre otros. Obtuvimos datos de precios mediante búsquedas en las páginas de los fabricantes, y para algunos componentes, solicitamos proformas a comercios locales.

Con esta información, calculamos el costo total de los materiales. Además, incluimos costos adicionales como mano de obra, maquinaria y herramientas, así como costos indirectos como luz, agua y espacio, teniendo en cuenta los valores locales. Se agregó también un costo para investigación y desarrollo. Con todos estos valores, estimamos que el costo total de la línea de producción sería de 20 000,00 dólares.

Posteriormente, realizamos un análisis de beneficios para evaluar los beneficios que la maquinaria proporcionaría a posibles compradores. Finalmente, llevamos a cabo una comparación con máquinas similares disponibles en el mercado extranjero, considerando también los procesos que cada línea de producción ofrece. Este análisis reveló que la máquina es competitiva y podría tener una demanda en el mercado.

8. Conclusiones

Para proponer los parámetros de diseño para el sistema de proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios, se investigó el proceso manual de la siembra de semillas en bandejas de germinación, lo que permitió identificar los parámetros generales y específicos necesarios para que el sistema sea plenamente funcional. Los parámetros generales incluyen que el sistema sea modular para permitir flexibilidad y facilidad de ensamblaje y mantenimiento. En cuanto a los parámetros de diseño específicos, se detallaron los requerimientos de cada módulo.

La implementación de un HMI permitió una interfaz amigable para el usuario final, permitiendo ajustes personalizados y una adaptabilidad efectiva a diferentes tipos de semillas.

La subdivisión de la línea de producción en módulos permitió una planificación y desarrollo más eficiente, mientras que la división del sistema de transporte en tres partes resultó ser una solución rentable y eficiente en cuanto a costos y recursos.

Gracias a los cálculos realizados y los resultados obtenidos se pudo seleccionar correctamente los componentes mecánicos, electrónicos y neumáticos, asegurando que el sistema funcione de manera confiable y eficiente.

Para finalizar, la máquina automatizada diseñada para el proceso de producción de plántones es competitiva con las máquinas que se encuentran disponibles en el mercado. Debido al enfoque modular y a la eficiencia, nuestra máquina se adapta a las necesidades específicas de la producción de plántones, garantizando una mayor flexibilidad y un menor costo de implementación. La implementación de este sistema automatizado aumentará la productividad, como también la calidad del proceso de producción, por lo que representará una inversión rentable y sostenible para el futuro de los viveros de la parroquia.

9. Recomendaciones

Se recomienda la construcción de un prototipo físico que permitirá validar el funcionamiento del sistema en condiciones reales y proporcione información más precisa sobre el desempeño del sistema.

Dada la complejidad del sistema y la limitación de tiempo, se sugiere realizar un análisis más profundo en componentes que se dejaron en segundo plano del diseño.

Considerando que ciertos componentes pueden estar expuestos a desgaste o fallas con el tiempo, se recomienda desarrollar procedimientos de mantenimiento preventivo para garantizar la longevidad y eficiencia continua del sistema, minimizando posibles interrupciones en la producción.

