



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA

“MÁQUINA PARA CLASIFICAR Y CONTABILIZAR LA PRODUCCIÓN DE
TOMATES DE ÁRBOL”

AUTOR:

JERES DÍAZ CÉSAR WASHINGTON

DIRECTOR:

DR. MARCO CIACCIA

Ibarra – Ecuador
2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio Digital Institucional determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual se pone a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR	
CEDULA DE IDENTIDAD	100402980-5
APELLIDOS Y NOMBRES	Jeres Díaz César Washington
DIRECCIÓN	Calle Inti Ñan – San Luis de Agualongo
E-MAIL	cwjerese@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL	0969463652
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	Máquina para clasificar y contabilizar la producción de tomates de árbol.
AUTOR	JERES DÍAZ CÉSAR WASHINGTON
FECHA	OCTUBRE DEL 2016
PROGRAMA	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MECATRÓNICA
ASESOR	Dr. Marco Ciaccia



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, César Washington Jeres Díaz, con cédula de identidad Nro. 100402980-5, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, febrero del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'César Washington Jeres Díaz', is written over a grey rectangular background. Below the signature is a horizontal dotted line.

César Washington Jeres Díaz

C.I.: 1004029805



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, César Washington Jeres Díaz, con cédula de identidad Nro. 100402980-5, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4,5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra a trabajo de grado denominado: **MÁQUINA PARA CLASIFICAR Y CONTABILIZAR LA PRODUCCIÓN DE TOMATES DE ÁRBOL**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, febrero del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "César Washington Jeres Díaz", is written over a grey rectangular background. The signature is fluid and cursive.

.....
César Washington Jeres Díaz

C.I.: 100402980-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, César Washington Jeres Díaz, con cédula de identidad N°. 100402980-5, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de la Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normativa vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, enero del 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: “MÁQUINA PARA CLASIFICAR Y CONTABILIZAR LA PRODUCCIÓN DE TOMATES DE ÁRBOL”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor César Washington Jeres Díaz, bajo mi supervisión.

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink that reads 'Marco Ciaccia'.

Dr. Marco Ciaccia

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A mis padres Mercedes Díaz y José Jeres por estar conmigo siempre apoyándome y sacrificándose por cumplirme todas las necesidades, a mi Dios por cuidarme y llenarme de bendiciones para seguir adelante, a mi amiga y confidente Flor Cachiguango, a mis hermanos Inti Jeres y David Jeres que a pesar de todas las molestias causadas en el hogar me han brindado el completo apoyo y comprensión, a toda mi familia y amigos que siempre me han apoyado a seguir adelante.

César J.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres que me dieron la vida y han estado como mis protectores en toda mi vida, quienes me corrigieron cuando tenían que hacerlo, mi felicidad era la felicidad de ellos gracias a eso tuve muchas fuerzas para seguir adelante aun cuando me encontraba derrotado, por y para ellos es este logro porque son los mejores padres.

César J.

RESUMEN

En la actualidad, los pequeños productores de tomates de árbol no cuentan con sistemas eficaces para aumentar la velocidad de la producción; esta fruta está en pleno reconocimiento por mercados extranjeros, por lo cual existen requerimientos de volúmenes grandes de la fruta. La clasificación del tomate de árbol es un trabajo muy agotador y tedioso para las personas que se dedican a esta actividad, para esto existen máquinas clasificadoras importadas a un costo fuera de alcance de los pequeños productores, lo cual encarece la introducción de maquinaria con tecnología nueva.

En vista de esta problemática, se desarrolla el primer dispositivo a nivel nacional capaz de efectuar la clasificación del tomate de árbol. Esta máquina clasificará los tomates de árbol en tres grupos de diferentes tamaños (primera, segunda y tercera). Esto permitirá mejorar la velocidad de la clasificación y aumentará el volumen de producción de la fruta. La máquina también efectuará la contabilización de la producción, permitiendo al productor llevar a cabo las cuentas de manera fácil y precisa.

La máquina fue desarrollada utilizando el principio de la banda transportadora con rodillos. La máquina dispone de dos bandas transportadoras, cada una con dimensiones diferentes entre los rodillos para efectuar la selección de la fruta según su tamaño.

En este trabajo se presenta el método utilizado para obtener los datos necesarios, estos datos ayudarán en el diseño y la construcción de la máquina. Se presentan también los cálculos para el diseño de los elementos que componen la máquina, cada una de estas con sus respectivos planos mecánicos; así como los diseños eléctricos y electrónicos que fueron utilizados para el sistema de potencia y control de la máquina.

En este trabajo también se presentan los resultados de las pruebas realizadas, las cuales se hicieron con las cosechas de diferentes productores ubicados en la comunidad San Luis de Agualongo.

ABSTRACT

At present, small producers of tree tomatoes do not have effective systems to increase the speed of production; this fruit is in full recognition by foreign markets, for which there are requirements of large volumes of the fruit. The classification of the tomato tree is a very tiring and tedious job for the people who are engaged in this activity, for this there are sorting machines imported at a cost out of reach of small producers, which increases the introduction of machinery with new technology.

In view of this problem, the first device is developed at the national level capable of performing the classification of the tree tomato. This machine will classify the tree tomatoes into three groups of different sizes (first, second and third). This will improve the speed of classification and increase the volume of fruit production. The machine will also carry out the production accounting, allowing the producer to carry out the accounts easily and accurately.

The machine was developed using the roller conveyor principle. The machine has two conveyor belts, each with different dimensions between the rollers to effect the selection of the fruit according to its size.

In this paper the method used to obtain the necessary data is presented, this data will help in the design and construction of the machine. The calculations for the design of the elements that compose the machine, each of them with their respective mechanical planes are also presented; as well as the electrical and electronic designs that were used for the power and control system of the machine.

This paper also presents the results of the tests carried out, which were done with the crops of different producers located in the community of San Luis de Agualongo.

ÍNDICE GENERAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	i
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	ii
1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	ii
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.....	iii
3. CONSTANCIAS.....	iii
DECLARACIÓN	v
CERTIFICACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del problema.....	1
Objetivo general	1
Objetivos específicos	2
Antecedentes	2
Seleccionador de tomates con redes neuronales	4
Máquina clasificadora de frutas con tambor giratorio	4
Máquina clasificadora de aguacates por su peso.....	5
Clasificadora de tomate mecánica con rodillos.....	6
Justificación.....	7
CAPÍTULO I	8
1 MARCO TEÓRICO.....	8
1.1 Tomate de árbol.....	8
Zonas de producción de tomates de árbol en Ecuador	8
1.2 Características de la fruta	9
1.2.1 Tomate de árbol amarillo común	9
1.2.2 Tomate de árbol rojo morado (tamarillo).....	9
1.3 Postcosecha de los tomates de árbol	9
1.3.1 Selección	9
1.3.2 Clasificación.....	10

1.3.3 Limpieza.....	12
1.3.4 Encerado.....	12
1.3.5 Desinfección.....	13
CAPÍTULO II.....	14
2 MARCO METODOLÓGICO.....	14
2.1 Requerimiento	14
2.2 Selección de la mejor alternativa	14
2.3 Requerimientos y limitaciones	15
2.3.1 Requerimientos de la máquina	15
2.3.2 Limitaciones de diseño.....	15
2.4 Diseño de la alternativa seleccionada	16
2.4.1 Diseño mecánico	16
2.4.2 Diseño eléctrico.....	16
2.5 Adquisición de datos del tomate de árbol	17
2.5.1 Dimensiones del tomate de árbol	17
2.5.2 Masa del tomate de árbol	17
2.6 Construcción	17
2.7 Protocolo de pruebas	17
2.7.1 Función de la máquina	17
2.7.2 Capacidad de la tolva de alimentación.....	17
2.7.3 Capacidad de la máquina	17
2.7.4 Peso	17
2.7.5 Materiales.....	18
2.7.6 Instalación eléctrica del motor	18
2.8 Manual de usuario	19
3 DISEÑO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATES DE ÁRBOL.....	20
3.1 Estudio de campo	20
3.1.1 Entrevista al cultivador 1	20
3.1.2 Entrevista al cultivador 2	20
3.2 Requerimiento de la máquina.....	21
3.3 Estudio de las alternativas	22
3.3.1 Seleccionador de tomates de árbol con redes neuronales	22
3.3.2 Clasificadora de tomates de árbol por su peso	22

3.3.3 Clasificadora de tomates de árbol por tambor giratorio	22
3.3.4 Clasificadora de tomates de árbol mecánica con rodillos	22
3.3.5 Evaluación de las diferentes alternativas	23
3.4 Diseño de la alternativa seleccionada	23
3.4.1 Descripción general de los componentes de la máquina.....	24
3.5 Diseño y dimensionamiento de la capacidad de la tolva de alimentación	25
3.6 Sistema de clasificación de la materia prima	28
3.6.1 Cadenas de transmisión de potencia	28
3.6.2 Rodillos de la banda transportadora.....	28
3.6.3 Factor de seguridad del rodillo.....	29
3.7 Selección de chumaceras.....	32
3.8 Cálculo de potencia y selección del motor.....	32
3.8.1 Cálculo de la inercia para los rodillos que transportan el tomate	32
3.8.2 Cálculo de la potencia para vencer la inercia de las poleas seleccionadas	33
3.8.3 Selección del motor.....	35
3.9 Transmisión de movimiento.....	36
3.9.1 Reducción de las revoluciones del motor.....	36
3.9.2 Velocidad requerida en la banda	37
3.10 Despacho de la materia prima	37
3.11 Estructura	38
3.11.1 Dimensionamiento de la máquina.....	38
3.11.2 Diseño de la estructura en SolidWorks	39
3.12 Diseño electrónico.....	41
3.12.1 Diseño del sistema de control	42
3.12.2 Diagrama de flujo de la contabilización de la producción del tomate de árbol	42
3.13 Construcción y pruebas de funcionamiento	43
3.14 Circuito electrónico del contador automático	53
3.15 Pruebas y resultados	57
3.15.1 Protocolo de pruebas	59
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
4.1 Conclusiones	61
4.2 Recomendaciones.....	61
Referencias.....	63

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Volumen de un prisma rectangular	26
Ecuación 2 Cálculo del espesor de una placa rectangular empotrada	27
Ecuación 3 Relación de las dimensiones de la placa.	27
Ecuación 4 Cálculo del esfuerzo normal debido a flexión en una sección sólida circular	30
Ecuación 5 Cálculo del factor de seguridad.....	31
Ecuación 6 Cálculo de la inercia del rodillo	31
Ecuación 7 Deflexión de una viga	31
Ecuación 8 Límite de la deflexión	32
Ecuación 9 Potencia para romper la inercia.....	32
Ecuación 10 Momento de un elemento cilíndrico en movimiento	33
Ecuación 11 Relación de transmisión de potencia por poleas	34
Ecuación 12 Cálculo del torque necesario para romper la inercia de una polea.....	34
Ecuación 13 Potencia con respecto al torque.....	35
Ecuación 14 Velocidad de traslación producida por la catalina	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Máquina clasificadora de basuras mezcladas (Allgauer, y otros, 1991).....	2
Figura 2: Máquina clasificadora que utiliza detectores emparedados (Linares Dos Santos & Ezquerro Sanz, 2012).	3
Figura 3. Ilustración de la máquina clasificadora con redes neuronales (Igno Otoniel, 2010). 4	4
Figura 4. Máquina clasificadora de frutas con tambor giratorio (Rua Palmyro, 2014).	5
Figura 5. Diseño de la máquina clasificadora de aguacates (Burbano Hurtado, 2015).	6
Figura 6. Máquina clasificadora de jitomates por tamaño (Alcalde Cajamarca, 2013).	6
Figura 7. Selección del tomate de árbol (García Muñoz, 2008).	9
Figura 8. Clasificación del tomate de árbol por tamaño (García Muñoz, 2008).....	10
Figura 9. Diseño de la alternativa seleccionada, vista superior,	24
Figura 10. Diseño de la alternativa seleccionada, vista lateral.....	24
Figura 11. Modelo y dimensiones de la tolva de alimentación.	26
Figura 12. Coeficiente ϕ para el cálculo del espesor necesario de una placa (Alcalde Cajamarca, 2013).	28
Figura 13. Ensamble del rodillo en las cadenas.	29
Figura 14. Diagrama de cuerpo libre del rodillo.	29
Figura 15. Diagrama de fuerza cortante del rodillo [N].....	30
Figura 16. Diagrama de momento flector del rodillo [N·mm].....	30
Figura 17. Reductor de velocidad 40/1 (Hangzhou, s.f).	36
Figura 18. Diseño de la máquina clasificadora de tomates de árbol.	39
Figura 19. Diseño de la estructura en SolidWorks.....	39
Figura 20. Cargas y apoyos aplicados en la estructura.	40
Figura 21. Resultados del factor de seguridad en la simulación.	41
Figura 22. Deflexión de la estructura.	41
Figura 23. Simulación del circuito eléctrico en Proteus.....	42
Figura 24. Cortes del tubo cuadrado para armar la estructura.	44
Figura 25. Proceso del armado de la estructura.	44
Figura 26. Ubicación de las catalinas y las cadenas para la transmisión de potencia.	45
Figura 28. Torneado de las puntas de las varillas.	46
Figura 27. Las varillas cortadas.....	46
Figura 29. Extremos torneados de las varillas.....	47
Figura 30. Ensamblaje de las varillas en la cadena.	47
Figura 31. La banda transportadora implementada en la estructura.	48
Figura 32. Sistema de transmisión de potencia.	48
Figura 33. Comprobando las dimensiones entre las varillas.....	49
Figura 34. Reducción de la distancia entre las varillas soldando otra varilla en paralelo.....	49
Figura 35. Recubrimiento de la máquina con la chapa metálica.....	50
Figura 36. La primera prueba antes de dar por terminada la máquina.....	50
Figura 37. Inserción de un tambor en la catalina del final de la primera etapa.....	51
Figura 38. Construcción e implementación de la bandeja que recibe los tomates clasificados.	51
Figura 39. Rellenado de las imperfecciones con la masilla.	52

Figura 40. Pintura Epóxica WINNER 350 (Nervion Pinturas, s.f).	52
Figura 41. La máquina culminada en su totalidad.	53
Figura 42. Construcción e implementación del marco para fijar las gavetas que reciben los tomates clasificados.....	53
Figura 43. Interruptores fin de carrera (I) (Paletos de la electrónica, 2015).	54
Figura 44. Sensor implementado en el marco.	54
Figura 45. Diseño de la placa electrónica.	54
Figura 46. Construcción de la placa electrónica.	55
Figura 47. Dispositivo portátil para contabilizar la producción del tomate de árbol.	55
Figura 48. Cosecha del tomate de árbol.	57
Figura 49. Clasificación del tomate de árbol tradicional.	57
Figura 50. Clasificación del tomate de árbol utilizando la máquina clasificadora de tomates de árbol.	58
Figura 51. Tomates de árbol circulando por la banda transportadora.	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Provincias y zonas donde se cultiva tomate de árbol en Ecuador (Revelo Morán, Perez Alarcon, & Maila Álvarez, s.f).....	8
Tabla 2: Alternativas para el diseño de la máquina clasificadora de tomates de árbol.....	15
Tabla 3: Formato de protocolo de pruebas.....	18
Tabla 4: Tabla de conclusiones obtenidas de las encuestas.	21
Tabla 5: Evaluación de las alternativas frente a los requerimientos.	23
Tabla 6: Volumen ocupado con las diferentes clases de tomates.	25
Tabla 7: Características de las poleas seleccionadas.....	33
Tabla 8: Características del reductor de velocidad (Hangzhou, s.f).....	36
Tabla 9: Tabla de costos.....	56
Tabla 10: Análisis del peso de la máquina.....	56
Tabla 11: Desarrollo del protocolo de pruebas	59

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

En la producción de tomates de árbol la etapa de la postcosecha consiste en la clasificación en base al tamaño, manteniendo siempre el pedúnculo adherido. De manera general, esta labor se realiza de forma manual estableciendo tres clases de tomate: primera, segunda y tercera (Revelo Morán, Perez Alarcon, & Maila Álvarez, s.f).

La clasificación de los tomates de árbol resulta ser muy agotador y tedioso para las personas dedicadas a esta actividad. Con el tiempo los trabajadores pueden tener problemas musculares o adquirir enfermedades porque el fruto contiene muchos químicos peligrosos para la salud humana. Por otro lado, existen máquinas clasificadoras importadas a un costo fuera de alcance de los pequeños productores. Muchas de estas máquinas no están diseñadas para nuestro medio y pueden requerir técnicos de procedencia extranjera para el mantenimiento, lo cual encarece la introducción de maquinaria con tecnología nueva. Otro problema es cuando el equipo falla, sus repuestos deben ser importados por lo cual se genera una parada del equipo y un retraso en el proceso de la post cosecha (Alcalde Cajamarca, 2013).

Hay mucho interés por esta fruta en mercados europeos y de Estados Unidos de América, pero las limitaciones que tienen los pequeños productores son los volúmenes requeridos. Con el propósito de compatibilizar la oferta con la demanda para mercados de exportación, se deben realizar ciertos cambios en la tecnología del cultivo, mismo que ayudará a aumentar la velocidad de producción (Proecuador, 2013).

Formulación del problema

El inadecuado e ineficiente procedimiento de la clasificación de los tomates de árbol, en la capacidad de mejoramiento de la velocidad de producción y competitividad provoca un problema para los productores de tomates de árbol. Esto implica un cambio en el proceso de la clasificación de los tomates de árbol, para mejorar la velocidad de la producción de los pequeños productores dedicadas a esta actividad, siendo necesaria la determinación de los factores que inciden en el proceso del clasificado de los tomates de árbol.

Hipótesis

La implementación de una máquina clasificadora y contadora automática de la producción de los tomates de árbol fortalecerá a los pequeños productores dedicados a esta actividad al mejoramiento de la producción y ser competitivos en los mercados extranjeros.

Objetivo general

Diseñar y construir una máquina automática para clasificar los tomates de árbol por su tamaño.

Objetivos específicos

- Establecer los requerimientos para la clasificación y la contabilización automática de la producción del fruto.
- Realizar el diseño de una máquina automática para clasificar por tamaño y contabilizar la producción por cajas de la fruta.
- Construir la máquina diseñada.
- Validar el diseño y construcción de la máquina.

Antecedentes

(Allgauer, y otros, 1991) mencionan que en la figura 1 podemos observar una máquina capaz de clasificar y separar los diferentes desechos que la población genera como son: basuras domésticas, de artesanos, industrias, basura de demoliciones, desperdicio de obras. Una máquina clasificadora de basuras mezcladas consiste en una banda transportadora, inclinada transversalmente y que asciende en su recorrido. Para efectuar la clasificación se toma en cuenta detalladamente las formas del cuerpo y la superficie de la banda se adapta perfectamente al cuerpo y ya que cada tipo de basura tiene diferentes características, además la banda está sometida a un sistema de vibración que permite efectuar la clasificación más eficaz.

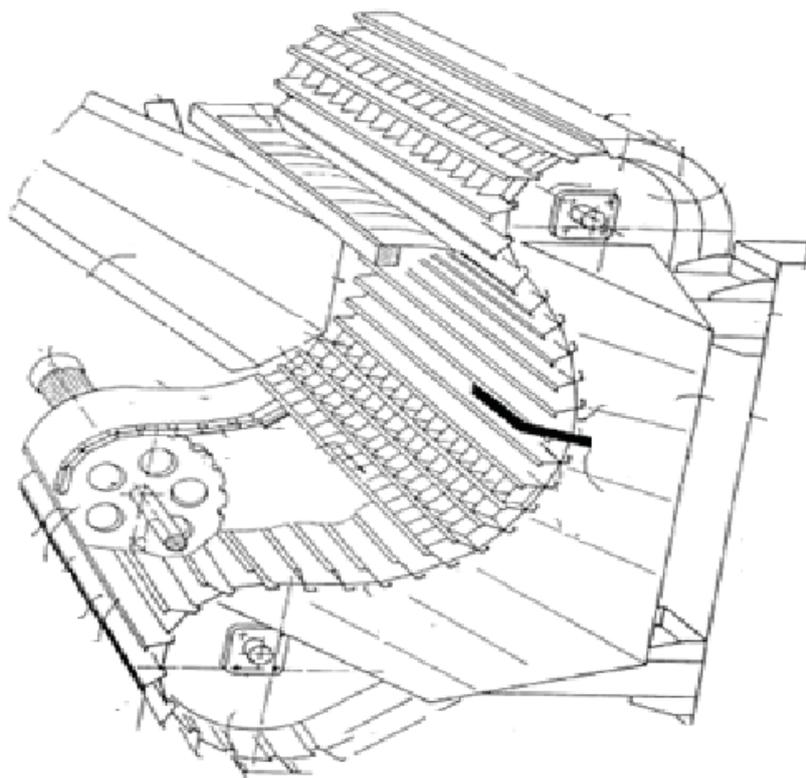


Figura 1: Máquina clasificadora de basuras mezcladas (Allgauer, y otros, 1991).

