



Diseño e Implementación de un Sistema Clasificador de Tomate de Riñón (*Lycopersicum Esculentum*) Aplicable a la Fundación “AYLLU APU FFA” de la Provincia de Cotopaxi-Ecuador para Impulsar el Sector Microempresarial y Emprendimientos.

León Palacios, Freddy Alexander y Moreta Supe, Alex Edison

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electromecánica

Ing. Manjarrés Arias, Félix Xavier M.Sc.

Latacunga

1 de diciembre de 2021



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Diseño e Implementación de un Sistema Clasificador de Tomate de Riñón (*Lycopersicum Esculentum*) Aplicable a la Fundación “AYLLU APU FFA” de la Provincia de Cotopaxi-Ecuador para Impulsar el Sector Microempresarial y Emprendimientos”**, realizado por los señores **León Palacios, Freddy Alexander y Moreta Supe, Alex Edison**; ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 1 de diciembre del 2021



Firmado digitalmente por FELIX
JAVIER MANJARRES ARIAS
Motivo: He revisado este documento
Ubicación: ESPE LATACUNGA
Fecha: 2021.12.09 11:44:59 -05'00'

Ing. Manjarrés Arias, Félix Xavier M.Sc

C. C. 0501987416

DIRECTOR DEL PROYECTO



Document Information

Analyzed document	TESIS_LEON _ MORETA.docx (D120683638)
Submitted	2021-12-01T16:17:00.0000000
Submitted by	Aavila
Submitter email	aavila@uagraria.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	aavila.2.uagra@analysis.orkund.com



Firmado digitalmente por
FELIX JAVIER MANJARRES
ARIAS
Motivo: Certifico la precisión
e integridad de este
documento
Ubicación: ESPE LATACUNGA
Fecha: 2021.12.09 11:44:17
-05'00'

Sources included in the report

W	URL: https://docplayer.es/13530381-Escuela-politecnica-nacional.html Fetched: 2021-12-01T19:39:00.0000000	 6
W	URL: http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3143/1/BVE1707Luj Fetched: 2021-12-01T19:39:00.0000000	 2
SA	proyecto de titulacion clasificadora de fresas.docx Document proyecto de titulacion clasificadora de fresas.docx (D28589358)	 1
SA	CAP3-Karina Villavicencio.docx Document CAP3-Karina Villavicencio.docx (D17782605)	 1
SA	Tesis de Investigacion Diseño de una maquina roladora hidraulica de perfiles para la empresa Agroindustrias Montenegro.docx Document Tesis de Investigacion Diseño de una maquina roladora hidraulica de perfiles para la empresa Agroindustrias Montenegro.docx (D115745842)	 23



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, señores **León Palacios, Freddy Alexander** y **Moreta Supe, Alex Edison**; con cédulas de ciudadanía 1722818554 y 1804445599 respectivamente declaramos que el trabajo de titulación **“Diseño e Implementación de un Sistema Clasificador de Tomate de Riñón (*Lycopersicum Esculentum*) Aplicable a la Fundación “AYLLU APU FFA” de la Provincia de Cotopaxi-Ecuador para Impulsar el Sector Microempresarial y Emprendimientos”**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 1 de diciembre del 2021



León Palacios Freddy Alexander
C.C.: 1722818554



Moreta Supe Alex Edison
C.C.: 1804445599



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, señores **León Palacios, Freddy Alexander y Moreta Supe, Alex Edison**; con cédulas de ciudadanía 1722818554 y 1804445599 declaramos que el trabajo de titulación **“Diseño e Implementación de un Sistema Clasificador de Tomate de Riñón (Lycopersicum Esculentum) Aplicable a la Fundación “AYLLU APU FFA” de la Provincia de Cotopaxi-Ecuador para Impulsar el Sector Microempresarial y Emprendimientos”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 1 de diciembre del 2021



León Palacios Freddy Alexander
C.C.: 1722818554



Moreta Supe Alex Edison
C.C.: 1804445599

Dedicatoria

Dedico esta Tesis de Grado principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Liliana, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre Ramiro, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento es un gran triunfo para ti como lo es para mí.

A mi hermano Diego, a quien quiero como un padre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesto a escucharme y ayudarme en cualquier momento. A mi hermana Coralía, por brindarme su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida.