Referencias

- ABB. (2024). *ABB group. leading digital technologies for industry* —. <https://global.abb/group/en>. (Accessed: 2024-2-11)
- ADI. (2024). *Turck Bim-Eg08-Y1X magnetic 1074000*. <https://automationdistribution.com/turck-bim-eg08-y1x-magnetic-field-sensor-magnetic-inductive-proximity-sensor-kema-02-atex-1090x/>. (Accessed: 2024-2-11)
- Arias, Y. (2012, sep). *MÁquina para el sembrado automático de semillas* (first ed.).
- Bandemir, O. (1986). *Cintas transportadoras: principios para el cálculo, diseño y aplicación*. Editorial Limusa.
- Befur, T. (2019, agosto). *Cepillos técnicos y cepillos industriales para limpieza – cepillería tecnocepillo, fábrica de cepillos industriales*. <https://tecnocepillo.com/>. Autor. (Accessed: 2024-2-11)
- Bradley, A. (2024). *Allen-Bradley products*. <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley.html>. (Accessed: 2024-2-11)
- Brown, C., y Nielsen, J. (1998). *Silos: Fundamentals of theory, behaviour and design*. E FN Spon.
- Canedo, L. (2009, sep). *Maquinas para siembra de almacigos en bandejas* (first ed.). <http://impocanedo.over-blog.es/article-35787155.html>.
- Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. New York: McGraw-Hill.
- EinHell. (2024). *TC-AC 190/50/8*. <https://www.einhell.es/p/4007332-tc-ac-190-50-8/>. (Accessed: 2024-2-16)
- Festo. (2024). https://www.festo.com/mx/es/c/productos/automatizacion-industrial-id_pim2/. (Accessed: 2024-2-11)
- Gardener, V. (2015, Jul). *How to start vegetable seeds in a seed tray*. <https://www.veggiegardener.com/threads/how-to-start-vegetable-seeds-in-a-seed-tray.1865/>.
- Gonzalo, A., Barrionuevo, y Rivas. (2015, Jul). Diseño y construcción de una máquina sembradora automática de semillas en bandejas con control de proceso para la empresa hortifresh.
- González, J., Gómez, M., y Martínez, A. (2018). Cálculo de los elementos geométricos de un canal trapezoidal. *Revista de Ciencias Básicas*, 14(2), 35–42. doi: 10.1234/5678
- González, M. (2022). *Angulo de reposo*. <https://fisica.laguia2000.com/fisica-mecanica/angulo-de-reposo>. (Accessed: 2024-2-15)
- Heilig, G. (2021, Nov). *Potting soils and seed-starting mixes for your garden*.

- <https://www.canr.msu.edu/news/pottingsoilsandseedstartingmixesforyourgarden>.
- Henan. (2012, nov). *Bandeja automática de la agricultura de la sembradora de siembra de semillas de vivero de la máquina* (first ed.). https://es.made-in-china.com/cochina-shuliyemachine/productAutomatic-Agriculture-Seed-Tray-Planter-Nursery-Seeding-Machine_iynoeghg.html.
- Huerto, M. (2016). *Tipos de trasplante de plantas*. <https://www.mundohuerto.com/>.
- ITTO. (2009). Producción de plántones forestales de especies nativas [Manual de software informático]. Iquitos. Descargado de <https://studylib.es/doc/5314371/manual-vivero-forestal-para-producci%C3%B3n-de-plántones-de-es...>
- Lima, M. (2022). *Diferencia entre sembrar y plantar*. <https://www.munlima.gob.pe/>.
- Ling, S. J., Sanny, J., y Moebs, W. (2019). *Física universitaria volumen 1*. OpenStax.
- Lipford, D. (2021, Dec). *When to start vegetable seeds indoors for spring planting*. <https://todayshomeowner.com/when-to-start-vegetable-seeds-indoors-for-spring-planting/>.
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., y Tucto, A. (2014). Manual vivero forestal para producción de plántones de especies forestales nativas: experiencia en molinopampa, amazonas - Perú [Manual de software informático]. Chachapoyas. Descargado de <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL1419.pdf>
- Remscheid, J. O. (2024). *MV 1551 ES 2/2-Wege-MV., »2s« ES, NC, vorg., 24 V DC, G 1/2, PN 0,5-10 bar*. <https://www.jutger-online.de/es/mv-1551-es-2/2-wege-mv-2s-es-nc-vorg-24-v-dc-g-1/2-pn-0-5-10-bar/>. (Accessed: 2024-2-11)
- Schneider. (2024). *Servomotores y servodrives*. <https://www.se.com/es/es/product-subcategory/2935-servodrives-y-servomotores/?filter=business-1-automatizaci%C3%B3n-y-control-industrial>. (Accessed: 2024-2-11)
- Siemens. (2024, febrero). *Simatic s7-1500*. <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>. (Accessed: 2024-2-11)
- SKF. (2024). <https://www.skf.com/es/products/rolling-bearings>. (Accessed: 2024-2-11)
- Tectraplant. (2016, sep). *Línea de siembra para producción de baby leaf y microgreens en bandeja* (first ed.). <http://www.tectraplant.com/linea-siembra-produccion-baby-leaf-microgreens-bandeja-tectraplant/>.
- Valle, A. D. (2018). *Los sustratos agrícolas y sus propiedades*. <https://www.agroequipos.com.mx/node/1687>.
- Villon, P. (2007). *Hidráulica de canales: principios básicos*. Lima: Editorial Universitaria.