La patente ES 2 107 373 A1 es una máquina clasificadora que utiliza detectores emparedados como se puede observar en la figura 2, estos detectores son foto ópticos y la máquina clasificadora es policromática, incluyendo cada detector por lo menos dos materiales de fotodiodos separados, estos responden a una gama espectral diferente y un filtro óptico multicresta que tiene características de respuesta de transmisión, definidas respectivamente en un espectro de frecuencias de las gamas espectrales respectivas de los materiales. La máquina clasificadora que utiliza tales detectores se puede programar selectivamente empleando las diversas señales resultantes de los detectores, después de una amplificación apropiada y detección de umbral para dar lugar a la activación del mecanismo de expulsión resultante (Allgauer, y otros, 1991).

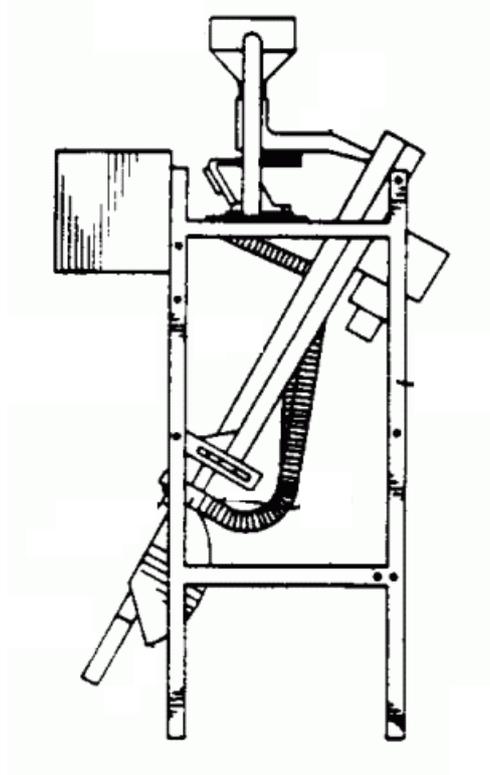


Figura 2: Máquina clasificadora que utiliza detectores emparedados (*Linares Dos Santos & Ezquerro Sanz, 2012*).

La patente P200602228 se refiere a una máquina clasificadora de reducidas dimensiones, movable y fácil de transportar, que realiza la clasificación en función del peso, calibre y color, para su utilización en la clasificación de pequeños volúmenes de productos. La máquina se caracteriza por tener una estructura circular que gira en torno a un eje vertical, desplazando unas cazoletas sobre las que se reciben los productos a clasificar. Estas cazoletas presentan diferentes posiciones a lo largo de la trayectoria circular que describen, condicionadas por una guía perimetral sobre la que se apoyan y por los criterios de clasificación establecidos. El producto que va a ser clasificado entra en la máquina objeto de la invención, mediante un sistema de alimentación colocado tangencialmente al aro clasificador, y son derivados por la

salida correspondiente, al activarse el actuador que cierra las ranuras practicadas en el anillo guía (Amate, Lopez, Sanchez, Díaz, & Sanchez, 2010).

Seleccionador de tomates con redes neuronales

Esta máquina está diseñada para clasificar los jitomates automáticamente, basándose en la forma, color y tamaño. El sistema consta de dos partes principales: software que se refiere a los algoritmos computacionales empleados, y hardware que se refiere a las partes mecánicas y eléctricas. En la figura 3 resalta la geometría del sistema de visión, la cual está restringida por las medidas de la caja de iluminación donde se instala. El proceso inicia con la colocación automática del producto a clasificar. Por medio de una banda transportadora el producto se dirige hacia el sistema de visión donde cada tomate es escaneado y designado a un cierto grupo, luego por medio de varios actuadores cada producto es lanzado a una bandeja de despacho designada por la computadora (Igno Otoniel, 2010).



Figura 3. Ilustración de la máquina clasificadora con redes neuronales (Igno Otoniel, 2010).

Máquina clasificadora de frutas con tambor giratorio

La máquina que se presenta en la figura 4 está diseñada para clasificar frutas o verduras de forma circular semiautomáticamente. Tiene una tolva de alimentación donde se deposita la fruta no clasificada y la fruta cae por gravedad hacia un tambor giratorio. En la periferia del tambor giratorio existen seis ranuras cuya altura puede ser regulada según las necesidades del productor. Al girar el tambor envía los tomates a las diferentes ranuras que llevan a unas bandejas en donde se deposita el tomate y es empacado manualmente.



Figura 4. Máquina clasificadora de frutas con tambor giratorio (*Rua Palmyro, 2014*).

Máquina clasificadora de aguacates por su peso

En la figura 5 se puede observar la máquina clasificadora de aguacates, basándose en rangos de peso establecidos de acuerdo con las distintas clases de aguacates que se comercializan en el mercado. La máquina contiene tres subsistemas, alimentación, transporte, ordenamiento y el de clasificación, el trabajo conjunto de estos permite realizar la clasificación de los aguacates en cuatro diferentes clases, primera, segunda, tercera y cuarta, y a su vez contar la cantidad de unidades existentes en cada una. El proceso inicia con la alimentación del aguacate en la tolva de alimentación, este trabajo es realizado por una persona. La máquina por medio de una rampa vibratoria hace que los aguacates se ubiquen ordenadamente en los dos canales de bandas transportadoras del siguiente subsistema, en el que se puede realizar un pre clasificado manual del producto que no esté en un buen estado para comercializarse. Posteriormente, pasa uno a uno al siguiente subsistema, en el cual se encuentran ubicadas canastillas plásticas que empujan al aguacate a través de toda la mesa, donde las compuertas se abren automáticamente, dependiendo de la clase a la que corresponda cada aguacate, por medio de actuadores (Burbano Hurtado, 2015).

Al inicio de este subsistema están ubicadas dos celdas de carga que son las encargadas de enviar las señales digitales al controlador lógico programable, el mismo que por medio de su programación se encarga de controlar todo el sistema de la máquina; además se visualiza la cantidad de unidades existentes de cada clase por medio de contadores digitales (Burbano Hurtado, 2015).

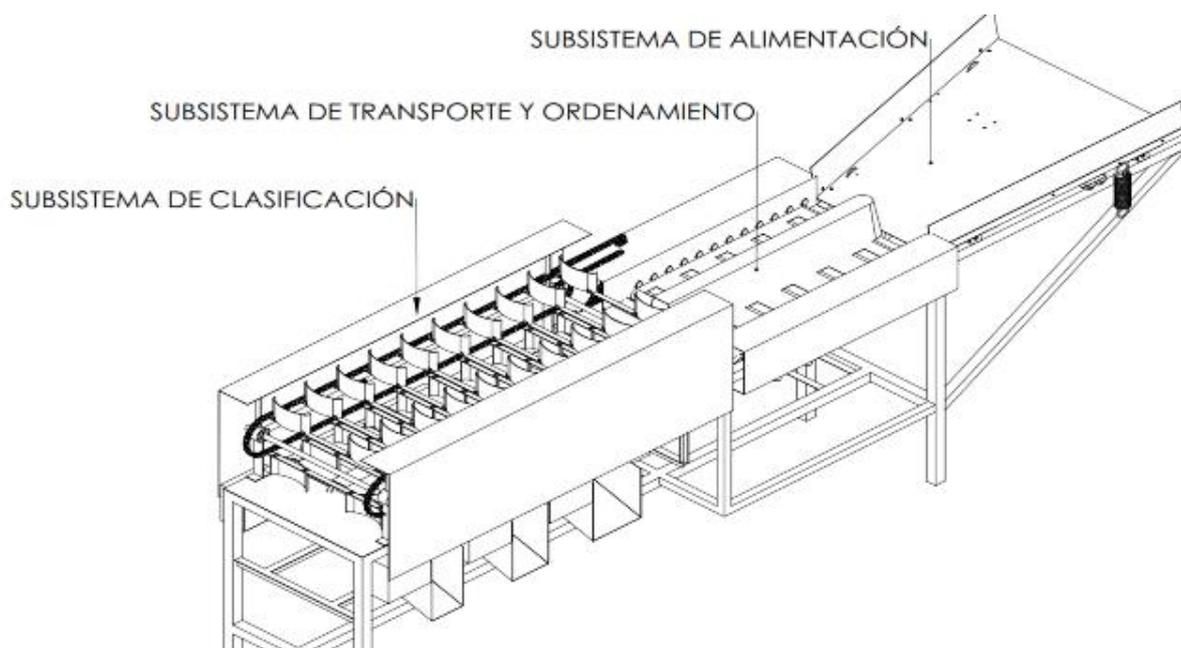


Figura 5. Diseño de la máquina clasificadora de aguacates (*Burbano Hurtado, 2015*).

Clasificadora de tomate mecánica con rodillos

Esta máquina está diseñada para clasificar semiautomáticamente los jitomates por su tamaño. El tamaño de los jitomates se establece basándose en los rangos de tamaño establecidos por el mercado.

En la figura 6 se puede observar el dispositivo, la máquina clasificadora dispone de una banda transportadora de rodillos de PVC, las cuales al recorrer la trayectoria de la máquina se van separando de acuerdo a los diferentes tamaños de tomate requeridos, esta separación permite que caigan los tomates a otras bandas transportadoras que trasladan la materia prima clasificada a sus respectivas gavetas. Los sistemas de ajuste que maneja esta unidad permiten ajustar con precisión los tamaños de los diferentes productos que pasan por ella (*Alcalde Cajamarca, 2013*).



Figura 6. Máquina clasificadora de jitomates por tamaño (*Alcalde Cajamarca, 2013*).

Justificación

A lo largo de la historia en la parroquia Ilumán del cantón Otavalo, la producción del tomate de árbol se ha ido incrementando, de tal manera que en la actualidad se cultivan más de 200 ha, principalmente en la comunidad San Luis de Agualongo con una superficie de más de 100 ha. El tomate de árbol ha ganado mercado ya que las personas ven a esta fruta como una de las que no puede faltar en sus despensas, debido a que es rica en minerales y baja en calorías.

A pesar de que se produce en gran cantidad, no todo el tomate de árbol cultivado llega al consumidor y una parte se pierde. Esta pérdida se debe al escaso conocimiento técnico del pequeño agricultor en las diversas etapas de la producción. Este proyecto se propone abordar la etapa de la post cosecha.

Con las técnicas de clasificación actualmente utilizadas, el proceso resulta muy agotador y tedioso para las personas dedicadas a esta actividad. Por otro lado, existen máquinas clasificadoras importadas a un costo fuera del alcance de los pequeños productores. Por ello se propone el diseño de una máquina que cumpla con los objetivos inicialmente planteados a un costo de fabricación accesible.

Alcance

La máquina propuesta podrá ser utilizada para clasificar 300 kg de tomates de árbol en una hora, el procedimiento de la clasificación será en base al requerimiento del mercado que son: primera, segunda y tercera.

La máquina clasificadora de tomates de árbol también efectuará el conteo y el registro de las gavetas llenas con la fruta.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Tomate de árbol

El tomate de árbol es una fruta exótica originaria de los países andinos Colombia, Ecuador y Perú.

Zonas de producción de tomates de árbol en Ecuador

En la tabla 1 se muestran las provincias con sus respectivas zonas donde se cultivan tomates de árbol.

Tabla 1: Provincias y zonas donde se cultiva tomate de árbol en Ecuador (*Revelo Morán, Perez Alarcon, & Maila Álvarez, s.f*).

PROVINCIA	ZONAS
Carchi	Mira, Bolívar
Imbabura	Antonio Ante (Natabuela, Atuntaqui, chaltura), Cotacachi (Nangulví, Peñaherrera, Coellaje), Otavalo (Ilumán, Pinsaquí), Ibarra, Pimampiro, Urcuquí, Vía San Lorenzo.
Pichincha	Tumbaco, Yaruquí, Pifo, Puembo, Checa, Quinche, Guayllabamba, Puellaró, Perucho, San José de Minas, Tandapi.
Cotopaxi	Latacunga, Pujilí, Salcedo.
Tungurahua	Ambato, Samanga, Pillaro, San Miguelito, La Viña, Patate (San Andrés, Tunga), Pelileo (Valle Hermoso, Guadalupe, Artezón, Inapi, La Paz, Chiquicha, Yataquí), Baños.
Chimborazo	Riobamba, Guanalan, Chambo, Guano, Penipe, Chunchi, Alausí.
Bolívar	Guaranda, Chimbo, San Miguel, Chillanes.
Cañar	Biblián, Azogues.
Azuay	Cuenca, Paute (Bulán), Gualaceo (Chordeleg, Bullcay), Sevilla de Oro (Anejo y San Juan Bosco), El Pan (Cedropamba, El Pan y San Francisco), Guachapala (Guablid), Zig Zig.
Loja	Valle de Loja, Parque Forestal.

Las principales Provincias productoras de tomate de árbol son: Imbabura, Pichincha, Tungurahua y Azuay.

1.2 Características de la fruta

Los tomates de árbol son bayas con forma ovalada, ovoide o redonda, con un pedúnculo largo. Su color varía dependiendo de la especie; puede ser amarillo, rojo, morado o anaranjado y su pulpa es anaranjada o amarilla (Herrera, Pinto Tafur, & Tiaguara, 2012).

En Ecuador la mayoría de los agricultores producen tomates de árbol amarillo común y tomates de árbol rojo morado (tamarillo).

1.2.1 Tomate de árbol amarillo común

Frutos de forma oval y de corteza amarilla intensa, con suaves rayas marrón verdosas. Tiene un peso aproximado de 70 gramos y mide 5 cm de diámetro y 7 cm de longitud. La pulpa es de color amarillo (Herrera, Pinto Tafur, & Tiaguara, 2012).

1.2.2 Tomate de árbol rojo morado (tamarillo)

Frutos de forma oval, redondos, de color púrpura intenso y suaves rayas verticales verdes. Pesa aproximadamente 90 gramos. Presenta un diámetro de 5,3 cm y longitud de 6 cm. El color de la pulpa es naranja (Herrera, Pinto Tafur, & Tiaguara, 2012).

1.3 Postcosecha de los tomates de árbol

Las labores de postcosecha adecúan y preparan el producto para su transporte, almacenamiento o venta. Dentro de estas actividades están la limpieza y desinfección que consisten en la eliminación de residuos, impurezas, agentes biológicos y demás suciedad visible mediante el empleo de métodos secos o húmedos. Dentro de los primeros se pueden mencionar el tamizado, cepillado y separación magnética; mientras que en los segundos se encuentran la flotación, inmersión, aspersion, filtración y decantación. Estas actividades son importantes ya que algunos agricultores acostumbran realizar fumigaciones impregnando los frutos de agroquímicos. Posteriormente, el secado del producto se realiza dejando escurrir el producto aprovechando la ventilación natural (García Muñoz, 2008).

1.3.1 Selección

En esta operación se retiran los frutos que no cumplen los requisitos mínimos para su comercialización como se puede observar en la figura 7, aquellos que presenten daño por plagas o enfermedades, daño mecánico, deformaciones, desecamientos, cortes y magulladuras, entre otros. Se realiza una primera selección durante la cosecha y una segunda selección se realiza en los centros de acopio, donde se descartan los frutos que presentan defectos de tamaño, color, forma o daño mecánico (García Muñoz, 2008).



Figura 7. Selección del tomate de árbol (García Muñoz, 2008).

La calidad de selección depende del mercado al que está destinado el producto. Cada mercado tiene diferentes condiciones para adquirir la fruta.

1.3.2 Clasificación

Como se puede observar en la figura 8, la clasificación se realiza para formar grupos de frutas que presentan las mismas características físicas como tamaño y color. Esta actividad es clave para la comercialización ya que facilita el cálculo del precio del producto de manera fácil y rápida. Generalmente los productores clasifican el tomate de árbol por diámetro en tres grupos: primera, con diámetro mayor a 61 mm; segunda, con diámetro entre 51 y 60 mm; y tercera con diámetro inferior a 50 mm (García Muñoz, 2008).



Figura 8. Clasificación del tomate de árbol por tamaño (García Muñoz, 2008).

1.3.2.1 Métodos de clasificación

Las principales características que se deben tener en cuenta son las siguientes:

- Color, aroma y sabor.
- Ausencia de contaminantes.
- Carencia de imperfecciones.
- Madurez óptima para procesamiento.
- Tamaño y forma.

Clasificación por color, aroma y sabor: se pueden medir mediante las características de la carta colorimétrica para cada producto o mediante los índices de madurez.

Ausencia de contaminantes: se miden la cantidad de contaminantes para clasificar los lotes.

Carencia de imperfecciones: las imperfecciones se miden en porcentaje con respecto al total del producto y así clasificar el producto de acuerdo con la necesidad del mercado.

Madurez óptima para procesamiento: según las condiciones exigidas por los compradores, se clasifica para las operaciones de industrialización, ejemplo: mermelada, néctares.

Clasificación por tamaño y forma: después de la selección se procede a clasificar el producto para darle uniformidad a los lotes. En centros de empaques pequeños, a los empaques se les asigna un determinado tamaño. En los centros de alta capacidad de operación se utilizan clasificadores que separan el producto por peso.

1.3.2.2 Utilidad de la clasificación

La clasificación de las frutas y hortalizas permite tener productos con características homogéneas agrupando por unidades uniformes a un criterio, condiciones o cualidades básicas en calidad lo cual permite:

- Facilitar la negociación, se conocen las condiciones del producto que se ofrece y el comprador también establecerá sus condiciones de adquisición.
- Facilitar la labor de compra ya que se pueden determinar exactamente el producto que se necesita (industrial, de consumo, etc).
- Facilitar el almacenamiento, disminuyendo los costos y aumentando su eficiencia.
- Permite darle una mejor presentación y atractivo de los productos.
- Se tiene menores riesgos, se paga el precio justo y propicia un buen margen de utilidad para el detallista, quien puede cubrir pérdidas de deterioro antes de llegar a su punto de venta, utilización industrial o consumo.
- Ofrece gran utilidad a los detallistas organizados para la venta.

1.3.2.3 Tiempo del clasificado

El tiempo que se demora en la clasificación de la fruta depende de muchos factores, generalmente los productores dividen las horas del día en dos, una para la cosecha y la otra para la clasificación, es decir que toda la mañana se dedican a la cosecha y en la tarde se dedican a la clasificación. Esto implica una pérdida de tiempo, mano de obra y dinero.

1.3.2.4 Complicaciones de la salud

El proceso de la clasificación es muy agotador, el posicionamiento de las personas en el proceso trae muchos problemas de salud. Las personas dedicadas a la clasificación todo el tiempo permanecen inclinadas o en cuclillas. Esto provoca dolores intensos en las articulaciones de la columna y rodillas.

1.3.2.5 Clasificación errónea

La clasificación de la fruta depende mucho de la experiencia de los trabajadores, muchas veces por la gran producción requerida ven la necesidad de utilizar personal inexperto, esto provoca que exista un error en la clasificación. La diferencia entre una clase de tomates de árbol y la otra es mínima, por tal razón ocurren errores en la clasificación de la fruta (García Muñoz, 2008).

1.3.3 Limpieza

1.3.3.1 Requerimientos mínimos para la limpieza

Para la limpieza de la fruta es necesario contar con un sitio higiénico tanto en la infraestructura física como en los equipos y el personal. Se debe tener el suministro de agua corriente limpia, no se deben utilizar aguas servidas o estancadas, ya que esta clase de agua está expuesta a una rápida contaminación por microorganismos que pueden causar la putrefacción del producto lavado (García Muñoz, 2008).

Para manejar el resultado del lavado con agua se utiliza hipoclorito; con el uso del agua de las características anteriormente descritas se pueden obtener la eliminación de hasta un 60% de las materias contaminantes en el producto tratado, así como también se reduce en gran porcentaje la calidad de inóculo de los microorganismos que atacan los productos vegetales en la etapa de postcosecha (Borrero Ortíz & Urrea López, 2007).