A la memoria de mi abuelita Rita María, fallecida poco antes de que pueda ver culminada mi tesis; por ser el pilar fundamental de la familia León Cobos, fruto de enseñanza y valores que los mantendré siempre conmigo.

A mis compañeros de estudio, a quienes quiero como una familia, por ayudarme en los momentos de incertidumbre y darme fuerzas a culminar mis estudios.

Freddy León

Dedicatoria

Quiero dedicar el presente proyecto a Dios por las gracias que me ha regalado durante el transcurso de mi vida.

A mis Padres, Sergio y Matilde por su ejemplo de amor y sabiduría por el cual han sabido guiar a sus hijos.

A mis hermanos, Geovanna y David por su confianza, amor que me han brindado durante toda mi existencia.

Alex Moreta

Agradecimiento

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mi familia y amigos por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron en el transcurso.

A mis abuelitos, por apoyarme totalmente en el transcurso de mi formación profesional, a sus enseñanzas a través de buenos valores.

Agradezco a mi director de tesis MSc. Félix Manjarrés Arias, quien, con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación.

Agradezco a los todos docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad de las Fuerzas Armadas.

A la fundación “AYLLU APU FFA” y Agustín Chisaguano, por abrirnos las puertas y brindarnos el espacio para la realización y culminación satisfactoria de este proyecto.

Freddy León

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios por su bondad y misericordia que recibo todos los días.

A mis padres, por el apoyo y dedicación que siempre me han entregado con amor en todo momento.

A los ingenieros Félix Manjarrés y Milton Pérez por su paciencia y gran ayuda incondicional para que este proyecto llegue a su realización.

A la Fundación "AYLLU APU FFA" por abrirnos las puertas gustosamente para que lleguemos a concluir con el presente proyecto.

Alex Moreta

Tabla de Contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Urkund.....	3
Responsabilidad de auditoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento	8
Agradecimiento	9
Tabla de contenidos.....	10
Índice de tablas	14
Índice de ecuaciones	21
Resumen	23
Abstract.....	24
Marco metodológico de la investigación.....	25
Planteamiento del problema	25
Antecedentes	25
Justificación e importancia	26
Objetivos	27
<i>Objetivo General.....</i>	27
<i>Objetivos Específicos</i>	27
Marco teórico.....	29
Antecedentes investigativos.....	29
Fundamentación Teórica.....	32
<i>El tomate riñón</i>	32
<i>Origen del tomate de riñón</i>	33
<i>Taxonomía</i>	34
<i>Características de tomate de riñón</i>	35
<i>Composición nutricional tomate de riñón</i>	36

<i>Tipos de tomate riñón</i>	36
<i>Mecanismos de clasificación de tomate de riñón</i>	38
Descripciones normativas existentes	39
Proceso de industrialización de hortalizas	42
Clasificación y sus criterios de tomate de riñón	43
<i>Clasificación del tomate riñón</i>	43
<i>Criterios de clasificación de tomate de riñón</i>	44
Componentes y características de la máquina clasificadora de tomate.....	45
Sistema clasificador de tomate de riñón.....	63
Diseño y construcción de la máquina clasificadora de tomate de riñón.....	73
Análisis de entorno de producción	73
Recopilación de datos	76
Análisis de factibilidad de implementación	78
Despliegue de función de la calidad.....	83
Planteamiento de las alternativas de solución	95
Selección de la alternativa adecuada	95
Análisis del entorno de cargas	101
<i>Masa del tomate de riñón dentro del cilindro giratorio</i>	101
<i>Cálculo del flujo de tomate de riñón en base a la capacidad</i>	102
<i>Masa del cilindro giratorio</i>	102
<i>Cargas axiales y radiales sobre el eje</i>	103
Diseño del sistema clasificador	108
<i>Diseño del cilindro giratorio</i>	108
<i>Inercia de los componentes</i>	109
Inercia del cilindro giratorio.....	109
Inercia del eje.....	110
Inercia del tomate de riñón	112
<i>Inercia total</i>	113
<i>Aceleración angular</i>	114
<i>Torque o par necesario para vencer la inercia</i>	115
<i>Potencia mínima del motor requerida</i>	115