- Woodie, M. (2013, Jan). *How to know if garden seed is viable*.
<https://www.hortmag.com/weekly-tips/how-to-know-if-garden-seed-is-viable>.
- Zuendo. (2024). *Variadores de frecuencia, motores eléctricos, turbinas, alternadores - zuendo*.
<https://www.zuendo.com/>. (Accessed: 2024-2-11)

ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia lógica

Tabla 61

Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA		
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	MARCO TEÓRICO
¿Es posible diseñar un sistema automatizado para el proceso de producción en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios?	Diseñar un sistema automatizado para el proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.	Sistema para la siembra de brotes de vegetales.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	MARCO TEÓRICO
¿Se podrá proponer los parámetros de diseño del sistema para el proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios?	Proponer los parámetros de diseño del sistema para el proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.	Tipos de semillas Bandejas de poliestireno para germinación.
¿Se podrá diseñar el sistema mecatrónico para el proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios?	Diseñar el sistema para el proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.	Máquinas y líneas existentes.
¿Se podrá analizar el costo de implementación del sistema automatizado para el proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios?	Analizar el costo de implementación del sistema automatizado para el proceso de producción de plántones en viveros de la parroquia Octavio Cordero Palacios.	Sistema sembrador de brotes de vegetales.

Nota: La matriz de consistencia presentada facilita identificar la relación que existe entre las variables y los objetivos además de como se relaciona con el marco teórico referencial.