1.3.3.2 Métodos de limpieza

Los métodos de la limpieza de los tomates de árbol se clasifican en secos y húmedos.

Métodos secos

Estos métodos se utilizan cuando dadas las características del producto, la limpieza no se puede efectuar por vía húmeda, no son muy costosos. En este método se debe tener en cuenta que no se produzca una recontaminación debido al levantamiento del polvo (Borrero Ortíz & Urrea López, 2007).

Métodos húmedos

El lavado tiene como finalidad remover del producto todo tipo de material extraño ya sea mezclado o adherido. Con la realización eficiente de la limpieza se debe llegar a obtener un producto libre de materiales contaminantes de tal forma que la superficie del producto quede completamente limpia y en lo posible que con el tratamiento se logre evitar el recontaminación de los productos ya tratados (Borrero Ortíz & Urrea López, 2007).

Remueve partículas de tierra, insectos, hollín de hongos, etc. El lavado con detergentes remueve el residuo de pesticidas. El lavado se puede hacer acompañado de un cepillo suave (Borrero Ortíz & Urrea López, 2007).

Es conveniente efectuar una operación de preselección de la materia prima para eliminar los productos averiados y contaminados, los cuales al disgregarse o deshacerse en el lavado aumenta la contaminación del agua (Borrero Ortíz & Urrea López, 2007).

1.3.4 Encerado

Las frutas y hortalizas tienen una natural y fina capa de cera en la superficie, la cual es parcialmente removida durante el lavado. El encerado consiste en aplicar al producto una capa artificial de cera de espesor y consistencia adecuada que protege al producto de

microorganismos dañinos. Es importante cuando el producto tiene rasmilladuras ya que la cera las tapa. Además, les da un buen brillo mejorando la apariencia. Un producto encerado tiene mayor duración y resistencia a la alteración a temperatura ambiente. Por eso en lugares en donde no existe facilidades de refrigeración es una práctica recomendada (Borrero Ortíz & Urrea López, 2007).

1.3.5 Desinfección

La desinfección es el complemento indispensable de la limpieza. Esta operación garantiza la calidad higiénica de un alimento. Muchos países importadores de frutas y hortalizas son muy exigentes en que el producto esté libre de insectos, sus larvas o huevos, en especial la mosca de la fruta. En la desinfección se utilizan algunos desinfectantes que son agentes químicos o físicos que actúan sobre los microorganismos destruyéndolos. La desinfección se utiliza en los equipos, en la planta, en los operarios, en los productos (frutas y hortalizas) (Borrero Ortíz & Urrea López, 2007).

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se detallan los métodos que serán utilizados en el diseño y la construcción de la máquina clasificadora de tomates de árbol.

2.1 Requerimiento

Los requerimientos para el diseño de la máquina clasificadora de tomates de árbol se obtendrán haciendo una encuesta a los productores. La encuesta tendrá las siguientes preguntas.

Nombre del entrevistado:

Ubicación de la propiedad:

Producción de tomates de árbol:

Tipo de tomate cultivado:

Cómo es la clasificación del tomate:

Clasificación del tomate de árbol actual:

Frecuencia de clasificado del tomate de árbol:

Tiempo y personal invertido en clasificar el tomate de árbol:

Recolección de tomates de árbol clasificados:

Capacidad de post cosecha:

Opinión del productor con respecto a la máquina propuesta:

2.2 Selección de la mejor alternativa

Para seleccionar la mejor alternativa que cumpla con los requerimientos planteados, se empleará el método de la ponderación de criterios. Este método se basa en tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se asignarán los valores siguientes.

1 si cumple satisfactoriamente con el requerimiento

0,5 si cumple regularmente el requerimiento

0 si cumple insatisfactoriamente el requerimiento

Luego, para cada criterio se sumarán los valores asignados en relación con los restantes criterios al que se añade una unidad; después, en otra columna se calcularán los valores ponderados para cada criterio.

Para el diseño de la máquina se tomarán 4 alternativas que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2: Alternativas para el diseño de la máquina clasificadora de tomates de árbol.

ALTERNATIVA	MÁQUINA
A	Clasificadora de tomates con redes neuronales
B	Clasificadora de tomates de acuerdo con la masa
C	Clasificadora de tomates con tambor giratorio
D	Clasificadora de tomates mecánica con rodillos

Estas alternativas de solución están planteadas y explicadas en la sección de los antecedentes, de las cuales se tomaron 4 soluciones más adecuadas para a resolución del problema de la clasificación de los tomates de árbol.

2.3 Requerimientos y limitaciones

2.3.1 Requerimientos de la máquina

Los requerimientos de la máquina clasificadora de tomates de árbol, se enlista a continuación de acuerdo a los deseos comunes de los productores tomada de la pregunta 9 de la encuesta:

- Liviana
- Fácil manejo
- Manejo del producto
- Capacidad
- Tiempo de clasificación corto
- Mantenimiento

2.3.2 Limitaciones de diseño

Con los requerimientos mencionadas por los productores obtenemos los criterios que permiten identificar los parámetros de diseño.

2.3.2.1 Material a utilizarse en la fabricación de la máquina

Debido a las condiciones sanitarias que requiere el proceso de clasificación, la máquina se cubrirá totalmente con una capa de pintura grado alimenticio. (Nervion Pinturas, s.f) menciona que la pintura forma una capa dura y flexible con excelente resistencia mecánica y anticorrosiva. Debido a su formulación este producto en color blanco es adecuado para aplicaciones donde se requiera estar en contacto con alimentos. La estructura soportante se realizará con acero estructural A36.

2.3.2.2 Condiciones de la fruta a clasificar

La fruta utilizada para ser clasificada en la máquina es el tomate maduro en buen estado de diferentes tamaños.

2.3.2.3 Operación de la máquina

La máquina debe presentar baja complejidad de operación. Los obreros encargados de operar la máquina serán personas con baja preparación académica, por esta razón es de suma importancia que la máquina sea fácil de manejar.

2.3.2.4 Velocidad de clasificación

El tiempo de operación será tomado desde el momento en que se coloca la fruta en la tolva de alimentación hasta que el fruto llegue a las gavetas respectivas, esto deberá cumplirse en el menos tiempo posible.

2.3.2.5 Costo

El costo final de la máquina deberá ser accesible para los pequeños productores de tomates de árbol. El costo cubrirá los gastos de los materiales, elementos utilizados en el diseño y por supuesto la mano de obra.

2.3.2.6 Mantenimiento

La máquina se construirá con elementos de fácil accesibilidad en el mercado local. De esto depende la optimización del equipo, ahorro económico, utilización de personal no especializado y sobre todo la durabilidad, ya que la máquina va a estar ubicada en el campo donde no existe un rápido acceso de repuestos y personal técnico.

2.3.2.7 Tipo de fuente de energía

La máquina será adaptable a la fuente de energía eléctrica que se encuentra disponible en los campos de cultivos de tomates de árbol. La máquina se construirá para que funcione con motores monofásicos a 110 voltios.

2.4 Diseño de la alternativa seleccionada

Para poder diseñar la máquina se planteará una idea clara de cada elemento que va a componer la máquina, para lo cual se determinará todos los componentes de la máquina a diseñar.

2.4.1 Diseño mecánico

Para el diseño mecánico se determinará una serie de requerimientos ergonómicos de las personas que van a operar y las magnitudes físicas de la fruta que se va a clasificar.

2.4.2 Diseño eléctrico

Para el funcionamiento de la máquina será necesario utilizar un motor, este motor será el encargado de darle movilidad a la máquina para que pueda efectuar el trabajo. Para la selección del motor se calculará la potencia de todas las cargas que existen en la máquina, la potencia del motor será el inmediato superior que existe en el mercado local.

La parte electrónica de la máquina efectuará el control del conteo de la producción de tomates de árbol, para esto se diseñará un sistema contador semiautomático.

2.5 Adquisición de datos del tomate de árbol

2.5.1 Dimensiones del tomate de árbol

Se tomarán las dimensiones del diámetro menor en milímetros, para esto se utilizará el calibrador pie de rey con una precisión de 0,05 mm.

2.5.2 Masa del tomate de árbol

La masa de la fruta se determinará utilizando una balanza electrónica marca Camry, con capacidad para 5000 g, con una precisión de 1 g por lectura directa.

2.6 Construcción

Para poder construir la máquina se realizarán los planos mecánicos y los planos eléctricos. Seguidamente, se procederá a las simulaciones de los diseños. La simulación nos permitirá observar los errores y se podrá corregir antes de la construcción lo cual es una gran ventaja para ahorrar tiempo y dinero.

Con los planos correctos se procederá a la construcción de la parte mecánica. Culminada la parte mecánica se diseñarán los planos eléctricos, en esta etapa hay que tener en cuenta los espacios que existe en la máquina, de este modo poder ensamblar los componentes electrónicos sin ningún tipo de complejidad.

2.7 Protocolo de pruebas

Con el protocolo de pruebas, se podrá comprobar el correcto funcionamiento de la máquina clasificadora. En caso de fallo, se hará un rediseño y comprobar el funcionamiento apropiado.

2.7.1 Función de la máquina

El funcionamiento será correcto si la máquina clasifica en tres diferentes tamaños a los tomates de árbol. El funcionamiento no será apropiado si la máquina clasifica una cantidad diferente a 3 tamaños de tomates o no clasifica los tomates.

2.7.2 Capacidad de la tolva de alimentación

Es correcto si en la tolva se puede alimentar 35 kg de tomates sin inconveniente. Sería incorrecto si en la tolva no es posible la colocación de 35 kg de tomates.

2.7.3 Capacidad de la máquina

Funcionamiento visual en una hora de funcionamiento de la máquina. Es satisfactorio si la máquina clasifica 300 kg/h de tomates de árbol sin ningún inconveniente. No es satisfactorio si la capacidad de clasificación es menor a los 300 kg/h.

2.7.4 Peso

La máquina será satisfactoria si el peso no sobrepase de los 150 kg. Será insatisfactoria si la máquina pesa más de los 150 kg.

2.7.5 Materiales

Inspección visual de las superficies donde existan contactos directos con la materia prima. Es satisfactorio si los acabados y los materiales utilizados son los adecuados. No es correcto si los materiales no son los adecuados.

2.7.6 Instalación eléctrica del motor

Es correcto si la instalación eléctrica del motor es la adecuada, el motor debe estar protegido para evitar recalentamiento y daño. Si la instalación eléctrica del motor es incorrecta no es satisfactorio.

En la tabla 3 se muestra el protocolo de pruebas que se utilizará en las pruebas y validación de la máquina, esto ayudará a comprobar en correcto funcionamiento de todos los sistemas que abarca la máquina clasificadora de tomates de árbol.

Tabla 3: Formato de protocolo de pruebas.

Realizada por:			
Nombre del equipo:			
ITEMS	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO	RECOMENDACIONES
FUNCIÓN			
Clasificación en 3 tamaños diferentes			
Capacidad de la tolva			
CAPACIDAD			
Clasifica 300 kg/h			
PESO			
150 kg			
MATERIALES			
Materiales y acabados			
INSTALACIÓN ELÉCTRICA			

Conexiones del motor			
----------------------	--	--	--

2.8 Manual de usuario

Se establecerá un manual de usuario para el uso correcto de la máquina clasificadora, esto contendrá los diferentes mandos que contiene la máquina. Este manual facilitará el manejo de la máquina, el operador comprenderá fácilmente el correcto funcionamiento de la máquina para que el trabajo resulte segura y eficaz.

CAPÍTULO III

3 DISEÑO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATES DE ÁRBOL

3.1 Estudio de campo

Para la obtención de datos se realizó una entrevista a dos productores de tomates de árbol, con la información se determinó las especificaciones técnicas de la máquina. Los resultados se presentan a continuación:

3.1.1 Entrevista al cultivador 1

- **Nombre del entrevistado:** Sr. José Jeres.
- **Ubicación de la propiedad:** Comunidad San Luis de Agualongo.
- **Producción de tomates de árbol:** 200 Quintal/mensual.
- **Tomate cultivado:** Tomate de árbol amarillo común.
- **Tipo de clasificación del tomate:** Se clasifica por tamaño: primera, segunda y tercera.
- **Clasificación del tomate de árbol actual:** Manual.
- **Frecuencia de clasificado del tomate de árbol:** 1 vez al mes.
- **Tiempo y personal invertido en clasificar el tomate:** Se trabaja con 10 personas durante 6 horas.
- **Recolección de tomates de árbol clasificados:** Gavetas de plástico de 20 kg de fruto.
- **Capacidad de post cosecha:** 10 gavetas por hora (200 kg/h).
- **Opinión del usuario con respecto a la máquina propuesta:** La máquina debe clasificar por tamaño con rapidez, no debe maltratar al fruto al momento de depositar en las gavetas.

3.1.2 Entrevista al cultivador 2

- **Nombre del entrevistado:** Sr. Rubén Paredes.
- **Ubicación de la propiedad:** Comunidad San Luis de Agualongo.
- **Producción de tomates de árbol:** 20 Quintal/semana.
- **Tomate cultivado:** Tomate de árbol amarillo común.
- **Tipo de clasificación del tomate:** Se clasifica por tamaño: primera, segunda y tercera.
- **Clasificación del tomate de árbol actual:** Manual.
- **Frecuencia de clasificado del tomate de árbol:** 1 vez a la semana.
- **Tiempo y personal invertido en clasificar el tomate:** Se trabaja con 8 personas durante 5 horas.
- **Recolección de tomates de árbol clasificados:** Gavetas de plástico de 20 kg de fruto.
- **Capacidad de post cosecha:** 8 gavetas por hora (160 kg/h).

- **Opinión del usuario con respecto a la máquina propuesta:** El costo de la máquina debe ser bajo, accesible para los pequeños productores. El tamaño de la máquina no debe ser grande para el transporte de la misma no sea complicado en campo. La máquina tenga una capacidad de 1 ton/h.

Utilizando la información recogida, se puede concluir que la velocidad de postcosecha que tienen los productores es de 180 kg/h en promedio.

3.2 Requerimiento de la máquina

La máquina debe presentar baja complejidad de operación, la alimentación a la tolva será manual, la clasificación será automática, el desalajo de la fruta clasificado será semiautomática que cuenta con un sistema de conteo automático de las gavetas.

Adicional a esto se requiere que la máquina sea de bajo peso, los repuestos deben ser de fácil accesibilidad para evitar paradas por fallas, debe presentar baja complejidad de en la operación y por último debe ser una máquina confiable con alta durabilidad. En la tabla 4 se puede observar las conclusiones que se obtuvo de las dos encuestas realizadas a los productores de tomates de árbol.

Tabla 4: Tabla de conclusiones obtenidas de las encuestas.

Requerimientos	Conclusiones
Fácil manejo	La máquina debe presentar baja complejidad de operación
Tiempo de clasificación corto	La máquina debe efectuar la clasificación de 300 kg de fruta en una hora
Liviana	La máquina debe ser la más liviana posible para que el traslado de la misma no sea un problema
Mantenimiento	Los repuestos deben ser de fácil accesibilidad, necesariamente deben existir en los mercados locales
Manejo del producto	La máquina debe efectuar la clasificación de la fruta eficazmente, sin provocar daños físicos a la fruta
Capacidad	La máquina tendrá la capacidad de cargar 35 kg cada 5 minutos, de esta forma cumplirá la clasificación de los 300 kg en una hora

3.3 Estudio de las alternativas

3.3.1 Seleccionador de tomates de árbol con redes neuronales

Ventajas: tiene una capacidad para clasificar grandes cantidades de tomates (13,5 ton/h), la alimentación es continua, clasifica el tomate por color y tamaño, dispone de tramos motrices con variador de velocidades y dispone de un ordenador para programar el software.

Desventajas: costo de fabricaciones elevadas, el diseño es complejo ya que involucra conocimientos de electrónica avanzada, varios elementos son de difícil adquisición en el mercado nacional, el usuario debe ser capacitado para operar el ordenador de la máquina, el mantenimiento se realiza por personal especializado, la máquina tiene dimensiones excesivas. Esta máquina es diseñada para producciones grandes de frutas o verduras.

3.3.2 Clasificadora de tomates de árbol por su peso

Ventajas: dispone de alimentación continua, precisión en el clasificado de acuerdo con la masa, la máquina es de fácil operación, existe un mínimo maltrato al tomate.

Desventajas: es sensible y puede existir des calibraciones de las balanzas, no es recomendado el uso de esta máquina en campo abierto por la vulnerabilidad de sus componentes de medición, el costo de fabricación es elevado, la calibración de la máquina se realiza en lugares especializados.

3.3.3 Clasificadora de tomates de árbol por tambor giratorio

Ventajas: fácil manejo de la máquina ocupa un espacio reducido, elementos y materiales disponibles en el mercado nacional, simplicidad de tecnología, sistema de graduación manual de las ranuras de clasificación, la máquina se puede transportar a diferentes lugares, bajo costo de fabricación, fácil mantenimiento.

Desventajas: capacidad baja de clasificación, la alimentación no es continua, puede existir atascamiento entre el tambor giratorio y las ranuras de clasificación por la materia prima, el material con que es diseñado no es adecuado para manejar alimentos.

3.3.4 Clasificadora de tomates de árbol mecánica con rodillos

Ventajas: facilidad de operación del equipo, alimentación continúa, ocupa un espacio reducido, los elementos y materiales necesarios para la construcción se puede encontrar en el mercado nacional, fácil mantenimiento y limpieza de los componentes, permite el uso de esta máquina en el lugar de la cosecha, suave manejo del producto.

Desventajas: inconveniencia en cambio de los tamaños del producto a clasificar como de los rodillos, contiene numerosos elementos mecánicos para su construcción, el montaje es complejo ya que requiere de sistemas adicionales para la entrada y desalojo del tomate.

3.3.5 Evaluación de las diferentes alternativas

Para la evaluación de las alternativas se consideró los siguientes criterios de valoración:

- Tiempo de proceso de clasificación
- Costo
- Facilidad de operación
- Bajo peso
- Seguridad
- Facilidad de mantenimiento

En la tabla 5 se puede observar todos los resultados de la evaluación.

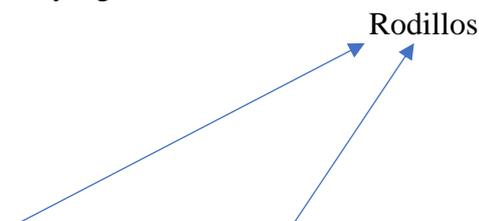
Tabla 5: Evaluación de las alternativas frente a los requerimientos.

CRITERIOS	tiempo de proceso de clasificación	costo	facilidad de operación	bajo peso	seguridad	facilidad de mantenimiento	TOTAL	PRIORIDAD
ALTERNATIVA A	1	0	0	0	1	0	2	IV
ALTERNATIVA B	0	1	1	1	0	1	4	II
ALTERNATIVA C	0	0,5	0	0,5	1	0,5	2,5	III
ALTERNATIVA D	1	1	1	1	1	1	6	I

De acuerdo con la ponderación realizada se llega a la conclusión de que la mejor alternativa es la D, de acuerdo con los resultados de la tabla 3 con una puntuación de 6. Esta alternativa es la que mejor se adapta a las necesidades de los productores de tomates de árbol.

3.4 Diseño de la alternativa seleccionada

Como primer paso en el diseño es necesario tener una idea clara de cada elemento que va a disponer la máquina para lo cual se realiza una descripción general de los componentes de la máquina a diseñar; esto se puede observar en la figura 9 y figura 10.