<i>Par aplicado real</i>	116
<i>Diseño del Eje</i>	116
<i>Sistema Banda y Polea</i>	125
Potencia de diseño	126
Relación de transmisión	127
Determinación del diámetro de la polea Conductora	128
Velocidad de la correa	129
Confirmación de la distancia entre centros y la longitud de referencia	129
Distancia entre centros verdadera	130
Distancia entre centros mínima y máxima	130
Angulo de contacto en la polea de conducción	131
Número de bandas requerido para transmitir la potencia de diseño	132
Tensión de banda inicial F0	134
Factor de seguridad de la banda	134
<i>Selección de rodamientos</i>	135
<i>Diseño de la chaveta</i>	137
<i>Diseño de la tolva de ingreso de producto</i>	138
<i>Diseño de Componentes Eléctricos</i>	141
<i>Selección del interruptor termomagnético</i>	141
<i>Selección del contactor</i>	143
<i>Selección del relé térmico</i>	144
<i>Selección del conductor</i>	145
<i>Selección de pulsadores de marcha y paro</i>	146
<i>Selección de lámparas de señalización</i>	146
<i>Esquema Eléctrico</i>	146
<i>Esquema Eléctrico en funcionamiento</i>	147
Virtualización 3D del sistema clasificador	148
Análisis y validación computacional de la máquina	151
<i>Análisis por el Método de elementos finitos (MEF) para la tolva de ingreso</i> .	151
<i>Análisis por el Método de elementos finitos (MEF) del cilindro</i>	155
<i>Análisis por el Método de elementos finitos (MEF) del eje de transmisión</i> ...	159

<i>Análisis por el Método de elementos finitos (MEF) de la bandeja de salida..</i>	163
<i>Análisis por el Método de elementos finitos (MEF) de la estructura</i>	167
Implementación de la máquina	172
Resultados de la investigación	181
Simulación computacional del funcionamiento de la máquina.....	181
<i>Análisis de resultado con la ayuda de software Altair EDEM Student</i>	183
Validación de la máquina clasificadora de tomate.....	186
Implementación del protocolo de pruebas.	190
<i>Formato de protocolo de pruebas.....</i>	190
Conclusiones y recomendaciones	192
Conclusiones	192
Recomendaciones	194
Bibliografía.....	195
Anexos	200

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Evolución del tomate de riñón</i>	33
Tabla 2 <i>Descripción taxonómica del tomate de riñón</i>	34
Tabla 3 <i>Composición nutricional del tomate de riñón</i>	36
Tabla 4 <i>Variedades de tomate de riñón</i>	37
Tabla 5 <i>Calibres de tomate de riñón</i>	44
Tabla 6 <i>Características de la estructura</i>	45
Tabla 7 <i>Tipos de pernos</i>	47
Tabla 8 <i>Tipos de tornillos de cabeza hueca con capucha</i>	49
Tabla 9 <i>Tipos de arandelas</i>	50
Tabla 10 <i>Ventajas y desventajas de un motor eléctrico</i>	52
Tabla 11 <i>Ventajas y desventajas de Motorreductores</i>	53
Tabla 12 <i>Ventajas y desventajas de mecanismo por relación de dientes de engranes</i> .53	
Tabla 13 <i>Ventajas y desventajas de transmisión por poleas de diferentes diámetros</i> ...54	
Tabla 14 <i>Tipos de cojinetes de bola</i>	56
Tabla 15 <i>Tipos de cojinetes de rodillo</i>	57
Tabla 16 <i>Tipos de chumaceras</i>	58
Tabla 17 <i>Tipos de Dispositivos de Control manual</i>	62
Tabla 18 <i>Tipos de tolvas</i>	64
Tabla 19 <i>Tipos de clasificación por tamaño</i>	71
Tabla 20 <i>Dimensiones del tomate de riñón</i>	76
Tabla 21 <i>La voz del ingeniero</i>	86
Tabla 22 <i>Características de máquinas clasificadoras de dos marcas diferentes</i>	87
Tabla 23 <i>Requerimientos de los clientes</i>	89
Tabla 24 <i>Requerimientos funcionales</i>	89