Anexo B: Cotización de La casa del perno

Dirección AV GIL RAMIREZ DAVALOS 5-1 Ciudad: CUENCA PRO-002-111-0003235						
PALACIOS NARANJO BORIS IVAN			Obligado llevar contabilidad-Regimen General RUC: 0102637774001			
Fecha: 05-FEB-2024		Forma de Pago: CONTADO				
Nombre:00102428 CONSUMIDOR FINAL		Nro Pagos: 1		Dias Plazo: 0		
Dirección:2191740850001		Telefono: ..				
Ciudad: CUENCA		Ced/Ruc: 9999999999		Agente: FERNANDO GARCIA		
Codigo	Descripción	U	Cantidad	Precio	Des%	Total
10*100G	PERNO ACERO G8.8 HILO 1.50	U	10.00	0.3769	0.00	3.77
8*40G-G	PROMO - PERNO ESPARRAGO MILIMETROS	U	2.00	0.4123	0.00	0.82
8*60G	PERNO ACERO G8.8 HILO 1.25	U	8.00	0.1400	0.00	1.12
TA5*30	TORNILLO C/AVELLANADA ESTRELLA	U	8.00	0.0185	0.00	0.15
5*10CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	8.00	0.0148	0.00	0.12
5*16CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	69.00	0.0190	0.00	1.31
10*20CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	34.00	0.1298	0.00	4.31
10*30CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	6.00	0.1193	0.00	0.72
10*35CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	4.00	0.1475	0.00	0.59
4*10CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	12.00	0.0222	0.00	0.27
4*16CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	10.00	0.0295	0.00	0.30
4*20CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	29.00	0.0325	0.00	0.94
4*25CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	4.00	0.0380	0.00	0.14
6*16CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	178.00	0.0260	0.00	4.63
6*30CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	20.00	0.0670	0.00	1.34
6*20CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	16.00	0.0455	0.00	0.73
6*25CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	24.00	0.0473	0.00	1.14
5*20CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	30.00	0.0213	0.00	0.64
5*25CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	8.00	0.0380	0.00	0.29
6*12CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	49.00	0.0340	0.00	1.67
6*60CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	27.00	0.0920	0.00	2.48
5*12CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	6.00	0.0165	0.00	0.10
5*30CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	2.00	0.0450	0.00	0.09
5*40CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	10.00	0.0550	0.00	0.55
6*35CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	4.00	0.0690	0.00	0.28
8*45CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	8.00	0.0738	0.00	0.59
8*25CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	12.00	0.0643	0.00	0.77
8*60CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	12.00	0.1450	0.00	1.74
9*70CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	8.00	0.2200	0.00	1.76
12*35CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	4.00	0.2300	0.00	0.92
4*12CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	8.00	0.0250	0.00	0.20
8*100CC	PERNO ALLEN CC ACERO UNC G8.8	U	4.00	0.2900	0.00	1.16
16G	TUERCA ACERO G8.8 HILO 2.00	U	1.00	0.1135	0.00	0.11
10G	TUERCA ACERO G8.8 HILO 1.50	U	30.00	0.0468	0.00	1.40
8G	TUERCA ACERO G8.8 HILO 1.25	U	60.00	0.0208	0.00	1.25
12G	TUERCA ACERO G8.8 HILO 1.75	U	10.00	0.0610	0.00	0.61
6G	TUERCA ACERO G8.8 HILO 1.00	U	355.00	0.0048	0.00	1.70
5G	TUERCA ACERO G8.8 HILO 0.80	U	116.00	0.0048	0.00	0.56
4G	PL TUERCA ACERO G8.8 HILO 0.70	U	20.00	0.0055	0.00	0.11
3/8PL	PL ARANDELA PLANA DE ACERO	U	8.00	0.0505	0.00	0.40
5/16PL	PL ARANDELA PLANA DE ACERO	U	80.00	0.0329	0.00	2.63
3/16PL	PL ARANDELA PLANA DE ACERO	U	36.00	0.0110	0.00	0.40
1/4PL	PL ARANDELA PLANA DE ACERO	U	110.00	0.0220	0.00	2.42
Subtotal 0%...			0.00	Subtotal 12.00%		\$47.23
Descuento1 0.00%			0.00	Descuento1 0.00%		\$0.00
Descuento2			0.00	Descuento2		\$0.00
Base Imponible 0%			0.00	B. Impon. 12.00%		\$47.23
Impuesto 0%			0.00	Impuesto 12.00%		\$5.67
Son: Cincuenta Y Dos 90/100 Dolares				Total Cliente:		\$52.90
USUARIO CMACAS		Fecha Impresión: 05-FEB-2024 16:56:34		TOTAL:		\$52.90

Proforma válida por 5 días. Proforma sujeta a cambios sin previo aviso.

PALACIOS NARANJO BORIS IVAN

Su pago por Depósito o transferencia a la Cuenta Corriente del **Banco Pichincha Nro.**

Anexo C: Cotización de ALUMINOX

ALUMINOX
Especialistas en acero inoxidable y aluminio
GALARZA VILLAVICENCIO RENE VICENTE
AV. GONZALEZ SUAREZ 5-18 Y OCTAVIO DIAZ

Telefono: 07-2802049
RUC: 0102882024001
oficina@aluminos-cuenca.com
www.aluminos-cuenca.com

PROFORMA - COTIZACION

NO. 0000001923
CLIENTE: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
DIRECCION: CALLE VIEJA 12-30 Y ELIA LIUT; 4135250
RUC: 0190151530001
FECHA: 15 de Febrero de 2024