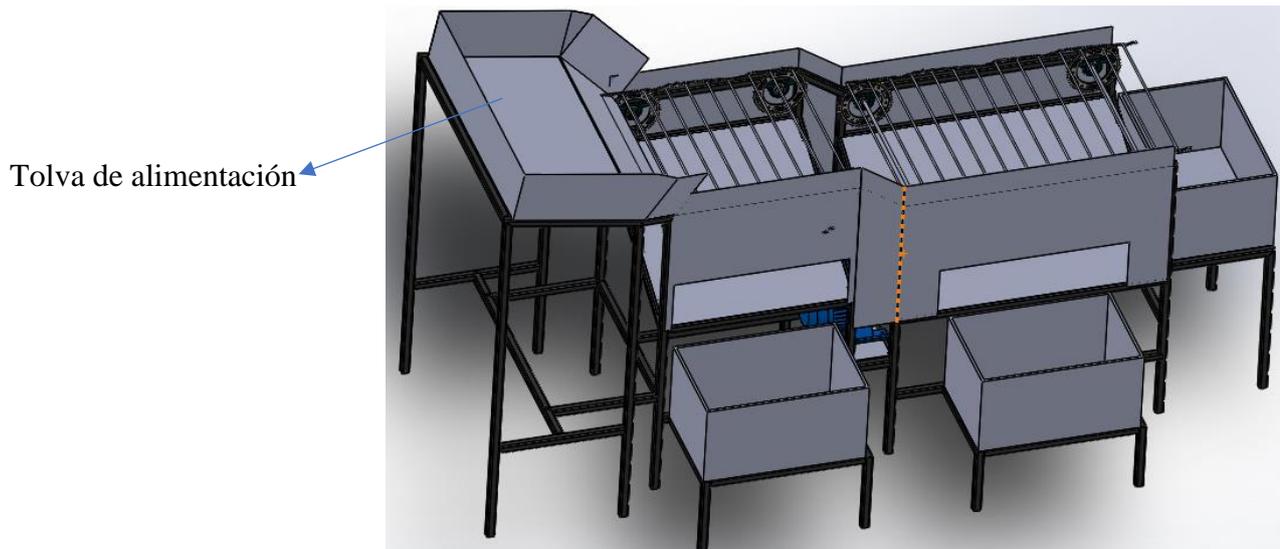


Figura 9. Diseño de la alternativa seleccionada, vista superior,

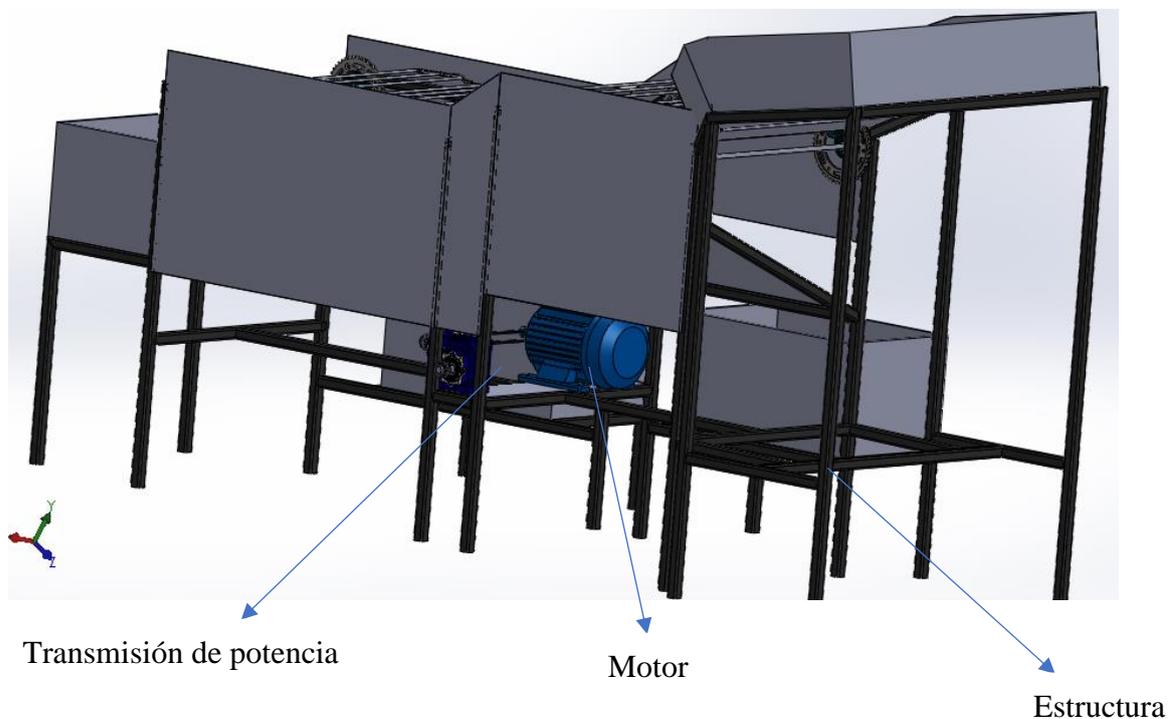


Figura 10. Diseño de la alternativa seleccionada, vista lateral.

3.4.1 Descripción general de los componentes de la máquina

3.4.1.1 Estructura

Encargado de soportar y apoyar todos los elementos de la máquina. La estructura también se adaptará a la ergonomía de una persona con antropometría promedio.

3.4.1.2 Sistema de transmisión de potencia

Se encarga de transmitir la potencia desde el motor a las catalinas que movilizaran las cadenas y a los rodillos. En esta etapa se diseñará un sistema para reducir las revoluciones del motor a las revoluciones requeridas para que la clasificación se efectúe correctamente.

3.4.1.3 Rodillos

Encargados de transportar el tomate y distribuirlo en las bandejas de despacho de acuerdo al tamaño requerido.

3.4.1.4 Motor

Cumplirá la función de transformar la energía eléctrica a energía mecánica, esto dará la movilidad y el funcionamiento de la máquina.

3.4.1.5 Tolva de alimentación

Cumple con la función de contener la materia prima provenientes directamente de la cosecha para posteriormente canalizarlo al proceso del clasificado.

3.4.1.6 Diseño electrónico

En la parte del diseño electrónico se refiere al control y contabilizador automático del flujo de salida del producto ya clasificado. Para esto se requiere determinar el volumen que ocupa una gaveta llena de tomates de árbol; con dicho dato se procede a construir un circuito, el cual permita controlar la puerta de la charola. Esta puerta se cierra cuando la gaveta está llena y se abre cuando se cambia la gaveta por una vacía, el mismo circuito cumplirá la función de contabilizar la cantidad de gavetas que se va cambiando permitiendo al operador conocer el número de gavetas que se está clasificando.

3.5 Diseño y dimensionamiento de la capacidad de la tolva de alimentación

Cada 5 minutos se deben cargar 30 kg de tomate en la tolva, para cumplir la capacidad de la máquina establecida en el alcance. En la tabla 6 se muestra la cantidad de tomates de cada grupo que equivale a los 30 kg.

En la figura 11 se presenta las dimensiones que debe tener la tolva de distribución para cubrir la capacidad de tomate de árbol.

Tabla 6: Volumen ocupado con las diferentes clases de tomates.

CLASE	NÚMERO DE TOMATES [u]	DIÁMETRO MENOR PROMEDIO [m]	VOLUMEN PROMEDIO c/u [m ³]	VOLUMEN TOTAL [m ³]
Primera	250	0,0045	0,0002	0,05
Segunda	334	0,0053	0,00012	0,04008

Tercera	429	0,006	0,000085	0,0365
----------------	-----	-------	----------	--------

En el caso crítico se tiene que los tomates alcanzan un volumen de $0,05 \text{ m}^3$.

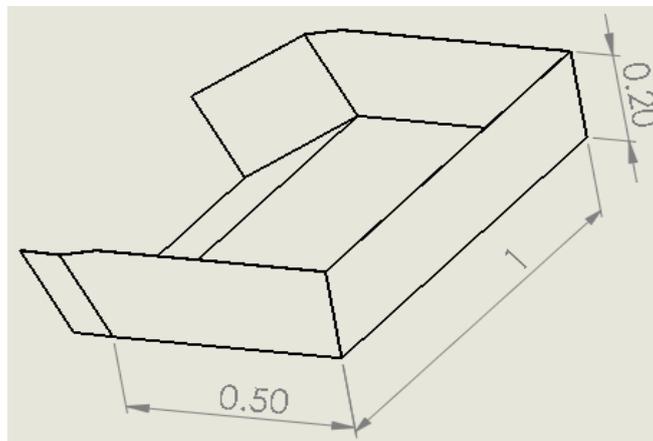


Figura 11. Modelo y dimensiones de la tolva de alimentación.

Con la ecuación 1 se calculó el volumen del prisma rectangular mostrado en la figura 11, el resultado determina la capacidad máxima de la tolva de alimentación.

$$V = a \cdot b \cdot h$$

Volumen de un prisma rectangular.

Ecuación 1

Donde:

a = ancho

b = largo

h = altura

Con las medidas establecidas, se tiene una capacidad de $0,1 \text{ m}^3$.

La tolva de alimentación diseñada carga un poco más de la cantidad establecida inicialmente.

En el anexo 6 se detallan todas las medidas de las chapas metálicas que existen en la empresa DIPAC. Se escoge la chapa metálica ASTM A36.

Para determinar el espesor de la placa se utilizará la ecuación 2.

$$h = \varphi \cdot a \sqrt{\frac{p}{\sigma_{adm}}}$$

Cálculo del espesor de una placa rectangular empotrada (Alcalde Cajamarca, 2013).

Ecuación 2

Donde:

h = Espesor de la placa

p = Peso de los tomates de árbol

σ_{adm} = Esfuerzo admisible

φ = Coeficiente numérico para el cálculo del espesor necesario de una placa, este se podrá determinar en la figura 12.

El coeficiente numérico φ depende de la relación de las dimensiones de la placa, este está determinada por la ecuación 3.

$$\lambda = b/a$$

Relación de las dimensiones de la placa (Alcalde Cajamarca, 2013).

Ecuación 3

Donde:

b = el lado mayor de la placa.

a = el lado menor de la placa.

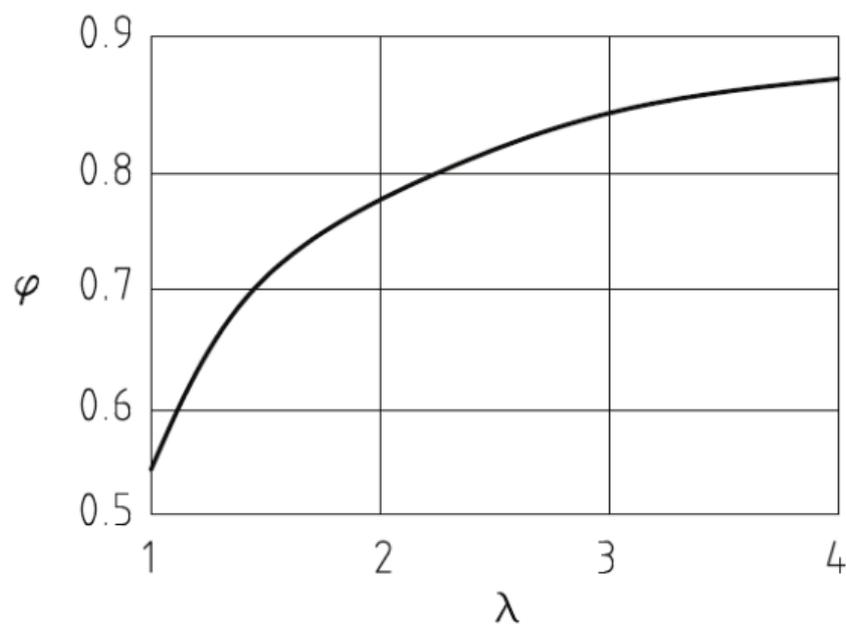


Figura 12. Coeficiente ϕ para el cálculo del espesor necesario de una placa (*Alcalde Cajamarca, 2013*).

Datos:

$a = 500 \text{ mm}$ y $b = 1000 \text{ mm}$

Utilizando la figura 12 se determina $\phi = 0,775$.

$\sigma_{adm} = 170 \text{ MPa}$; para determinar este valor se tomó los valores de $S_y=340 \text{ MPa}$, tomado del anexo 6 y un factor de seguridad para carga estática de $N=2$ (Mott, 2009, pág. 119).

$P = 588 \text{ N/m}^2$; fuerza distribuida de los 30 kg de tomates de árbol.

Utilizando la ecuación 2 se calcula el espesor de la chapa metálica.

$h = 0,72 \text{ mm}$

Se escoge la chapa metálica ASTM A36 de 1 mm de espesor.

3.6 Sistema de clasificación de la materia prima

3.6.1 Cadenas de transmisión de potencia

La máquina clasificadora de tomates se diseñará pensando en su facilidad de mantenimiento, para esto es necesario que todos los elementos sean accesibles en las tiendas locales. La cadena que se utiliza para la máquina es la cadena de rodillos para motocicletas 428H, esta cadena existe en las tiendas locales, son económicas, fáciles de desensamblarlas y ensamblarlas.

3.6.2 Rodillos de la banda transportadora

Para diseñar los rodillos de la banda transportadora, se parte del diámetro del pasador de la cadena. En el anexo 4 se puede determinar el diámetro del pasador igual a 4,45 mm.

El diámetro de la varilla se selecciona el inmediato superior del diámetro del pasador de la cadena como se puede observar en el anexo 2, se escoge la varilla de $\frac{1}{4}$ " de esta forma, se podrán toronar los extremos y ensamblar en las cadenas, como se indica en la figura 13.

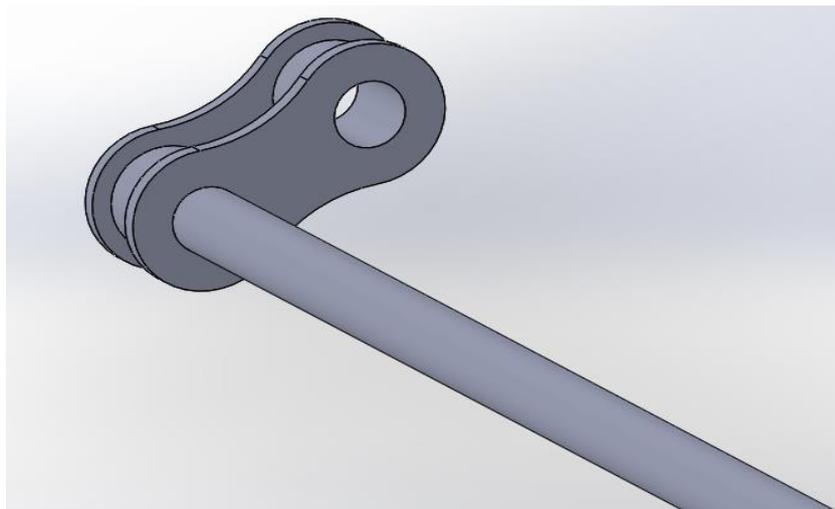


Figura 13. Ensamble del rodillo en las cadenas.

3.6.3 Factor de seguridad del rodillo

Se considera un caso extremo donde cada rodillo soporte el peso de 6 tomates de primera clase con una masa de 200 g cada uno.

$Q = 0,0168 \text{ N/mm}$; carga distribuida de los tomates de árbol a lo largo del rodillo de 700 mm de longitud.

$P_r = 0,0032 \text{ N/mm}$; peso distribuido de la varilla.

Para el diseño del eje se determina la carga distribuida total:

$P = 0,02 \text{ N/mm}$; suma de cargas de los tomates y de la varilla.

La figura 14 muestra el diagrama de cuerpo libre del rodillo.

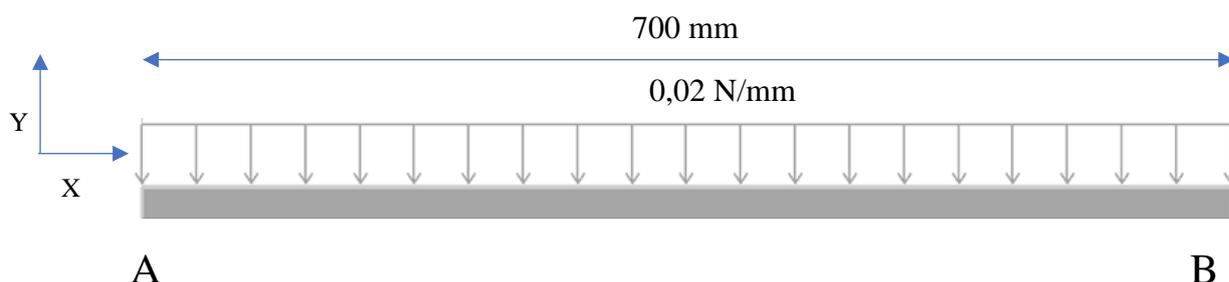


Figura 14. Diagrama de cuerpo libre del rodillo.

3.6.3.1 Cálculo de las reacciones

En la figura 15 se indica el diagrama de fuerza cortante que se obtiene del rodillo en el caso extremo.

7 N.

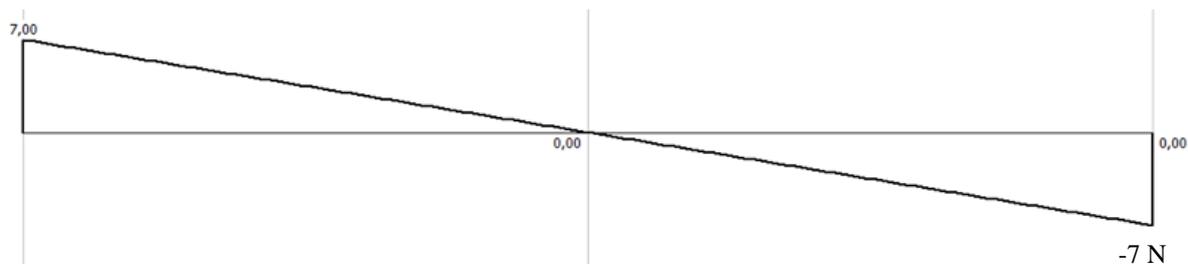


Figura 15. Diagrama de fuerza cortante del rodillo [N].

$$R_{Ay} = 7 \text{ N}$$

$$R_{By} = 7 \text{ N}$$

En la figura 16 se indica el diagrama de momento flector que se obtiene del rodillo. El momento máximo es de 1225 N·mm, con el cual la sección y punto crítico se encuentra en el centro del rodillo por momentos de flexión máximo.

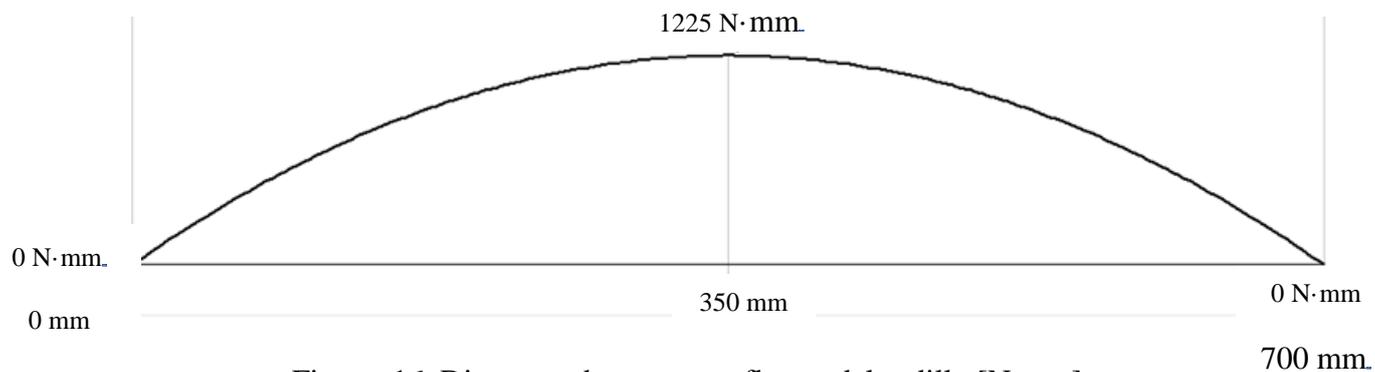


Figura 16. Diagrama de momento flector del rodillo [N·mm].

Con la ecuación 4 se puede determinar los esfuerzos en el punto crítico.

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi d^3}$$

Cálculo del esfuerzo normal debido a flexión en una sección sólida circular (*Budynas & Keith Nisbett, 2008*).

Ecuación 4

Donde:

σ_x = esfuerzo en el punto crítico.

M = momento flexionante.

d = diámetro de la varilla.

Datos:

$d = 0,00777$ m, este valor se puede determinar en el anexo 2.

$$M = 1225 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\sigma_x = 26,6 \text{ MPa}$$

Se determina la resistencia en la sección crítica:

La resistencia mínima se puede determinar en el anexo 2, $S_y = 220 \text{ N/mm}^2 = 220 \text{ MPa}$.

Para la confiabilidad del diseño se determina el factor de seguridad con la ecuación 5.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_x}$$

Cálculo del factor de seguridad (Budynas & Keith Nisbett, 2008).

Ecuación 5

$$n = 8,27$$

Se concluye que el rodillo con el diámetro elegido no fallará.