Tabla 25	<i>Especificaciones técnicas para el diseño del sistema clasificador de tomate</i>	91
Tabla 26	<i>Subfunciones de la máquina clasificadora de tomate de riñón</i>	93
Tabla 27	<i>Matriz morfológica del sistema clasificador</i>	94
Tabla 28	<i>Método ordinal corregido de criterios ponderados</i>	96
Tabla 29	<i>Evaluación de las soluciones con respecto a tipo del sistema clasificador</i>	97
Tabla 30	<i>Evaluación de las soluciones con respecto a los niveles de clasificación</i>	97
Tabla 31	<i>Evaluación de las soluciones con respecto a los materiales económicos</i>	97
Tabla 32	<i>Evaluación de las soluciones con respecto a la velocidad de ingreso</i>	98
Tabla 33	<i>Evaluación de las soluciones con respecto a la rapidez del proceso</i>	98
Tabla 34	<i>Evaluación de las soluciones con respecto a las dimensiones</i>	98
Tabla 35	<i>Evaluación de las soluciones con respecto al grado de automatización</i>	99
Tabla 36	<i>Evaluación de las soluciones con respecto al ruido</i>	99
Tabla 37	<i>Evaluación de las soluciones con respecto al peso de la máquina</i>	99
Tabla 38	<i>Evaluación total y selección de la solución</i>	100
Tabla 39	<i>Factores de servicio para elementos de transmisión de potencia, KA</i>	126
Tabla 40	<i>Diámetros y longitudes de referencia de poleas y correas trapezoidales</i>	128
Tabla 41	<i>Esfuerzos máximos de bandas trapezoidales</i>	134
Tabla 42	<i>Duración recomendada para rodamientos</i>	136
Tabla 43	<i>Parámetros eléctricos del interruptor termomagnético</i>	143
Tabla 44	<i>Parámetros eléctricos del contactor</i>	144
Tabla 45	<i>Parámetros eléctricos del relé termomagnético</i>	144
Tabla 46	<i>Calidad de mallado en función de Orthogonal Quality</i>	152
Tabla 47	<i>Factores de Seguridad para Materiales Dúctiles</i>	154
Tabla 48	<i>Consideraciones protocolo de pruebas</i>	188
Tabla 49	<i>Consideraciones protocolo de pruebas</i>	190

Índice de Figuras

Figura 1 Patrón de color para frutos del tomate de riñón	32
Figura 2 Origen, domesticación, migración y mejoramiento del tomate de riñón.....	33
Figura 3 Características de tomate de riñón	35
Figura 4 Proceso de clasificación de tomate de riñón manual	38
Figura 5 Proceso de clasificación automática de tomate de riñón.....	39
Figura 6 Flujograma de proceso de industrialización de frutos y hortalizas.....	42
Figura 7 Clasificadores de hortalizas	43
Figura 8 Perno.....	46
Figura 9 Tipos de tuercas hexagonales	48
Figura 10 Tipos de tornillos ranurados.....	49
Figura 11 Relación de dientes de engranajes.....	54
Figura 12 Por poleas de diferentes diámetros.....	55
Figura 13 Parámetros característicos del fusible	59
Figura 14 Relé térmico	59
Figura 15 Características del contactor.....	60
Figura 16 Parámetros característicos del interruptor termomagnético	61
Figura 17 Sistema clasificador de hortalizas comercial.....	63
Figura 18 Bandeja inclinada	65
Figura 19 Clasificación de frutos con tambor giratorio	66
Figura 20 Clasificación de frutos por rodillos.....	67
Figura 21 Calibradora de malla metálica.....	67
Figura 22 Calibradora por cilindro giratorio	68
Figura 23 Calibradora por varios cilindros perforados giratorios	69