ITEM	CODIGO	CANT	DESCRIPCION	UNID.	DSCTO.	P.UNIT.	TOTAL
1	TUCUINEX0017	9.00 *	TUBO INOX 304/CUADR. 50.8 X 2.0MM"	UNIDAD	% 0	76.9200	692.28
2	TUCUINEX0009	2.00 *	TUBO INOX 304/CUADR. 31.8 X 1.5MM"	UNIDAD	% 0	58.4610	116.92
3	TUCUINEX0012	1.00 *	TUBO INOX 304/CUADR. 38.1 X 2.0MM"	UNIDAD	% 0	78.0000	78.00
4	TUREINEX0005	2.00 *	TUBO INOX 304/RECT. 40 X 20 X 1.5MM"	UNIDAD	% 0	35.0000	70.00
5	PEANINPU0006	2.00 *	ANG.INOX.PERFILADO 1-1/2 X 1/8"	UNIDAD	% 0	48.0000	96.00
6	PLMAINES0007	1.00 *	PLANCHA INOX. MATE 1.0MM"	UNIDAD	% 0	86.9000	86.90
7	PLMAINES0010	1.00 *	PLANCHA INOX. MATE 2.0MM"	UNIDAD	% 0	186.0000	186.00
8	PLMAINES0012	1.00 *	PLANCHA INOX. MATE 3.0MM"	UNIDAD	% 0	391.0000	391.00
9	PLMAINES0013	1.00 *	PLANCHA INOX. MATE 4.0MM"	UNIDAD	% 0	340.0000	340.00
10	PLMAINES0015	1.00 *	PLANCHA INOX. MATE 5.0MM"	UNIDAD	% 0	468.0000	468.00
11	EJINREPU0009	3.15 *	EJE INOX REDOND03 5/16"	METRO	% 0	1.7500	5.51
12	EJINREPU0010	0.60 *	EJE INOX REDOND04 3/8"	METRO	% 0	3.1000	1.86
13	EJINREPU0012	1.50 *	EJE INOX REDOND06 5/8"	METRO	% 0	7.3400	11.01
14	EJINREPU0015	7.70 *	EJE INOX REDOND09 1"	METRO	% 0	17.0000	130.90
15	EJINREPU0018	1.50 *	EJE INOX REDOND12 1-1/2"	METRO	% 0	41.9000	62.85