3.6.3.2 Deflexión del rodillo

Como se puede observar en el anexo 2, el módulo de elasticidad del acero utilizado para la fabricación del rodillo es $E = 200 \text{ GPa}$.

La inercia se podrá determinar con la ayuda de la ecuación 6.

$$I = \frac{1}{4} \pi r^4$$

Cálculo de la inercia del rodillo (Budynas & Keith Nisbett, 2008).

Ecuación 6

$$I = 1,789 \times 10^{-10} \text{ m}^4.$$

Para calcular la deflexión, se utiliza la ecuación 7.

$$y_{max} = -\frac{5wl^4}{384EI}$$

Deflexión de una viga (Budynas & Keith Nisbett, 2008).

Ecuación 7

con $w = P+Q = 20 \text{ N/m}$ y $l=0,7 \text{ m}$.

$$y_{max} = 1,7 \times 10^{-4} \text{ m}.$$

Para determinar la deflexión permisible se utiliza la ecuación 8.

$$y = \frac{l}{360}$$

Límite de la deflexión (Budynas & Keith Nisbett, 2008).

Ecuación 8

$y = 1,94 \times 10^{-3}$ m; deflexión máxima permisible.

La deflexión del rodillo es menor al valor permisible por lo cual el rodillo no fallará por deflexión.

3.7 Selección de chumaceras

Las chumaceras son rodamientos con soportes que permiten su fijación al bastidor. El eje se introduce en los rodamientos y se fijan a este mediante tornillos prisioneros para evitar que el eje rote o se deslice respecto al rodamiento. La máquina tiene cuatro ejes de 1,5" de diámetro, por lo que se requieren ocho chumaceras.

En el anexo 3 se puede obtener los diferentes diámetros de las chumaceras que existen en las tiendas locales.

3.8 Cálculo de potencia y selección del motor

Para el cálculo de la potencia del motor es necesario tomar en cuenta los elementos que están en contacto con la banda transportadora de rodillos y las poleas.

3.8.1 Cálculo de la inercia para los rodillos que transportan el tomate

En esta parte se calculará la potencia requerida para mover la banda transportadora de rodillos sumado el peso de los tomates de árbol.

Para este cálculo se necesita conocer la masa total de la banda transportadora más los tomates de árbol.

Para calcular la potencia requerida se utiliza la ecuación 9.

$$P = \frac{md}{76t}$$

Potencia para romper la inercia (SlidePlayer, 2014).

Ecuación 9

Donde:

P = potencia requerida

m = masa del cuerpo

d = dimensión

t = tiempo

Datos:

m = masa de los 195 tomates = 20 kg, la masa de los 35 rodillos = 26,85 kg, y la masa de las cadenas de rodillos = 10 kg

$m = 56,85$ kg

$d = 1$ m

$t = 5$ s

$P = 0,15$ hp

Como son dos bandas de rodillos

$P_{\text{banda}} = 0,3$ hp

3.8.2 Cálculo de la potencia para vencer la inercia de las poleas seleccionadas

Una vez que se dispone los diámetros de las poleas como se puede observar en la tabla 7, se procede a calcular la inercia de cada una de ellas.

Tabla 7: Características de las poleas seleccionadas.

Polea	Diámetro (mm)	Masa (Kg)
1	63	0,29
2	150	1,8
3	63	0,29
4	150	1,8

Para calcular la inercia de cada una de las poleas se utiliza la ecuación 10.

$$I = \frac{m \cdot r^2}{2}$$

Inercia de un elemento cilíndrico en movimiento.

Ecuación 10

Datos:

$$m_1 = m_3 = 0,29 \text{ kg}$$

$$m_2 = m_4 = 1,8 \text{ kg}$$

$$r_1 = r_3 = 0,0315 \text{ m}$$

$$r_2 = r_4 = 0,075 \text{ m}$$

$$I_1 = I_3 = 1,44 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_2 = I_4 = 5,06 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Para determinar las velocidades de las poleas se emplea la ecuación 11.

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Relación de transmisión de potencia por poleas (Carrera Montalvo, 2012).

Ecuación 11

Donde:

d_1 = diámetro de la primera polea

d_2 = diámetro de la segunda polea

n_1 = velocidad angular de la primera polea

n_2 = velocidad angular de la segunda polea

Utilizando la ecuación 11, se calcularon las velocidades angulares de cada una de las poleas utilizadas en la máquina clasificadora de tomates de árbol.

La polea 1 gira a 1700 rpm (178 rad/s).

La polea 2 gira a 714 rpm (75 rad/s).

La polea 3 gira a 20 rpm (2 rad/s).

La polea 4 gira a 9 rpm (1 rad/s).

Para determinar el torque se utiliza la ecuación 11.

$$T = I \cdot \omega$$

Cálculo del torque necesario para romper la inercia de una polea. (Maleroju, 2012).

Ecuación 12

Donde:

T= torque necesario para vencer la inercia del cuerpo.

I = inercia del cuerpo.

w = velocidad angular del cuerpo.

$$T_1 = 0,0256 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T_2 = 0,038 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T_3 = 2,88 \times 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T_4 = 5,06 \times 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{m}$$

Para determinar la potencia necesaria para romper la inercia de la polea, se utiliza la ecuación 12.

$$P = T \cdot w$$

Potencia con respecto al torque (Paguadian, 2016).

Ecuación 13

Donde:

$$P_1 = 6 \times 10^{-3} \text{ hp}$$

$$P_2 = 4 \times 10^{-3} \text{ hp}$$

$$P_3 = 8 \times 10^{-7} \text{ hp}$$

$$P_4 = 7 \times 10^{-3} \text{ hp}$$

$$P_{\text{polea}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 0,01 \text{ hp}$$

3.8.3 Selección del motor

La potencia requerida es la suma de todas las potencias de cada elemento que interactúa con el motor.

$$P_{\text{motor}} = P_{\text{banda}} + P_{\text{polea}}$$

$$P_{\text{motor}} = 0,3 \text{ hp} + 0,01 \text{ hp}$$

$$P_{\text{motor}} = 0,31 \text{ hp}$$

Esta potencia se divide por el coeficiente de rendimiento, el cual es de 0,6 (Barreda Trujillo, 2012).

$$P_{\text{motor}} = 0,52 \text{ hp}$$

De acuerdo con la respuesta obtenida se selecciona el motor adecuado. La máquina va a trabajar en el campo, donde se dispone de energía eléctrica monofásica de 110 V. Considerando estos parámetros, se selecciona un motor monofásico de 3/4 hp a 1700 rpm y a 110 Voltios.

3.9 Transmisión de movimiento

3.9.1 Reducción de las revoluciones del motor

El motor seleccionado tiene las revoluciones muy elevadas, razón por la cual se requiere reducir la velocidad. En el mercado local se puede adquirir fácilmente una caja reductora de relación 40 a 1, la cual es perfecta para reducir la velocidad a la que se necesita para efectuar la clasificación. En la figura 17 se muestra la caja reductora que se utilizó en la máquina, misma que reduce la velocidad del motor. La caja reduce la velocidad angular de 1700 rpm a 42,5 rpm. Considerando los diferentes diámetros de las poleas del motor y de la entrada de la caja reductora la velocidad de la salida de la caja reductora es 20 rpm, la cual es la adecuada para el correcto funcionamiento de la máquina.



Figura 17. Reductor de velocidad 40/1 (*Hangzhou, s.f*).

Es posible que la banda tenga una velocidad distinta a la requerida, pero el error será pequeño y se puede corregir aumentando o disminuyendo los diámetros de las poleas que se utilizan para la transmisión de potencia desde el motor hasta las catalinas, que son las encargadas de girar la banda transportadora. En la tabla 8 se puede observar las características del reductor de velocidad que se utilizó en la construcción de la máquina.

Tabla 8: Características del reductor de velocidad (*Hangzhou, s.f*).

Tipo:	Nrv serie doble etapa de gusano reductor de velocidad
Modelo:	NRV063
Otros:	NRV030, 040,050,063,075,110,130,150
Color:	Azul/astilla o petición del cliente
Material:	HT250
Ratio:	1/7, 5,1/10,1/15,1/20,1/15,1/30,1/40,1/50,1/60,1/80,1/ 100
Energía de entrada:	0,1-25,8 kW
Par de salida:	13-1150 N·m
Velocidad de salida:	14-187,6 rpm
Rodamiento:	C & U rodamiento, NSK, SKF o en la petición del cliente
Sello:	SKF, CTY, cfwO en la petición del cliente
Lubricante:	Sintético y mineral
Garantía:	1 año

3.9.2 Velocidad requerida en la banda

Las catalinas deben tener las revoluciones necesarias para efectuar la clasificación de 30 kg de tomates de árbol en 5 minutos; para determinar la velocidad de traslación correcta se tomarán en cuenta los siguientes factores:

- En casos muy críticos, en los que los tomates no circulen muy rápido, se considera que cada par de rodillos solo traslada 5 tomates.
- En los 30 kg de tomates de árbol hay aproximadamente 338 tomates.
- En la primera etapa, que es la más corta, existen 15 pares de rodillos, lo que significa que la banda transportará 75 tomates.

Tomando en cuenta estos parámetros se determina la revolución requerida de las catalinas. Para cumplir con estos requerimientos la catalina debe tener una velocidad angular de 20 rpm.

Seguidamente se procede a calcular la velocidad de traslación de la banda transportadora, para lo cual se utiliza la ecuación 14.

$$V = w \cdot r$$

Velocidad de traslación producida por la catalina (Caiza, 2017).

Ecuación 14

Datos:

$$w = 2 \text{ rad/s}$$

$$r = 0,1 \text{ m}$$

$$V = 0,2 \text{ m/s}$$

Considerando estos parámetros se calcula que la banda transportadora dará cinco revoluciones en un minuto. Esta velocidad es perfecta para efectuar la clasificación correctamente.

3.10 Despacho de la materia prima

Después de la clasificación, la máquina procederá a efectuar la siguiente etapa, que es el desalojo de la fruta clasificada. La máquina contendrá unas bandejas inclinadas debajo de las bandas transportadoras de rodillos, las cuales recibirán las frutas y trasladará directamente a sus respectivas gavetas.

Para la construcción de las bandejas se utilizan las planchas de acero negro ASTM A36, misma que fue utilizada para la construcción de la tolva de alimentación donde la máquina soporta la mayor carga de la fruta, por esto se concluye que la plancha resistirá satisfactoriamente para el desalojo de la fruta clasificada.

3.11 Estructura

3.11.1 Dimensionamiento de la máquina

3.11.1.1 Altura

Para determinar la altura de la estructura se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

- La ergonomía de una persona de altura promedio (1,6 m).
- La máquina debe tener la suficiente altura, tal que, después de todo el proceso de la clasificación quede suficiente altura para insertar las gavetas respectivas.

Considerando estos requerimientos, se determina que la altura debe ser de 1,7 m. Si la máquina resulta demasiado alta, la solución sería tan sencilla como colocar una grada para que el operador aumente su altura.

3.11.1.2 Ancho

El ancho de la máquina se determina considerando la longitud del rodillo, la cual fue calculada anteriormente. Con la longitud determinada de los rodillos, se puede determinar el ancho de la máquina. Para esto es necesario considerar otros elementos como la catalina y los piñones que cumplen la función de transmitir la potencia de una etapa a la otra y de efectuar la circulación de la banda transportadora de rodillos.

La longitud de los rodillos es de 60 cm, y se considera una dimensión de 5 cm para el espacio entre las catalinas y la estructura. Tomando en cuenta estas consideraciones, se determina un ancho de la estructura de 70 cm.

3.11.1.3 Largo

La máquina clasificadora propuesta en este proyecto va a ser portátil, la máquina tendrá que ser lo más liviana y pequeña posible. La máquina se divide en la tolva, la sección 1 y la sección 2 como se puede observar en la figura 18.

Las dimensiones de la tolva de alimentación se determinaron previamente. En la sección 1 serán seleccionados los tomates de clase tercera, ya que son de menor tamaño; seguidamente en la sección 2 se clasificarán los tomates de clase segunda. Para los de la clase primera ya no es necesario clasificarlos ya que todos los tomates que pasen de la segunda sección serán considerados de la primera clase.

En la sección 1 se plantea una dimensión de 70 cm ya que es lo suficiente para cargar los 25 kg de tomates. En comparación con la sección 2, esta es más corta; la razón es porque el tomate de tercera clase se produce muy poco, de los 15 quintales de producción total, un quintal es de tercera clase.

En la sección 2, la dimensión es de 100 cm, en esta sección requiere mayor tiempo de circulación de la fruta. La producción de la clase grande es mayor, de cada 15 quintales, 12

Tolva de alimentación

Sección 1

Sección 2

quintales son de primera clase. Finalmente, de cada 15 quintales, 3 quintales son de segunda clase. Por esta razón, se plantea la longitud de la sección 2 más larga que la de la sección 1.

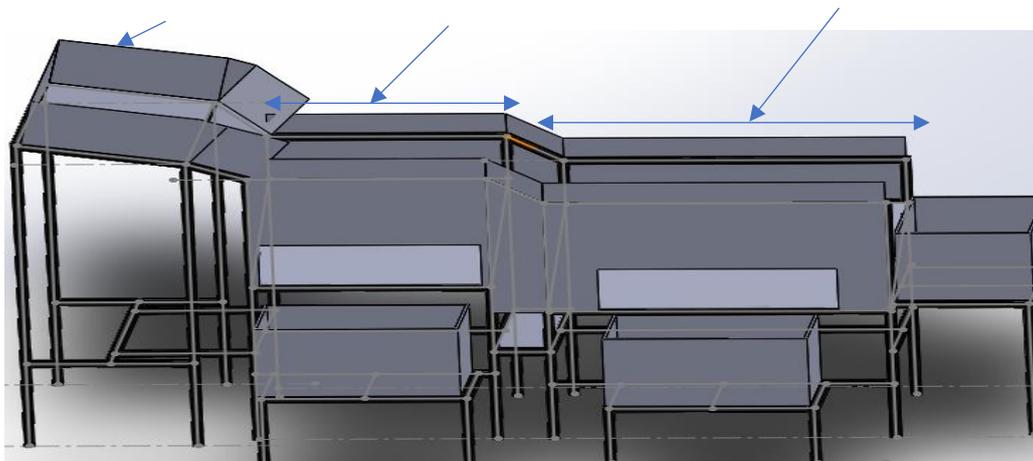


Figura 18. Diseño de la máquina clasificadora de tomates de árbol.

3.11.2 Diseño de la estructura en SolidWorks

Después de determinar las dimensiones de la máquina, se procede a dibujar usando la herramienta de apoyo SolidWorks. La calidad y el espesor del tubo escogido es ASTM A-500 y 2,6 mm respectivamente. En la figura 19 se puede observar el dibujo de la estructura aplicado el tipo de tubo, material y espesor. En el anexo 1 se pueden observar los tipos de tubos que existen en la empresa DIPAC, ventajosamente la empresa cuenta con el tipo de tubo antes mencionado.

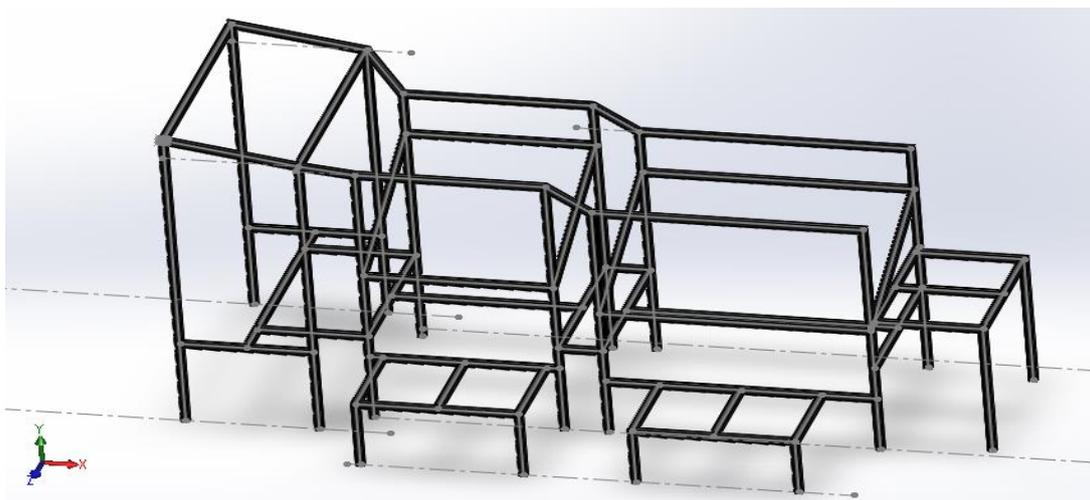


Figura 19. Diseño de la estructura en SolidWorks.

Utilizando las herramientas con las que cuenta el software, se puede simular la estructura planteando el tipo y la dimensión del perfil, como se observa en la figura 20. En la simulación se ha considerado el peso de los elementos que tienen mayor masa, incluyendo la carga extra

cuando un operador aplique accidentalmente su propio peso. También se puede observar las sujeciones de la máquina con el suelo, estas restringen el desplazamiento en el eje Y.

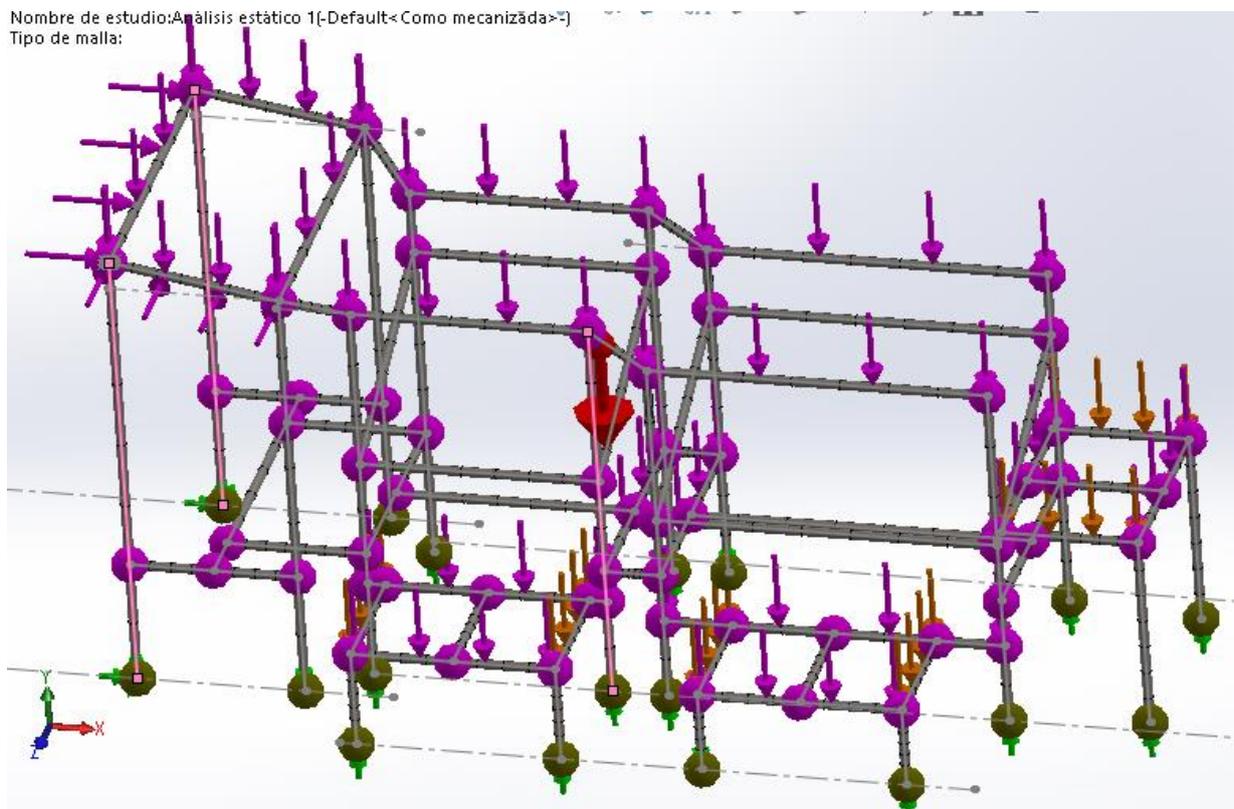


Figura 20. Cargas y apoyos aplicados en la estructura.

Para la simulación de la estructura, se utilizaron los elementos tipo viga. Estos elementos producen una solución exacta para el caso de pequeñas deformaciones, por lo tanto, solo es necesario un elemento finito por cada viga de la estructura y no es necesario hacer un refinamiento de la malla.