Figura 24 <i>Calibradora por correas divergentes</i>	70
Figura 25 <i>Compuerta de seguridad de salida del producto</i>	72
Figura 26 <i>Superficie de cosecha de tomate de riñón en la provincia de Cotopaxi</i>	78
Figura 27 <i>Producción tomate de riñón en la provincia de Cotopaxi</i>	79
Figura 28 <i>Precios nacionales para productor y mayoristas de tomate de riñón</i>	81
Figura 29 <i>Desagregación del empleo por remuneración en tomate de riñón</i>	82
Figura 30 <i>Forma de clasificación del tomate de riñón</i>	84
Figura 31 <i>Requerimientos del usuario para la máquina clasificadora</i>	84
Figura 32 <i>Casa de la calidad</i>	87
Figura 33 <i>Diagrama funcional de la máquina clasificadora</i>	92
Figura 34 <i>Diagrama de subfunciones de la máquina clasificadora</i>	92
Figura 35 <i>Flujograma general del proceso de alternativa seleccionada</i>	100
Figura 36 <i>Subsistemas del proceso</i>	101
Figura 37 <i>Fuerza ante carga en los rodamientos</i>	104
Figura 38 <i>Descomposición de fuerzas ante carga en los rodamientos</i>	105
Figura 39 <i>Diagrama de la carga actuante en el eje de la máquina</i>	105
Figura 40 <i>Diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores del eje</i>	106
Figura 41 <i>Cilindro hueco</i>	109
Figura 42 <i>Cilindro sólido</i>	110
Figura 43 <i>Inercia esfera sólida</i>	112
Figura 44 <i>Representación polea motriz y conducida del sistema clasificador</i>	117
Figura 45 <i>Fuerzas y momentos actuantes en el eje</i>	118
Figura 46 <i>Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin</i>	119
Figura 47 <i>Factor de modificación de tamaño</i>	120
Figura 48 <i>Factor de carga</i>	121

Figura 49 <i>Gráficas de factores teóricos de concentración del esfuerzo K_t</i>	122
Figura 50 <i>Gráficas de factores teóricos de concentración del esfuerzo K_{ts}</i>	124
Figura 51 <i>Potencias nominales básicas de las correas trapezoidales estándar</i>	132
Figura 52 <i>Longitudes de correas trapezoidales vs factores de corrección de longitud</i>	133
Figura 53 <i>Chavetas Opac Components</i>	138
Figura 54 <i>Tolva de ingreso del producto</i>	139
Figura 55 <i>Geometría que representa la tolva a su máxima capacidad (y su volumen)</i>	140
Figura 56 <i>Calibres de cable de cobre</i>	145
Figura 57 <i>Esquema eléctrico</i>	147
Figura 58 <i>Esquema eléctrico de funcionamiento</i>	147
Figura 59 <i>Vista isométrica de la máquina clasificadora de tomate</i>	148
Figura 60 <i>Vista isométrica de la máquina clasificadora de tomate</i>	149
Figura 61 <i>Vista isométrica de la máquina clasificadora de tomate</i>	149
Figura 62 <i>Vista lateral de la máquina clasificadora de tomate</i>	150
Figura 63 <i>Vista isométrica de la máquina clasificadora de tomate</i>	150
Figura 64 <i>Máquina clasificadora de tomate</i>	151
Figura 65 <i>Calidad de la malla de la tolva de ingreso</i>	152
Figura 66 <i>Desplazamientos en la tolva de ingreso de tomates</i>	153
Figura 67 <i>Esfuerzos principales máximos en la tolva de ingreso de tomates</i>	153
Figura 68 <i>Factor de seguridad de la tolva de ingreso de tomates</i>	154
Figura 69 <i>Masa que representa los tomates en el cilindro</i>	155
Figura 70 <i>Calidad de la malla del cilindro clasificador</i>	156
Figura 71 <i>Carga aplicada en el cilindro clasificador</i>	157
Figura 72 <i>Desplazamientos en el cilindro clasificador</i>	157
Figura 73 <i>Esfuerzos principales máximos en el cilindro clasificador</i>	158

Figura 74 <i>Calidad de la malla del eje de transmisión</i>	160
Figura 75 <i>Cargas aplicadas en el eje de transmisión</i>	161
Figura 76 <i>Desplazamientos en el eje de transmisión</i>	161
Figura 77 <i>Esfuerzos principales máximos en el cilindro clasificador</i>	162
Figura 78 <i>Factor de seguridad del eje de transmisión</i>	162
Figura 79 <i>Bandeja de salida</i>	163
Figura 80 <i>Calidad de la malla de la bandeja de salida</i>	164
Figura 81 <i>Carga aplicada en la bandeja de salida</i>	165
Figura 82 <i>Desplazamientos en la bandeja de salida</i>	165
Figura 83 <i>Esfuerzos principales máximos en la bandeja de salida</i>	166
Figura 84 <i>Factor de seguridad de la bandeja de salida</i>	166
Figura 85 <i>Diagrama estructural unifilar</i>	167
Figura 86 <i>Perfiles asignados a la estructura</i>	168
Figura 87 <i>Ubicación de cargas que soporta la estructura</i>	169
Figura 88 <i>Desplazamientos en la estructura</i>	170
Figura 89 <i>Esfuerzos principales máximos en la estructura</i>	171
Figura 90 <i>Cortes de tubo cuadrado para armar la estructura del sistema clasificador</i>	173
Figura 91 <i>Proceso de armado y soldado de la estructura</i>	173
Figura 92 <i>Armado final de estructura</i>	174
Figura 93 <i>Corte Electroplasma CNC orificios diseñados</i>	174
Figura 94 <i>Acabados: Pulido de las planchas mecanizadas</i>	175
Figura 95 <i>Acabados: Limado de las planchas mecanizadas</i>	175
Figura 96 <i>Soldadura de las secciones del cilindro giratorio</i>	176
Figura 97 <i>Ensamblaje del cilindro giratorio</i>	176
Figura 98 <i>Ensamblaje del cilindro giratorio</i>	177