SON: TRES MIL SESENTA Y CINCO ,70/100

VALIDEZ DE ESTA PROFORMA: 8 DIAS
* FAVOR EMITIR CHEQUE Y RETENCION A NOMBRE *
* DE VICENTE GALARZA VILLAVICENCIO *

CLIENTE _____

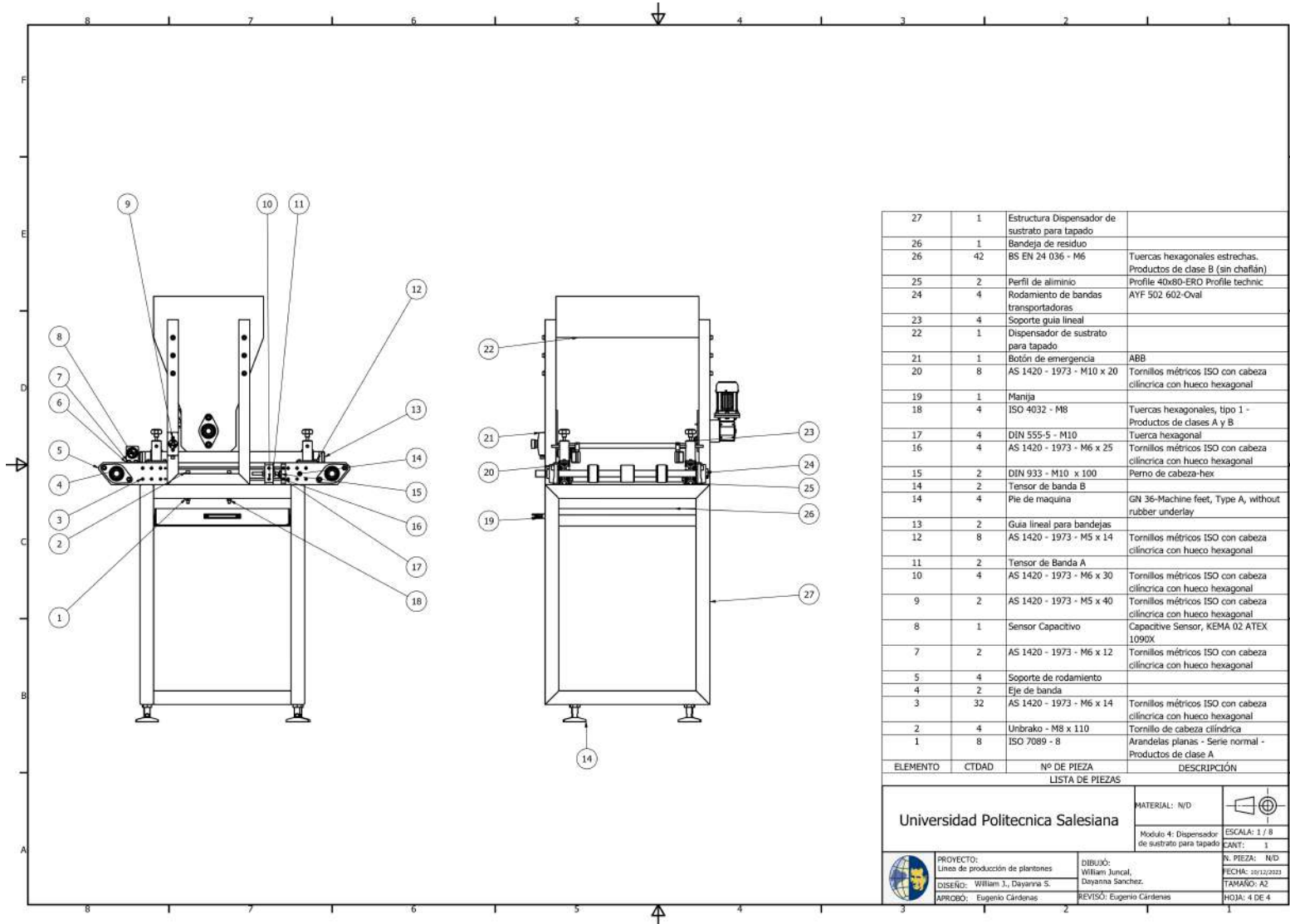
RENE GALARZA
REALIZADO POR _____

VICENTE GALARZA
ALUMINOX
RUC: 0102882024001

SUBTOTAL: 2,737.23
IVA: 328.47
FLETE: 0.00
TOTAL: 3,065.70

Anexo D: PLANO DE CONJUNTO DEL MODULO 4: DISPENSADOR DE SUS-TRATO PARA TAPADO DE BANDEJAS

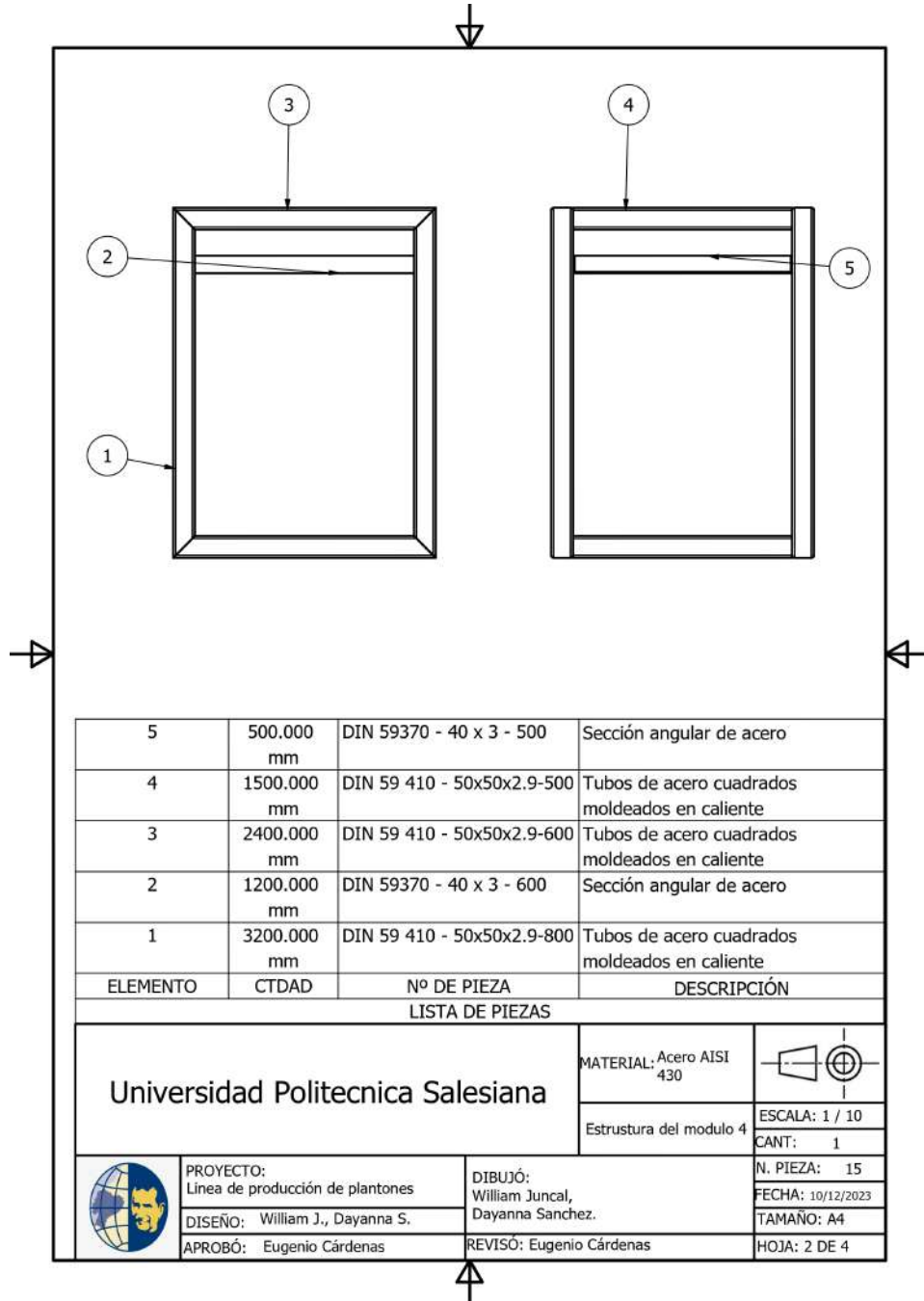
199



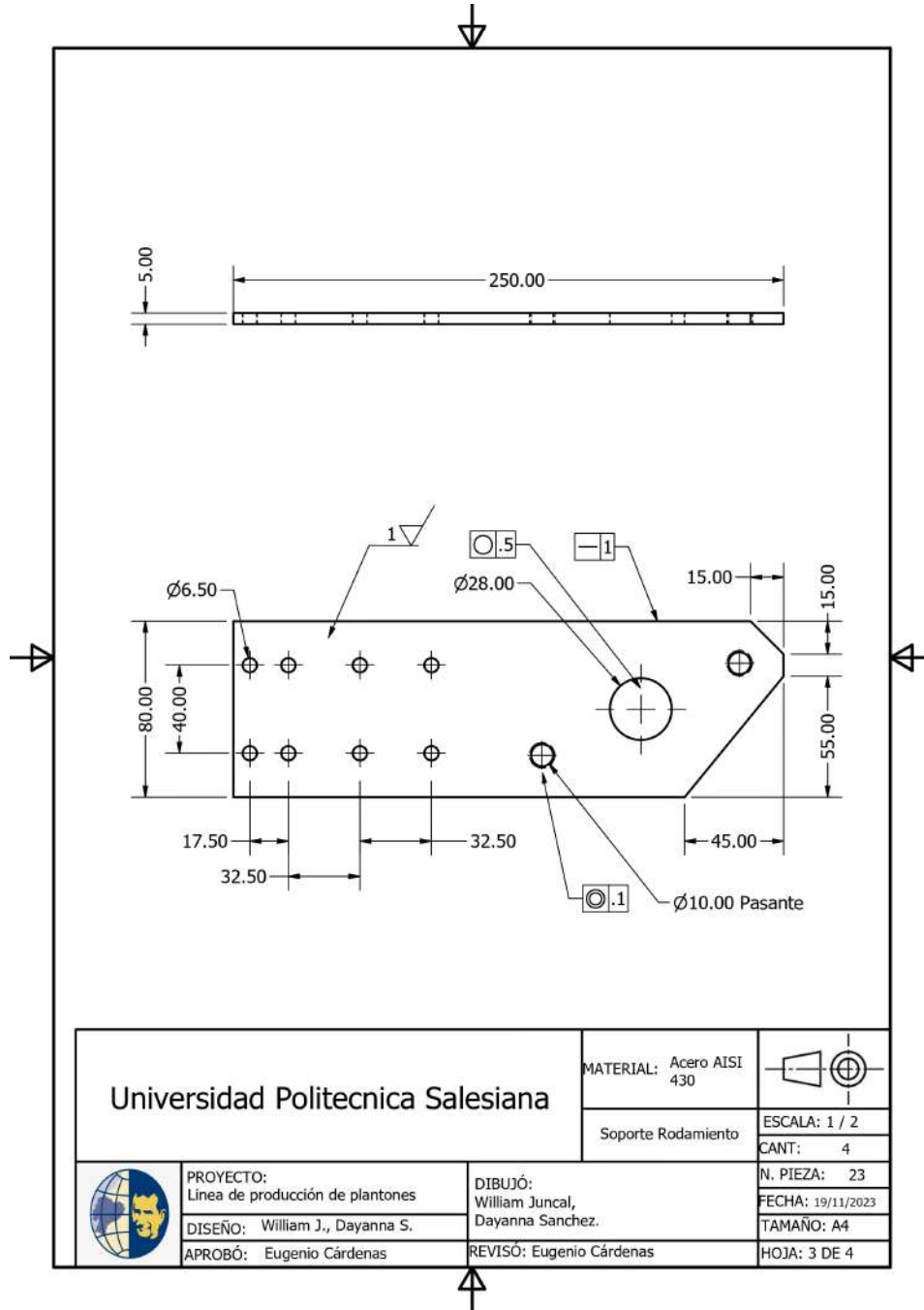
27	1	Estructura Dispensador de sustrato para tapado	
26	1	Bandeja de residuo	
26	42	BS EN 24 036 - M6	Tuercas hexagonales estrechas. Productos de clase B (sin chaflán)
25	2	Perfil de aluminio	Profile 40x80-ERO Profile technic
24	4	Rodamiento de bandas transportadoras	AYF 502 602-Oval
23	4	SopORTE guia lineal	
22	1	Dispensador de sustrato para tapado	