En la figura 21 se puede observar la distribución del factor de seguridad que resulta de la simulación. (Mott, 2009, pág. 119) Menciona que el factor de diseño adecuado para esfuerzos normales directos con tipo de carga estático es 2.

En la figura 22 se puede observar la deflexión que existe en la estructura cuando es sometida a todas las cargas con la que funcionará la máquina. La deflexión máxima es de 3,19 mm, la cual no afectará el desempeño de la misma.

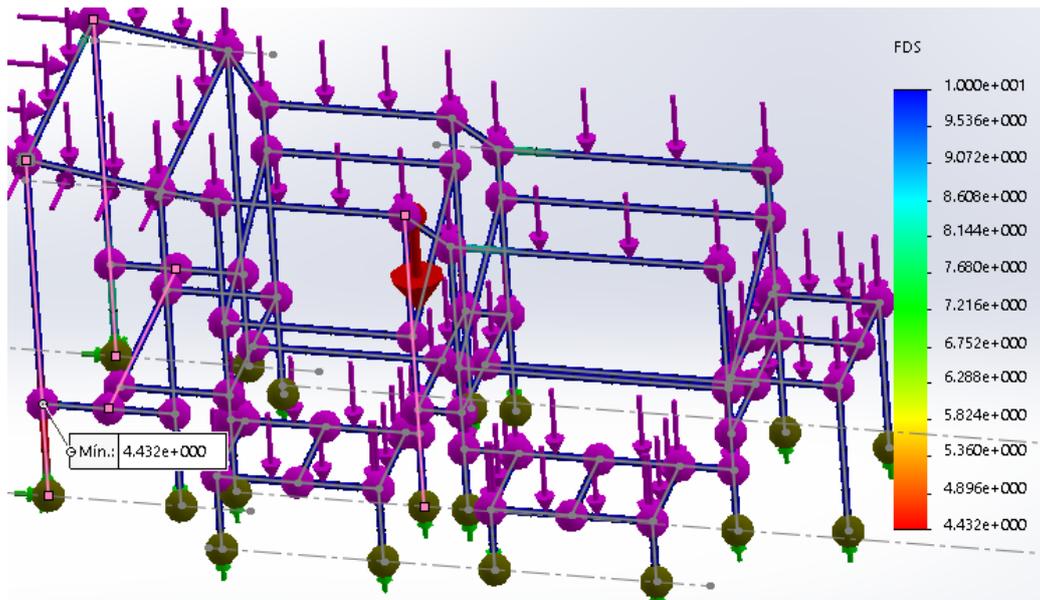


Figura 21. Resultados del factor de seguridad en la simulación.

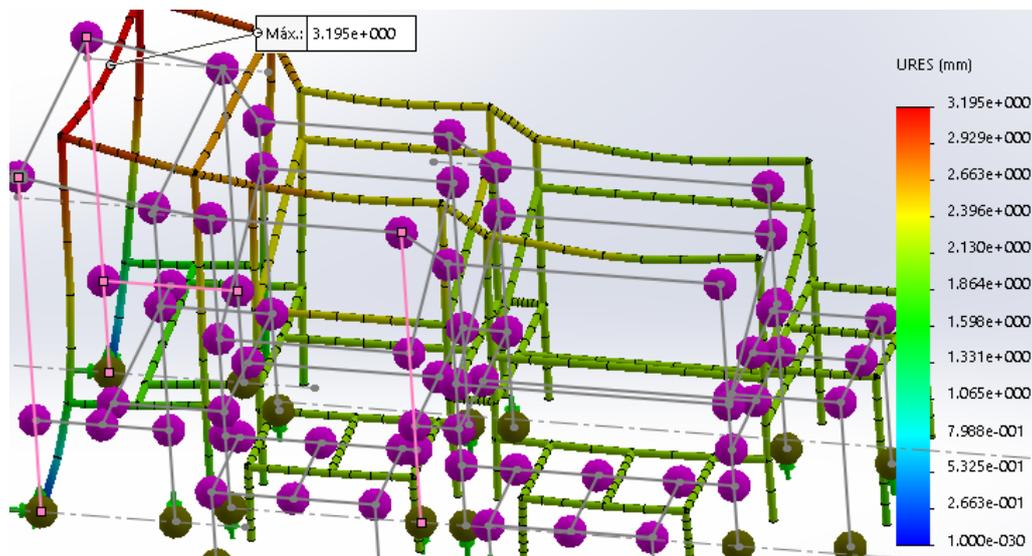


Figura 22. Deflexión de la estructura.

3.12 Diseño electrónico

La máquina clasificadora también contabiliza la producción de los tomates de árbol, para lo cual cuenta con un sistema automático. Para esto se requieren los siguientes elementos:

- Arduino Uno.
- Final de carrera.
- LCD 16x2.

3.12.1 Diseño del sistema de control

En la figura 23 se muestra la simulación del control para el conteo automático de la producción de tomates de árbol, aquí se puede observar las conexiones del microcontrolador Arduino UNO con las LCD y los sensores que actúan en cada etapa de la máquina.

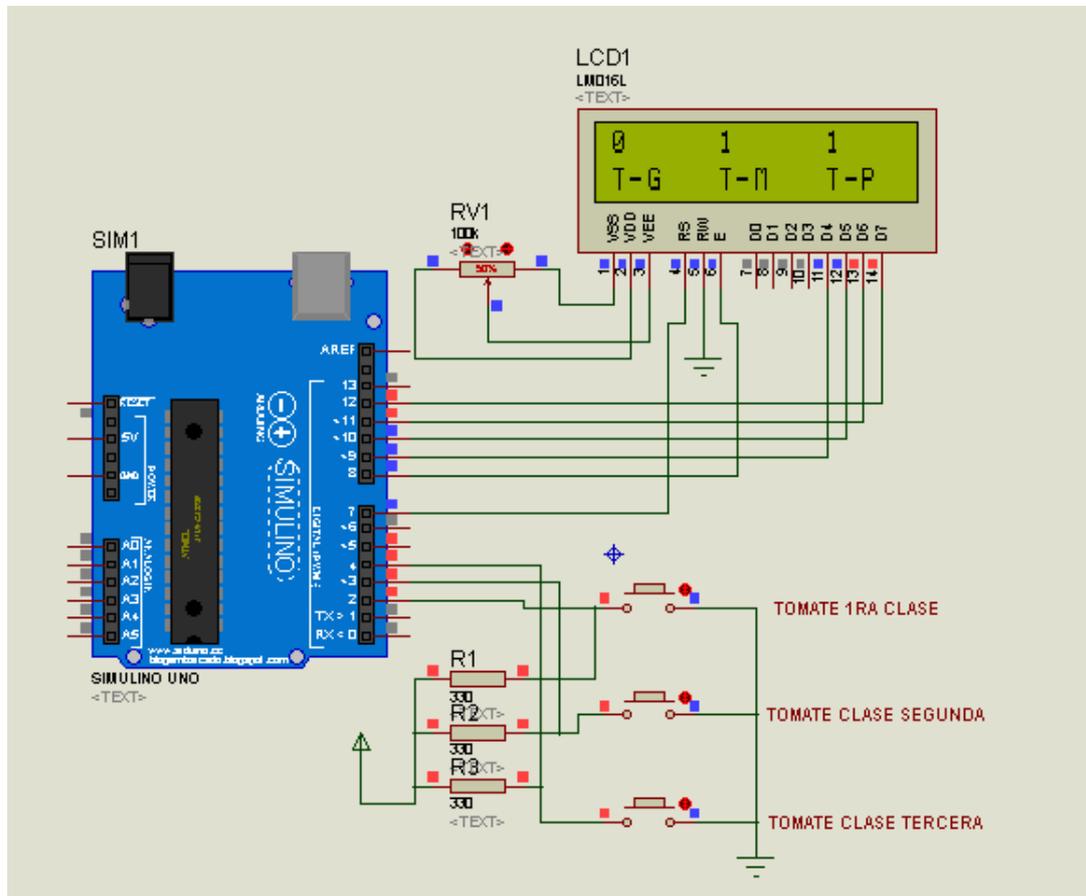
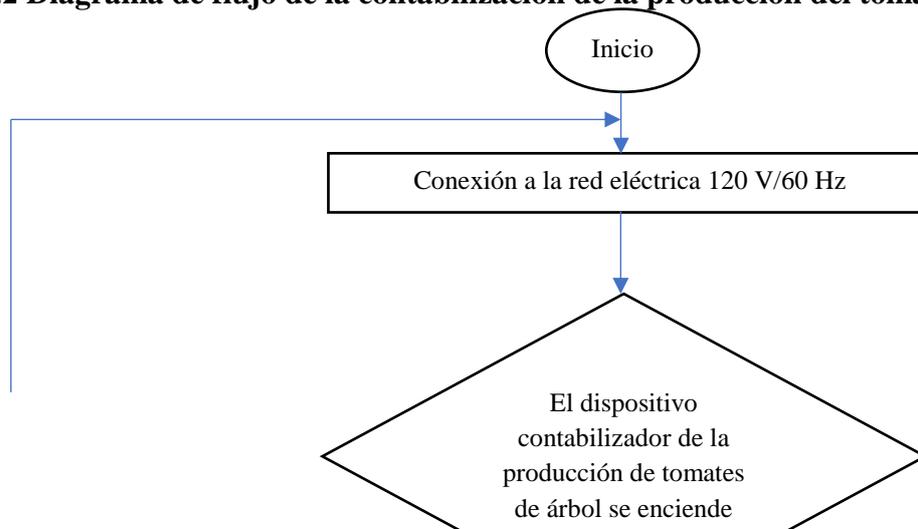
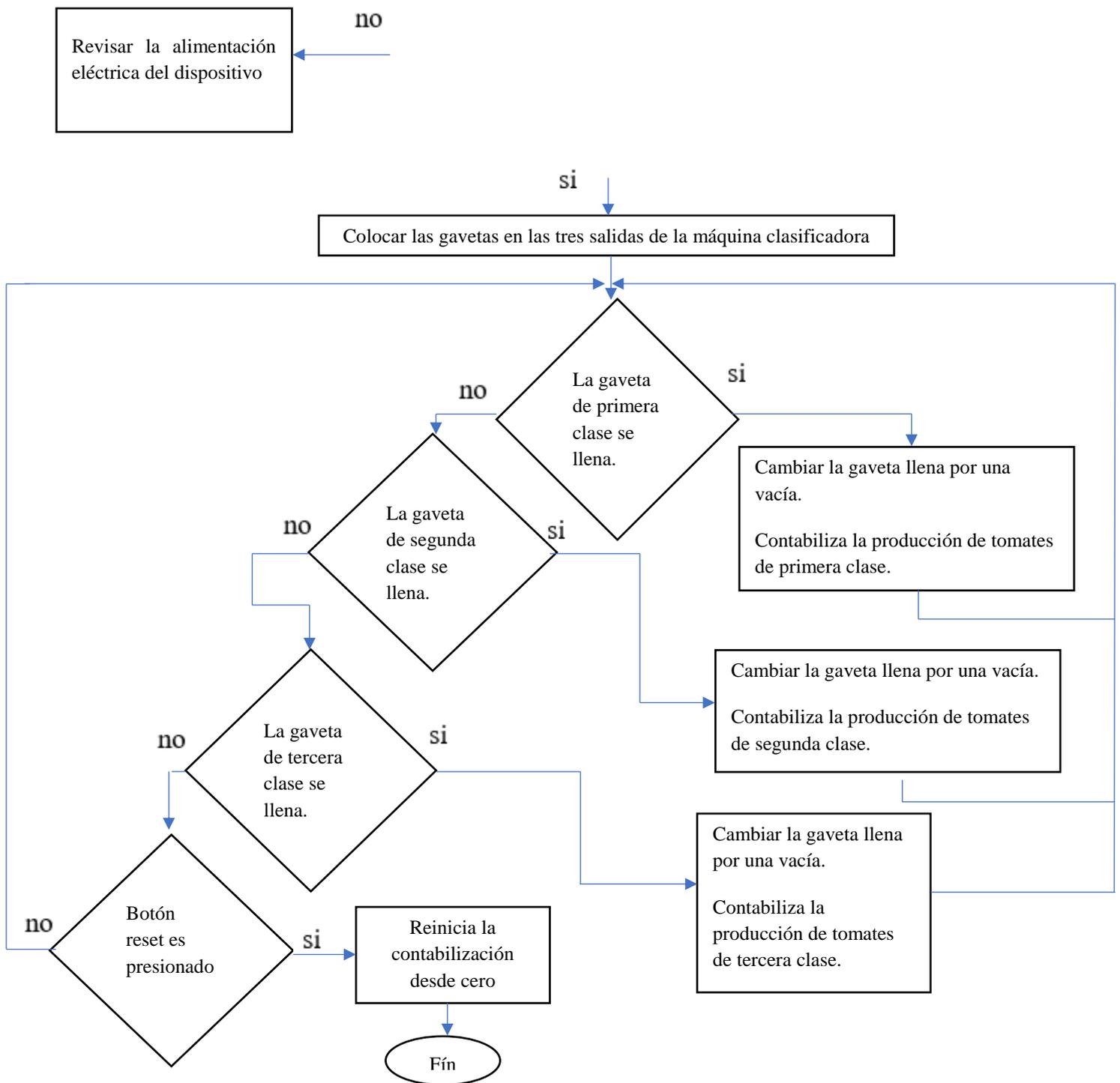


Figura 23. Simulación del circuito eléctrico en Proteus.

3.12.2 Diagrama de flujo de la contabilización de la producción del tomate de árbol





El código del programa que se utilizó para este sistema se puede visualizar en el anexo 9.

3.13 Construcción y pruebas de funcionamiento

Para la construcción de la máquina primeramente se adquirieron los tubos cuadrados en la ferretería DIPAC. Con los tubos disponibles se procede a cortar siguiendo las medidas que se indican en el anexo 11, en la figura 24 se puede observar los tubos cortados a la medida especificada.



Figura 24. Cortes del tubo cuadrado para armar la estructura.



Figura 25. Proceso del armado de la estructura.

En la figura 25 se puede observar culminada la parte de la estructura de la máquina.

En la figura 26 se puede observar cómo quedan ensambladas las chumaceras, las catalinas y las cadenas. En esta etapa es de suma importancia verificar el centrado de las chumaceras y las catalinas, y comprobar su rotación. Si la rotación se efectúa satisfactoriamente sin ningún tipo de dificultad, se puede seguir con la construcción.

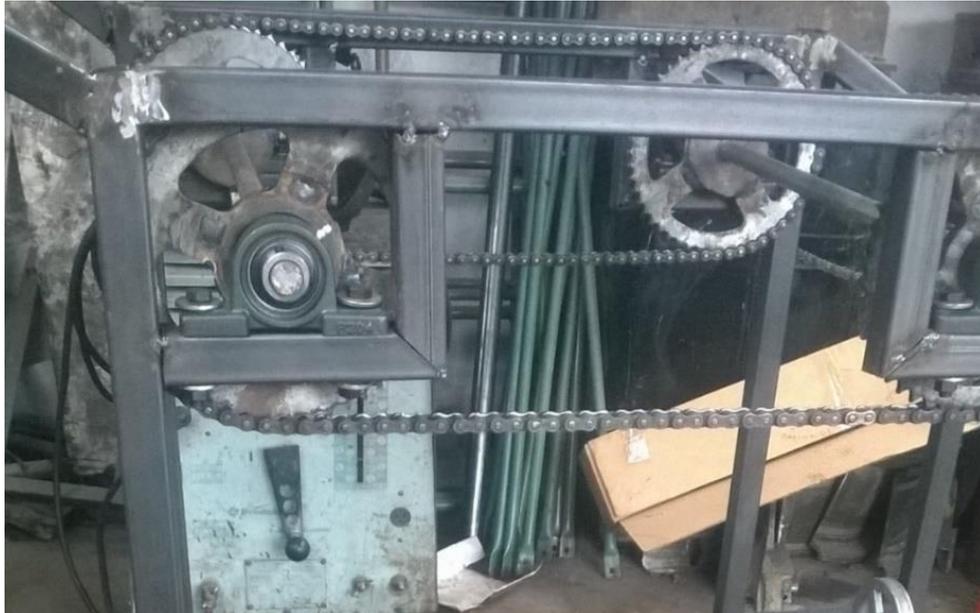


Figura 26. Ubicación de las catalinas y las cadenas para la transmisión de potencia.

Posteriormente, se mide el espacio entre las cadenas y se procede a cortar las varillas, como se puede observar en la figura 27. Se tornean las puntas de las varillas a la medida del diámetro del pasador de la cadena, como se indica en la figura 28; el resultado del torneado se puede ver en la figura 29.

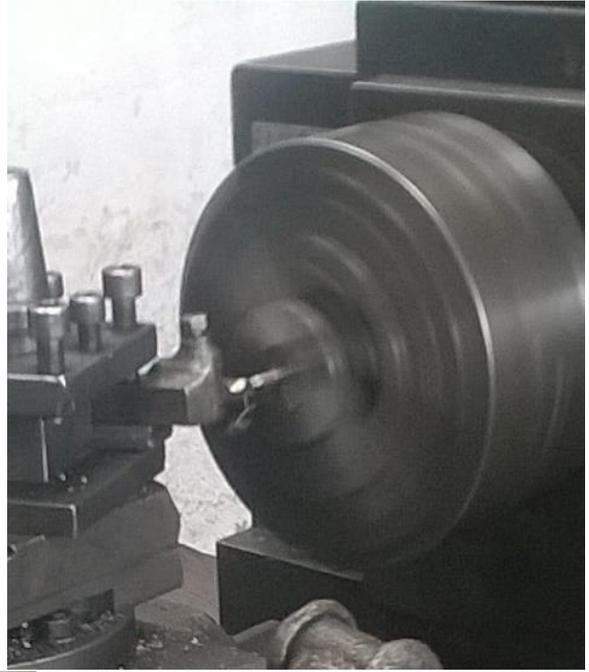


Figura 28. Las varillas cortadas.

Figura 27. Torneado de las puntas de las varillas.



Figura 29. Extremos torneados de las varillas.

Seguidamente, se procede al ensamblaje de las varillas en las cadenas, tomando en cuenta las dimensiones que se requiere; este proceso se puede ver en la figura 30.



Figura 30. Ensamblaje de las varillas en la cadena.

A continuación, sigue el proceso del ensamblaje de la banda de rodillos en las catalinas que están ya ubicadas correctamente en la estructura; este proceso se puede observar en la figura 31.



Figura 31. La banda transportadora implementada en la estructura.

Para darle funcionalidad a la máquina, se procede a colocar el motor, la caja reductora y las diferentes poleas; esto se puede observar en la figura 32.



Figura 32. Sistema de transmisión de potencia.

Ya con la máquina casi terminada, se procede a hacer las primeras pruebas. Se verifica la distancia entre las varillas; este procedimiento es muy importante ya que aquí es donde se puede modificar y determinar la correcta distancia entre las varillas para que la clasificación sea correcta, este proceso se puede observar en la figura 33.



Figura 33. Comprobando las dimensiones entre las varillas.

En esta etapa de la construcción se puede observar el primer problema. No es posible obtener la distancia requerida entre las varillas simplemente reduciendo o aumentando los eslabones de la cadena, razón por la que se planteó soldar otra varilla en paralelo, para así disminuir 7 mm de distancia entre las varillas, como se puede observar en la figura 34.



Figura 34. Reducción de la distancia entre las varillas soldando otra varilla en paralelo.

Culminada la banda transportadora de rodillos, se procede a recubrir la máquina con la chapa metálica, como se indica en la figura 35. Esto se realiza principalmente en las partes que existe movimiento para garantizar la seguridad del operador.



Figura 35. Recubrimiento de la máquina con la chapa metálica.

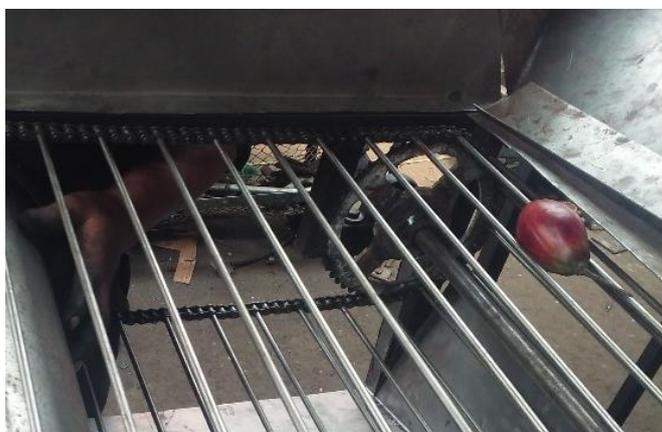


Figura 36. La primera prueba antes de dar por terminada la máquina.

Al terminar de recubrir la máquina, se procede a hacer las pruebas antes de finalizarla. En esta etapa se evidencia un error en el diseño. Los tomates de árbol que pasan la primera etapa de clasificación, al llegar al final de la banda de rodillos se cortan o se aplastan, como se indica en la figura 36, en lugar de pasar a la segunda etapa. La solución a este problema fue colocar un tambor al ras de los dientes de la catalina, como se indica en la figura 37, lo que empuja la fruta al exterior, cayendo libremente a la siguiente sección.



Figura 37. Inserción de un tambor en la catalina del final de la primera etapa.

A continuación, se procede a construir la bandeja que recibe los tomates ya clasificados, esta bandeja permite que los tomates se dirijan a las respectivas gavetas. Esta etapa de construcción se puede observar en la figura 38.



Figura 38. Construcción e implementación de la bandeja que recibe los tomates clasificados.

Después de comprobar el correcto funcionamiento de la máquina, finalmente se procede a pintarla, para esto primeramente se rellena con masilla los agujeros y los pequeños errores de la soldadura como se indica en la figura 39.



Figura 39. Rellenado de las imperfecciones con la masilla.

En la figura 40 se puede observar la pintura que se ha utilizado, es de grado alimenticio WINNER 350. Esta pintura es un recubrimiento Epóxico altos sólidos de dos componentes, capa gruesa, que funciona como primario y acabado simultáneamente, formando una película de alto espesor, muy adherente sobre superficies metálicas y concreto (Nervion Pinturas, s.f).



Figura 40. Pintura Epóxica WINNER 350 (Nervion Pinturas, s.f).

La máquina ya culminada se puede observar en la figura 41.



Figura 41. La máquina culminada en su totalidad.

3.14 Circuito electrónico del contador automático

Para que el sistema funcione se construyó un marco con las dimensiones de la gaveta, como se indica en la figura 42, este servirá como un soporte para mantener fija a la gaveta. En una de las esquinas del marco estará el sensor que se activará cuando el operador coloque la gaveta, y dejará de estar activado cuando el operador la retire, este proceso será interpretado por el circuito electrónico como un pulso y lo contabilizará automáticamente. Gracias a este sistema, al final de la clasificación se tendrá el valor exacto en gavetas de la producción de la fruta, la cual será posible observar en una LCD.



Figura 42. Construcción e implementación del marco para fijar las gavetas que reciben los tomates clasificados.

En la figura 43 y figura 44 se puede observar el sensor que se utilizó y la ubicación de la misma en el marco. El sensor se ajusta perfectamente en las esquinas del marco, y el botón para pulsar queda expuesta que se activa cuando se coloca la gaveta.



Figura 43. Interruptores fin de carrera (I) (*Paletos de la electrónica, 2015*).



Figura 44. Sensor implementado en el marco.

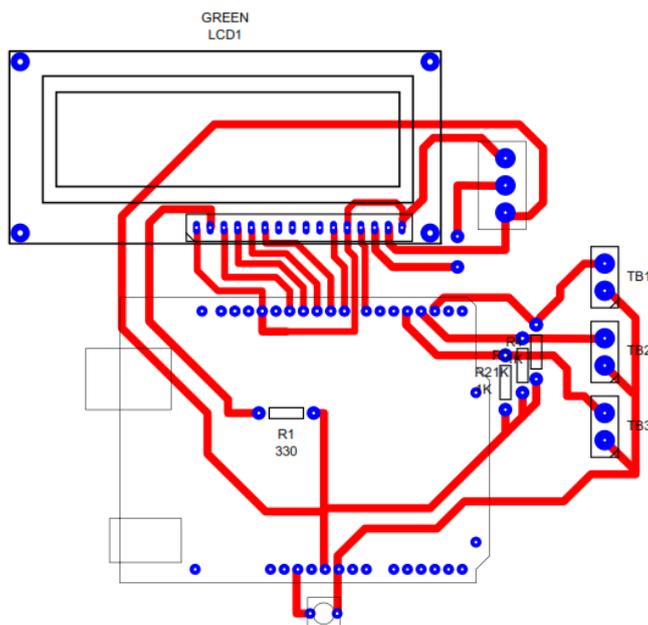


Figura 45. Diseño de la placa electrónica.

En la figura 45 y figura 46 se puede observar el diagrama del circuito y la construcción de la placa electrónica del sistema.



Figura 46. Construcción de la placa electrónica.

En la figura 47 se puede observar el dispositivo para contabilizar la producción de tomates de árbol.



Figura 47. Dispositivo portátil para contabilizar la producción del tomate de árbol.

En la tabla 9 se puede observar los gastos realizados en la construcción de la máquina clasificadora de tomates de árbol.

Tabla 9: Tabla de costos.

Gastos	Mes 1 USD	Mes 2 USD	Mes 3 USD	Mes 4 USD	Mes 5 USD	Mes 6 USD	Total USD
Materia prima					600	200	800
Mano de obra directa	100	100	100	100			400
Mano de obra indirecta						200	200
Gastos de materiales adicionales	10	8	10	5	15	15	63
Otros	8	8	8	8	8	8	48
Costo total de la máquina clasificadora de tomates de árbol							1511

La máquina clasificadora tiene un costo total de 1511 USD.

En la tabla 10 se puede observar los pesos de cada componente que contiene la máquina.

Tabla 10: Análisis del peso de la máquina

ELEMENTO	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	TOTAL (kg)
Banda transportadora de rodillos	11	2	22
Estructura	60	1	60
recubrimiento	18	1	18
Eje de transmisión de potencia	5	4	20
motor	15	1	15
bandejas	5	2	10
Caja reductora	6	1	6
Tolva de alimentación	10	1	10
chumaceras	0,45	8	3,6
polea	0,1	4	0,4
Peso total de la máquina			165

La máquina clasificadora de tomates de árbol tiene un peso total de 165 kg,

3.15 Pruebas y resultados

En la figura 48 podemos observar la cosecha del tomate de árbol, para la prueba de la máquina se utilizó 300 kg de la fruta, esto equivale a 12 quintales de tomates de árbol.



Figura 48. Cosecha del tomate de árbol.

En la figura 49 se puede observar el proceso de la clasificación manual, entre cuatro personas se demoraron 3 horas, en la tabla 8 se muestra los resultados de la clasificación. Rubén Paredes y José Jeres, dos de los grandes productores de tomates de árbol, supieron manifestar que la clasificación tenía una eficiencia de 95% a 98 %.



Figura 49. Clasificación manual de los tomates de árbol.

Para las pruebas de la máquina se utilizaron como materia prima tomates maduros en buen estado de diferentes tamaños como se puede observar en la figura 48.

En la figura 50 y figura 51 se puede observar la clasificación con la ayuda de la máquina.



Figura 50. Clasificación de los tomates de árbol utilizando la máquina.



Figura 51. La fruta circulando por la banda transportadora.

3.15.1 Protocolo de pruebas

El protocolo de pruebas nos permite comprobar el funcionamiento de la máquina, si la máquina supera todas las pruebas del protocolo el funcionamiento será satisfactorio. En la tabla 11 se puede observar el protocolo de pruebas finalizada.

Tabla 11: Desarrollo del protocolo de pruebas

Realizada por:	César Jeres		
Nombre del equipo:	Máquina clasificadora de tomates de árbol		
ITEMS	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO	RECOMENDACIONES
FUNCIÓN			
Clasificación en 3 tamaños diferentes	X		Clasificar otro grupo de la fruta aplastada.
CAPACIDAD DE LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN			
Capacidad de la tolva de alimentación	X		Reducir un poco el tamaño.
CAPACIDAD DE LA MÁQUINA			
Clasifica 300 kg/h	X		La velocidad de clasificación es muy pequeña, se puede mejorar la clasificación en calidad.
PESO			
200 kg	X		Reducir el peso y tamaño de la máquina para hacerla más portátil.
MATERIALES			
Materiales y acabados apropiados para el	X		La máquina debe contener estos materiales y acabados

tratado de alimentos			donde exista contacto directo con la fruta.
INSTALACIÓN ELÉCTRICA			
Conexiones del motor	X		En sitios que no haya puesta a tierra, buscar la manera de proteger a la máquina.

El protocolo de pruebas nos permite comprobar el correcto funcionamiento de la máquina clasificadora de tomates de árbol, al concluir las pruebas se puede manifestar que la máquina funciona correctamente y cumple con todos los requerimientos planteados en la sección 2.3.

En el anexo 10 se muestra el manual de operación de la máquina clasificadora de tomates de árbol, el manual de operación permitirá operar la máquina correctamente.

En el anexo 11 se muestra el manual de mantenimiento ante cualquier problema, este manual ayudará a los operadores actuar correctamente ante cualquier problema que se presente, además este manual de mantenimiento aumentará la vida útil de la máquina clasificadora de tomates de árbol.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Partiendo de los requerimientos de los productores de tomates de árbol, se logró un diseño óptimo que cumple todas las necesidades para efectuar la clasificación de los tomates de árbol en tres diferentes tamaños correctamente.
- Se identificó todas las secciones y mecanismos de la máquina clasificadora correctamente y se realizó el diseño cinemático.
- Usando la herramienta computacional el Método de Elementos Finitos se diseñó la estructura, se identificó la sección crítica y se verificó que cumpla con el factor de seguridad correspondiente.
- La máquina es óptimamente estable y resistente, en su funcionamiento no existe ningún tipo de traslación, inclusive si el operador se apoya accidentalmente sobre la máquina, esta no se traslada.
- Se realizó el sistema de conteo automático de la producción acorde a las necesidades de los productores. Se construyó un dispositivo externo acoplable a la máquina, este dispositivo efectúa el proceso de la contabilización satisfactoriamente.
- El uso de la pintura grado alimenticio previene la contaminación de la fruta satisfactoriamente, en el proceso de la clasificación no existe ninguna clase de contaminación de la máquina hacia la fruta, al final de la clasificación la fruta no presenta ningún tipo de contaminación.
- El funcionamiento de la máquina es muy sencillo, la clasificación y la contabilización de la producción es automático y la condición laboral del operador es muy cómoda.
- En la construcción de la máquina se utilizó materiales de fácil acceso en el país, mejorando la manufactura de la máquina clasificadora de tomates de árbol.
- La máquina clasificadora de tomates de árbol cumplió todas las pruebas establecidas y así podrá funcionar eficientemente en los campos de producción de la fruta.

4.2 Recomendaciones

- La fruta para clasificar debe ser de buena calidad para que la máquina pueda efectuar la clasificación correctamente. La fruta aplastada puede quedar atrapada y afectaría el proceso de la clasificación.

- El mercado exige que la fruta contenga el péndulo adherido. Las bandejas que reciben los tomates clasificados no pueden tener la inclinación correcta, las bandejas deben ser ductos totalmente verticales, es decir que la fruta no tenga rozamientos de ninguna clase para que caigan libremente.
- Cada mercado exige tamaños de la fruta diferente, por ello se recomienda implementar a la máquina un sistema que permita regular las distancias que hay entre los rodillos.
- Se recomienda que las frutas estén secas, la máquina cuenta con elementos eléctrica y con la humedad puede ocasionar cortos circuitos.
- La postcosecha del tomate de árbol abarca también la limpieza de la fruta, para ello se puede implementar otro sistema que sería la etapa de la limpieza de la fruta después de la clasificación.
- Se puede fabricar mayor parte de la estructura con otros materiales más livianos, para así lograr obtener la máquina de menor peso y facilitar más el desplazamiento de la máquina.

Referencias

- Alcalde Cajamarca, C. F. (2013). *Diseño de una máquina clasificadora de tomate de 700 kg/h de capacidad*. Quito.
- Allgauer, Gunter, Strohhacker, Peter, Fuchs, & Dieter. (1991). *Máquina clasificadora*. España.
- Amate, S., Lopez, H., Sanchez, G., Díaz, R., & Sanchez, G. (2010). *Máquina clasificadora de frutas y hortalizas portatil*. España.
- Barreda Trujillo, Á. U. (Diciembre de 2012). *SCIELO*. Obtenido de Método práctico de obtención de potencia y eficiencias de unidades de bombeo en operación:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382012000300007
- Borrero Ortiz, M., & Urrea López, R. (2007). *Módulo Poscosecha*.
- Budynas, R. G., & Keith Nisbett, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. McGraw Hill: 8va. Edición.
- Burbano Hurtado, T. L. (2015). *Máquina para clasificar aguacates por su peso*. Ibarra.
- Caiza, V. H. (17 de Marzo de 2017). *SlideShare*. Obtenido de Física superior:
<https://www.slideshare.net/drVictorhugo10/bloque-3-fisica-superior3>
- Cálculos de momentos de inercia*. (s.f.). Obtenido de
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/inercia/inercia.htm
- Carrera Montalvo, A. (24 de Junio de 2012). *SlideShare*. Obtenido de
<https://es.slideshare.net/AlanMontalvo/sistemas-de-transmision-de-poleas-con-correa>
- Clasificadora de tomates por peso*. (2014). Obtenido de
<https://www.youtube.com/watch?v=bulWrFjTJQE&t=2s>
- DIPAC. (s.f.). *Catálogo de perfiles estructurales*.
- Eduardo, M. R. (2004). *DETERMINACION DEL TORQUE Y LA POTENCIA EN MOTORES*. Bucaramá.
- García Muñoz, M. C. (2008). Manual de manejo cosecha y poscosecha del Tomate de árbol. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA*, 43-58.
- Hangzhou. (s.f). *Serie RV reductor de velocidad*. Obtenido de
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/nrv-series-aluminum-alloy-small-mechanical-worm-speed-reducer-60539411645.html>
- Herrera, Pinto Tafur, & Tiaguara. (2012). *Cultivo de tomates de árbol*.
- Igno Otoniel, R. (2010). *Sistema para clasificación de jitomates*.

KOSHKIN. (2008). *Manual de física elemental*.

Linares Dos Santos, A., & Ezquerro Sanz, T. y. (2012). *Procedimiento de obtención de materiales compuestos como conductores eléctricos*. España.

Maleroju. (10 de Febrero de 2012). *SóloIngeniería.NET*. Obtenido de <https://www.soloingenieria.net/foros/viewtopic.php?f=26&t=38966>

Mecanización. (2016). Obtenido de <http://www.cebollas-papas.com/manipular/manipular-equipo/manipular-equipo-clasificadoras/manipular-equipo-clasificadoras-rodillos.php>

Nervion Pinturas. (s.f). Obtenido de http://www.nervion.com.mx/web/info_comercial/E64080350_hoteleria.php

Paguatian, E. (28 de Abril de 2016). *SlideShare*. Obtenido de Potencia-Rendimiento-Torque y Balance térmico: <https://www.slideshare.net/ingpaguatiant2/potenciarendimientotorque-y-balance-trmico>

Paletos de la electrónica. (25 de Enero de 2015). Obtenido de Interruptores fin de carrera: <https://paletosdelaelectronica.wordpress.com/2015/01/25/interruptores-fin-de-carrera-i/>

Proecuador. (27 de Diciembre de 2013). Obtenido de <http://www.proecuador.gob.ec/en/2013/12/27/oportunidades-para-el-tomate-de-%C3%A1rbol-ecuadoriano-en-el-mercado-esp%C3%B1ol/>

Revelo Morán, J. A., Perez Alarcon, E. Y., & Maila Álvarez, M. V. (s.f). *El cultivo de tomates de árbol*. QUITO: PRIMERA.

Rua Palmyro, A. (17 de Noviembre de 2014). *MRE-Clasificación de naranjas por tamaño*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=mt-wD4-5aHI>

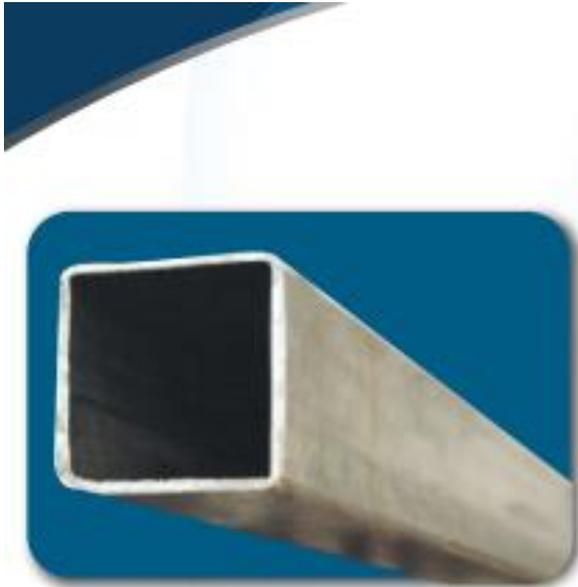
SlidePlayer. (2014). Obtenido de <http://slideplayer.com.br/slide/363968/>

THK. (2009). *Guías de movimiento lineal*. Obtenido de https://www.thk.com/sites/default/files/documents/mx_pdf/product/2009/DCatalogEsp-anol_1.pdf

Velastegui. (2011). *Elementos de máquinas*. Quito.

ANEXOS

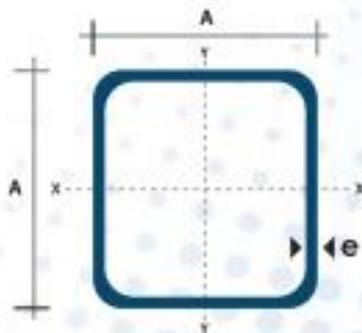
Anexo 1



TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o Galvanizado
Largo Normal	6.00 m
Otros Largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20.00 mm a 100.00 mm
Espesor	Desde 1.20 mm a 5.00 mm



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.45	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	8.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.81	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

Anexo 2

EJES Acero Inoxidable



Especificaciones Generales

Calidad	ASIS304
Descripción	Acero inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300°C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas si se emplea con la superficie pulida espejo.
Aplicaciones	Industria alimenticia, cervecería, azucarera, utensilios domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental etc. ...
Longitud	6 m

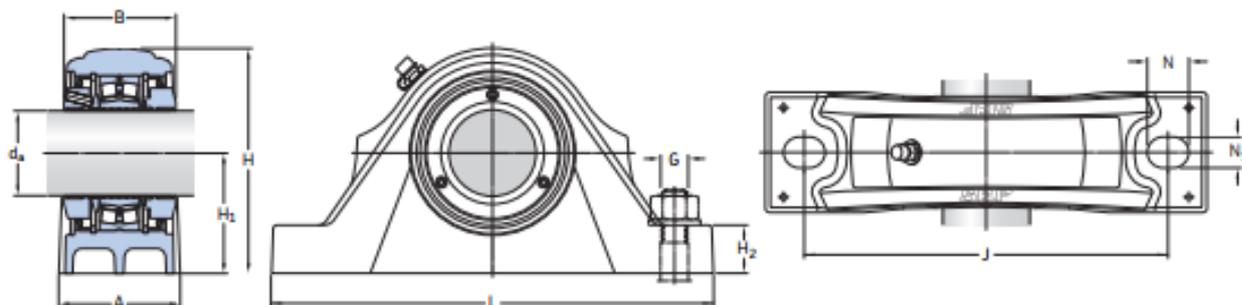
Composición Química						
%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10,5	18 - 20

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm ²)	Punto de Fluencia (N/mm ²)	Elongación %Min.	Dureza ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

Dimensiones
Diámetro
3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1 1/4"
1 1/2"
2"
2 1/2"
3"
3 1/2"
4"
5"
6"

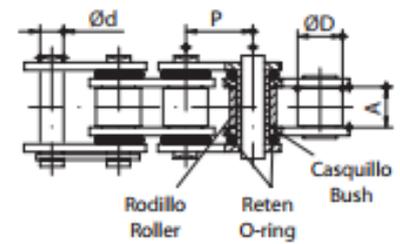
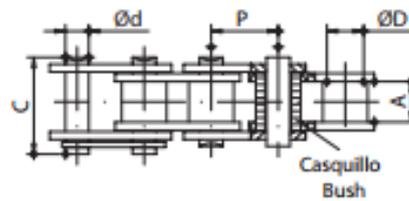
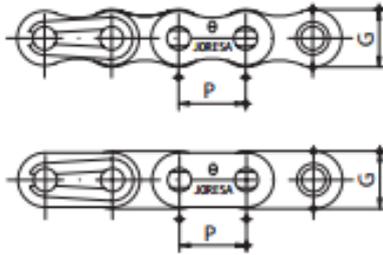