21	1	Botón de emergencia	ABB
20	8	AS 1420 - 1973 - M10 x 20	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal
19	1	Manija	
18	4	ISO 4032 - M8	Tuercas hexagonales, tipo 1 - Productos de clases A y B
17	4	DIN 555-5 - M10	Tuerca hexagonal
16	4	AS 1420 - 1973 - M6 x 25	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal
15	2	DIN 933 - M10 x 100	Perno de cabeza-hex
14	2	Tensor de banda B	
14	4	Pie de maquina	GN 36-Machine feet, Type A, without rubber underlay
13	2	Guia lineal para bandejas	
12	8	AS 1420 - 1973 - M5 x 14	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal
11	2	Tensor de Banda A	
10	4	AS 1420 - 1973 - M6 x 30	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal
9	2	AS 1420 - 1973 - M5 x 40	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal
8	1	Sensor Capacitivo	Capacitive Sensor, KEMA 02 ATEX 1090X
7	2	AS 1420 - 1973 - M6 x 12	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal
5	4	SopORTE de rodamiento	
4	2	Eje de banda	
3	32	AS 1420 - 1973 - M6 x 14	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal
2	4	Unbrako - M8 x 110	Tornillo de cabeza cilíndrica
1	8	ISO 7089 - 8	Arandelas planas - Serie normal - Productos de clase A

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
LISTA DE PIEZAS			
Universidad Politecnica Salesiana			MATERIAL: N/D ESCALA: 1 / 8 Modulo 4: Dispensador de sustrato para tapado CANT: 1
PROYECTO: Línea de producción de plántones DISEÑO: William J., Dayanna S. APROBO: Eugenio Cárdenas		DIBUJO: William Juncal, Dayanna Sanchez. REVISÓ: Eugenia Cárdenas N. PIEZA: N/D FECHA: 20/12/2022 TAMAÑO: A2 HOJA: 4 DE 4	

Anexo E: PLANO DE SUBCONJUNTO DE LA ESTRUCTURA DEL MODULO 4



Anexo F: PLANO DE LA PIEZA SOPORTE DE RODAMIENTO



Anexo G: ESQUEMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA

202