Anexo 3



Shaft diam. d_a	Bearing unit dimensions										Mass	Designations General Locating		High-speed Locating	
	A	B	H	H_1	H_2	J	L	N	N_1	G		Non-locating	Locating	Non-locating	
mm	mm										kg	-			
35	60	65	111	60	25	170	205	20	15	12	3,8	SYNT 35 F	SYNT 35 L	SYNT 35 FTS	SYNT 35 LTS
40	60	65	115	60	25	170	205	20	15	12	3,9	SYNT 40 F	SYNT 40 L	SYNT 40 FTS	SYNT 40 LTS
45	60	65	120	60	25	170	205	20	15	12	4,5	SYNT 45 F	SYNT 45 L	SYNT 45 FTS	SYNT 45 LTS
50	70	65	131	70	28	210	255	24	18	16	5,7	SYNT 50 F	SYNT 50 L	SYNT 50 FTS	SYNT 50 LTS
55	70	65	135	70	30	210	255	24	18	16	6,3	SYNT 55 F	SYNT 55 L	SYNT 55 FTS	SYNT 55 LTS
60	80	71	150	80	30	230	275	24	18	16	7,5	SYNT 60 F	SYNT 60 L	SYNT 60 FTS	SYNT 60 LTS
65	80	71	160	80	30	230	280	24	18	16	8,5	SYNT 65 F	SYNT 65 L	SYNT 65 FTS	SYNT 65 LTS
70	90	71	180	95	32	260	315	28	22	20	11	SYNT 70 F	SYNT 70 L	SYNT 70 FTS	SYNT 70 LTS
75	90	71	180	95	32	260	320	28	22	20	11,6	SYNT 75 F	SYNT 75 L	SYNT 75 FTS	SYNT 75 LTS
80	100	86	200	100	35	290	345	28	22	20	15	SYNT 80 F	SYNT 80 L	SYNT 80 FTS	SYNT 80 LTS
90	110	86	230	112	40	320	380	32	26	24	20	SYNT 90 F	SYNT 90 L	SYNT 90 FTS	SYNT 90 LTS
100	120	86	255	125	45	350	410	32	26	24	25	SYNT 100 F	SYNT 100 L	SYNT 100 FTS	SYNT 100 LTS

Anexo 4

Cadenas de placas forma y rectas
*Shapped & straight plates chains*Cadenas de rodillos y a casquillo
*Roller & bush chains*Cadenas con retenes
*O-rings chains*Cadenas para el mecanismo de distribución de motores *Engine mechanism chains (CAM chains)*

CÓDIGO CODE	P Pulg.-Inch	P mm.	ANCHO INTERIOR WIDTH A mín. mm.	DIÁMETRO RODILLO DIAMETER Ø D max. mm.	DIÁMETRO DEL EJE PIN DIAMETER Ø d max. mm.	LONGITUD DEL EJE PIN LENGTH H max. mm.	LONG. EJE UNIÓN CONV. LINK PIN LENGTH C max. mm.	ESPESOR DE PLACAS PLATES THICKNESS t mm.	ALTURA DE PLACA PLATE HEIGHT G max. mm.	CARGA DE ROTURA AVG. TENSILE STRENGTH A.T.S. daN-Kg	PESO POR METRO WEIGHT PER METER q kg/m.	
												JORESA
25*	04C-1	1/4	6,35	3,18	3,30	2,31	7,80	10,90	0,75	6,00	375	0,14
29HR*	--	--	7,77	4,60	4,59	3,16	12,40	13,60	1,40	7,50	1.000	0,32
32#	06B-1	3/8	9,525	5,72	6,35	3,28	13,50	16,80	1,25	8,20	1.070	0,40
35*	06C-1	3/8	9,525	4,68	5,08	3,59	12,18	15,48	1,25	8,60	1.050	0,33
36*	--	3/8	9,525	7,50	5,08	3,59	15,80	17,20	1,50	9,20	1.300	0,46
39*	--	3/8	9,525	9,52	6,00	4,18	17,80	20,30	1,20	9,25	1.225	0,62
2032#	06B-2	3/8	9,525	5,72	6,35	3,28	23,80	27,10	1,25	8,20	1.925	0,78
2035*	06C-2	3/8	9,525	4,68	5,08	3,59	24,20	27,50	1,25	8,60	2.100	0,65
2038#*	--	3/8	9,525	5,72	6,35	4,45	23,60	26,90	1,25	9,60	1.875	0,92
3032#	06B-3	3/8	9,525	5,72	6,35	3,28	34,00	37,30	1,25	8,20	2.800	1,14
3035*	06C-3	3/8	9,525	4,68	5,08	3,59	34,30	37,60	1,25	8,60	3.150	0,95

Cadena de placas rectas. *Straight plates chain.* * Cadena a casquillos, sin rodillo. *Bush chain, without roller*

1 daN = 1 Kg.

Cadenas de bicicleta y motocicleta *Bicycle and motorcycle chains*

CÓDIGO - CODE	P	P	A mín.	Ø D max.	Ø d max.	H max.	C max.	t	G max.	A.T.S.	q	
JORESA	ISO	Pulg.-Inch	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	daN-Kg	kg/m.	
43	081	1/2	12,70	3,30	7,75	3,66	10,20	11,10	1,00	8,20	985	0,28
44	082	1/2	12,70	2,38	7,75	3,66	8,20	--	1,00	8,20	975	0,13
46	083	1/2	12,70	4,88	7,75	4,09	13,10	14,30	1,40	9,90	1.440	0,43
46V	--	1/2	12,70	4,88	7,75	3,66	11,20	12,30	1,00	8,20	890	0,35
48 / 748	420	1/2	12,70	6,40	7,75	3,96	15,00	17,50	1,50	11,56	1.785	0,55
49 / 749	--	1/2	12,70	5,21	8,51	4,45	13,90	15,90	1,50	11,56	1.965	0,64
42 / 742	428	1/2	12,70	7,75	8,51	4,45	17,00	20,90	1,50	11,56	2.100	0,72
747	428H	1/2	12,70	7,75	8,51	4,45	18,90	21,10	2,00	11,75	2.290	0,84
51 / 751	--	5/8	15,875	6,48	10,16	5,08	15,55	17,15	1,58	14,56	2.450	0,84
756	520	5/8	15,875	6,48	10,16	5,30	17,45	21,55	2,00	14,56	3.250	0,98
756R	520H	5/8	15,875	6,48	10,16	5,30	19,50	23,60	2,20	14,56	3.600	1,05
758	530	5/8	15,875	9,53	10,16	5,30	21,80	25,90	2,00	14,56	3.250	1,07
758R	530H	5/8	15,875	9,53	10,16	5,30	22,20	26,30	2,20	14,56	3.600	1,10

Cadenas con retenes *O-Rings chains*

CÓDIGO - CODE	P	P	A mín.	Ø D max.	Ø d max.	H max.	C max.	t	G max.	A.T.S.	q	
JORESA	ISO	Pulg.-Inch	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	daN-Kg	kg/m.	
745	428OR	1/2	12,70	7,75	8,51	4,45	19,30	23,20	1,60	12,00	2.070	0,90
757	520OR	5/8	15,875	6,48	10,16	5,30	20,50	24,60	2,20	14,56	3.250	1,05
753	530OR	5/8	15,875	9,53	10,16	5,30	25,40	29,50	2,40	14,56	3.700	1,29

Anexo 5

CATALANO

Motopartes

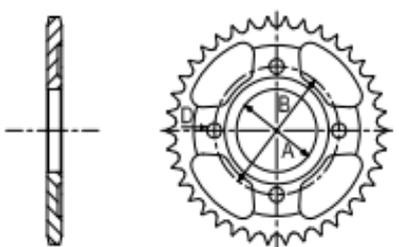
CORONAS

HONDA

CODIGO CATALANO	MODELO	Z	Nº ORIGINAL
-----------------	--------	---	-------------

1040	HONDA 125 CG	35	41201-397-000
0094	HONDA 125 CG	38	41201-397-000
1037	HONDA 125 CG	44	41201-KG2-000
0045	HONDA 125 CG	46	
0083	HONDA 125 CG	50	
1035	HONDA 125 CG CARGO	43	41200-437-600
0095	HONDA 125 CG TODAY	43	41200-437-600
1036	HONDA 125 CM CUSTOM (82-97)	44	41201-KG2-000
1038	HONDA 125 XL	44	41201-KG2-000
1451	HONDA 125 XL	45	
1398	HONDA 125 XL	47	
0096	HONDA 125 XL	56	41201-437-600
1390	HONDA 125/185 XL	49	
1041	HONDA 135 HX	35	41201-397-000
1039	HONDA 135 HX	38	41201-397-000
0098	HONDA 150 CBX AERO	44	41201-KG2-000
1445	HONDA 150 CG TITAN	43	
1446	HONDA 150 CG TITAN	44	41201-098-970
1361	HONDA 185 XL	49	
0100	HONDA 185 XL	50	41200-437-600
1042	HONDA 200 CM T	35	41201-397-000
0101	HONDA 200 TOWIN STAR	35	

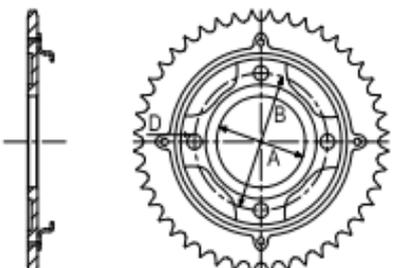
A-ØInterior	B-ØE.Centro	C-ØRodillo	D-Cant.xØAg.	E-PasosEsp.
58	90	8.51	4x10.5	1/2x5/16



CAD.: 428

1807	HONDA 125 CG FAN C/PROTEC	44	
1050	HONDA 125 CG TITAN C/PROTEC	44	

A-ØInterior	B-ØE.Centro	C-ØRodillo	D-Cant.xØAg.	E-PasosEsp.
64	96	8.51	4x10.5	1/2x5/16



CAD.: 428

Anexo 6

PLANCHAS LAMINADAS AL CALIENTE



Especificaciones Generales

Espesores	1,20mm a 150,00mm
Rollos	Ancho 1000mm, 1220mm, 1500mm
Planchas	4 x 8 pies y a medida

Calidad Comercial

Calidad	Composición Química							Propiedades Mecánicas				Norma Equivalente
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°		
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= Oe	SAE 1010 ASTM A-569	
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				JIS G3132 SPHT1	
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				ASTM A-635 ASTM A-570 GRADO 33	

Calidad Estructural

Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas					Norma Equivalente
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°		
ASTM A-588M Grado A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min			
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015	
JIS G-3101 5541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36	
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min			
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e		

Anexo 7

POLEAS TRAPECIALES PARA TAPPER PERFIL Z - SPZ

Ø PRIML.	Nº CANALES	CONS.	Nº CASQ.	Ø EJE MIN.-MÁX.	N	K	L	M	J	PESO kg
63	1	1	1108	10 - 28	60	-	23	7	-	0,29
	2	1	1108	10 - 28	-	-	28	-	-	0,33
	3	3	1108	10 - 28	-	17	23	-	38	0,45
	4	3	1108	10 - 28	-	29	23	-	38	0,58
67	1	1	1108	10 - 28	60	-	23	7	-	0,34
	2	1	1108	10 - 28	-	-	28	-	-	0,41
	3	3	1108	10 - 28	-	17	23	-	38	0,56
	4	3	1108	10 - 28	-	29	23	-	41	0,65
71	1	1	1108	10 - 28	60	-	23	7	-	0,38
	2	1	1108	10 - 28	-	-	28	-	-	0,48
	3	3	1108	10 - 28	-	17	23	-	42	0,64
	4	3	1108	10 - 28	-	29	23	-	45	0,76
75	1	1	1108	10 - 28	60	-	23	7	-	0,43
	2	1	1210	11 - 32	-	-	28	-	-	0,46
	3	3	1210	11 - 32	-	14	26	-	48	0,62
	4	3	1210	11 - 32	-	26	26	-	49	0,83

Anexo 8

Ø PRIML.	Nº CANALES	CONS.	Nº CASQ.	Ø EJE MIN.-MÁX.	N	K	L	M	J	PESO kg
132	1	1	1610	14 - 42	80	-	26	10,0	-	1,4
	2	1	1610	14 - 42	-	-	28	-	-	2,1
	3	3	2012	14 - 50	-	7,0	33	-	104	2,3
	4	3	2012	14 - 50	-	19,0	33	-	104	2,7
	5	2	2517	16 - 60	-	-	45	19,0	106	2,9
	6	2	2517	16 - 60	-	-	45	31,0	106	3,2
140	1	1	1610	14 - 42	80	-	26	10,0	-	1,6
	2	1	1610	14 - 42	-	-	28	-	-	2,4
	3	2	2012	14 - 50	-	-	33	7,0	112	2,7
	4	2	2012	14 - 50	-	-	33	19,0	112	3,1
	5	2	2517	16 - 60	-	-	45	19,0	114	3,3
	6	2	2517	16 - 60	-	-	45	31,0	114	3,6
	8	4	2517	16 - 60	-	27,5	45	27,5	114	4,2
150	1	1	1610	14 - 42	80	-	26	10,0	-	1,8
	2	1	2012	14 - 42	100	-	33	5,0	-	2,8
	3	2	2012	14 - 50	-	-	33	7,0	122	3,3
	4	2	2517	14 - 50	-	-	46	6,0	122	3,8
	5	2	2517	16 - 60	-	-	45	19,0	124	4,0
	6	2	2517	16 - 60	-	-	45	31,0	124	4,5
	8	4	2517	16 - 60	-	27,5	45	27,5	124	5,0

Anexo 9

Programa del sistema de control.

```
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(7, 8, 9, 10, 11, 12); //libreria de la LCD

const int oton = 2; // boton 1
const int boto = 3; // boton 2
const int bot = 4; // boton 3
const int reset = 5; // boton de reset

int valor=0; // bton1 =0
int vr=0; // boton2=0
int valo=0; //boton3=0
int val=0;
int contador=0;
int contado=0;
int contad=0;
int er=0;
int estadoanteriorboton=0;
int estadoanteriorboto=0;
int estadoanteriorbot=0;

void setup() {
  pinMode(oton,INPUT); //declarar como entrada
  pinMode(boto,INPUT); //declarar como entrada
  pinMode(bot,INPUT); //declarar como entrada
  pinMode(reset,INPUT); //declarar como entrada
  digitalWrite(oton,HIGH);
```

```

digitalWrite(boto,HIGH);
digitalWrite(bot,HIGH);
digitalWrite(reset,HIGH);
lcd.begin(16, 2); //posicionar en la LCD
lcd.setCursor(0, 1); //posicionar en la LCD
lcd.print("T-G T-M T-P"); // imprimir en la LCD
}

void loop() {
  lcd.setCursor(0, 1); // imprimir en la LCD
  lcd.print("T-G T-M T-P"); // imprimir en la LCD
  valor=digitalRead(oton); //lectura de los botones
  valo=digitalRead(boto); //lectura de los botones
  val=digitalRead(bot); //lectura de los botones
  vr=digitalRead(reset); //lectura de los botones
  if(valor!=estadoanteriorboton){ //pulsar boton
    delay (2000); //retraso
    valor=digitalRead(oton); //deja de pulsar boton
    if(valor!=estadoanteriorboton){ //lectura del estado del boton
      if(valor==1){
        lcd.setCursor(0 , 0);
        lcd.print(contador); // imprimir el valor del contador
        contador++; // aumento del contador
      }
    }
  }

  if(valo!=estadoanteriorboto){ //pulsar el boton

```

```

delay (2000);          //retardo
valo=digitalRead(boto);    //deja de pulsar el boton
if(valo!=estadoanteriorboto){ //lectura del estado del boton
if(valo==1){
lcd.setCursor(6 , 0);
lcd.print(contado);      // imprimir el valor del contador
contado++;              // aumento del contador
}
}}

```

```

if(val!=estadoanteriorbot){ //pulsar el boton
delay (2000);          //retardo
val=digitalRead(bot);    //deja de pulsar el boton
if(val!=estadoanteriorbot){ //lectura del estado del boton
if(val==1){
lcd.setCursor(12 , 0);
lcd.print(contad);      // imprimir el valor del contador
contad++;              // aumento del contador
}
}}
estadoanteriorboton=valor;
estadoanteriorboto=valo;
estadoanteriorbot=val;
}

```

Anexo 10

MANUAL DE USUARIO

Manual de operación

Para la correcta manipulación y funcionamiento de la máquina leer atentamente el manual.

Precauciones

Utilice la tensión correcta para la máquina, es decir la tensión monofásica de 110 V.

Ubique la máquina en superficies planas para darle más estabilidad.

Para operar la máquina es de suma importancia estar familiarizado con los controles y los dispositivos de seguridad para cualquier emergencia que se presente.

Como protección a la máquina se recomienda que las frutas estén lo más secos posible, la máquina dispone de elementos electrónicos que pueden averiarse con la humedad.

Poner atención a las señaléticas de la máquina y hacerlos caso.

Peligro

Está completamente prohibido operar la máquina en estado etílico, cansancio o emocionalmente deprimido.

Prohibido introducir la mano u otras partes del cuerpo a la máquina, la máquina en su mayoría es mecánica, esto puede ocasionar atrapamiento destrozando parcial o completamente las partes del cuerpo.

La máquina no debe estar expuesta al sol o a la lluvia.

Funcionamiento

Para el encendido de la máquina se debe pulsar el botón ON y para apagarlo se debe pulsar el botón OFF, para facilitar al operador en la caja de control cada botón se encuentra señalizada.

Después de encender la máquina el operador deberá de alimentar con la fruta en la tolva, con un máximo de 35 kg.

La máquina clasificará automáticamente, cuando las gavetas estén llenas el operador debe cambiar las gavetas llenas por la vacías.

La máquina cuenta con un dispositivo que contabiliza automáticamente las gavetas que se han clasificado.

En caso de que surja alguna emergencia, la máquina cuenta con un paro de emergencia que lo detendrá todo al instante.

La máquina obligadamente necesita por lo menos dos operadores, uno para cargar los tomates en la tolva y el otro que revise las gavetas y maneje los mandos de la máquina.

Cuando el funcionamiento es correcto la luz verde permanecerá encendida, de la misma manera cuando la máquina esté apagada la luz roja permanecerá encendida y se apagará la luz verde.

Manual de mantenimiento

El siguiente plan de mantenimiento asegura el correcto funcionamiento de la máquina.

Acción	Código	Duración
Inspección	Insp	5 min
Limpieza	Limp	10 min
lubricación	Lubr	30 min
Cambio	Camb	60min

Tabla de mantenimiento de la máquina clasificadora de tomates de árbol.

componente	cantidad	año			
		Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Motor	1	Limp	Limp	Limp	En caso de daño reparar o cambiar
Poleas	3	Insp	Insp	Insp	En caso de daño cambiar
banda	2	Insp	Insp	Insp	En caso de daño cambiar
catalina	8	Insp	Insp	Insp	En caso de daño cambiar
Banda transportadora de rodillos	2	Lubr	Lubr	Lubr	En caso de daño reparar o cambiar
Relé	1	En caso de daño cambiar			
Relé térmico	1	En caso de daño cambiar			

Pulsador ON/OFF	1	En caso de daño cambiar			
Equipo completo	1	Limp	Limp	Limp	Limp
Final de carrera	3	En caso de daño cambiar			
Pulsador paro de emergencia	1	En caso de daño cambiar			
Luces piloto	2	En caso de daño cambiar			
Caja reductora	1	Limp	Limp	Limp	En caso de daño cambiar
Microcontrolador	1	En caso de daño cambiar			
Lcd	1	Limp	Limp	Limp	Limp

Para el proceso de mantenimiento, la máquina obligadamente debe estar desconectada de la red eléctrica.

Para llegar a la parte interna de la máquina clasificadora de tomates de árbol, es necesario retirar la chapa que lo recubre. La máquina está recubierta con chapas metálicas atornilladas, esto facilita al operador cuando desee darle mantenimiento interno de la máquina.

La limpieza de la máquina se realiza simplemente con el agua, no se debe utilizar detergentes o algún tipo de jabón.

PLANOS MECÁNICOS Y PLANOS ELÉCTRICOS