Figura 99	<i>Aplicación de UNIPRIMER con aire comprimido, capa de protección</i>	177
Figura 100	<i>Aplicación de UNIPRIMER con aire comprimido al cilindro giratorio</i>	178
Figura 101	<i>Aplicación de capa de pintura anticorrosiva con aire comprimido al eje</i>	178
Figura 102	<i>Aplicación de capa de pintura anticorrosiva con a varios elementos</i>	179
Figura 103	<i>Aplicación de capa de pintura anticorrosiva a la estructura y gabinete</i>	179
Figura 104	<i>Aplicación de capa esponjosa de protección, e higiene del producto</i>	180
Figura 105	<i>Ensamblaje de todos los componentes de la máquina</i>	180
Figura 106	<i>Presentación de la máquina clasificadora de tomate de riñón</i>	180
Figura 107	<i>Geométrica de la partícula</i>	181
Figura 108	<i>Modelado de la máquina clasificadora de tomate</i>	182
Figura 109	<i>Configuración de la velocidad de rotación del cilindro</i>	183
Figura 110	<i>Generación de partículas</i>	183
Figura 111	<i>Simulación del funcionamiento de la máquina clasificadora</i>	184
Figura 112	<i>Comportamiento de las partículas en el interior del cilindro</i>	184
Figura 113	<i>Simulación del funcionamiento de la máquina clasificadora</i>	185
Figura 114	<i>Diagrama del número de partículas vs tiempo, presentes en el cilindro</i>	185
Figura 115	<i>Comprobación y correcto funcionamiento de la máquina</i>	187
Figura 116	<i>Clasificación satisfactoria de la máquina clasificadora</i>	188
Figura 117	<i>Aplicación de un recubrimiento protector para el cuidado del producto</i>	189
Figura 118	<i>Formato de protocolo de prueba máquina clasificadora</i>	191

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 <i>Diámetro de una circunferencia (m)</i>	108
Ecuación 2 <i>Inercia de cilindros huecos (Kg.m²)</i>	109
Ecuación 3 <i>Inercia de cilindros sólidos (Kg.m²)</i>	110
Ecuación 4 <i>Inercia de una esfera (Kg.m²)</i>	112
Ecuación 5 <i>Velocidad angular (rad/s)</i>	114
Ecuación 6 <i>Aceleración angular (rad/s²)</i>	114
Ecuación 7 <i>Torque (N.m)</i>	115
Ecuación 8 <i>Potencia motor (watt)</i>	115
Ecuación 9 <i>Torque transmitido de una polea a otra (N.m)</i>	118
Ecuación 10 <i>Límite a la fatiga (Kpsi)</i>	119
Ecuación 11 <i>Factor de condición superficial</i>	119
Ecuación 12 <i>Factor de modificación de tamaño</i>	120
Ecuación 13 <i>Límite de fatiga aceros (Kpsi)</i>	121
Ecuación 14 <i>Esfuerzo en eje redondo con filete en el hombro en flexión (psi)</i>	123
Ecuación 15 <i>Inercia de círculo hueco (Kg.m²)</i>	123
Ecuación 16 <i>Esfuerzo en eje redondo con filete en el hombro en torsión(psi)</i>	124
Ecuación 17 <i>Momento polar de inercia de círculo hueco (psi)</i>	124
Ecuación 18 <i>Factor de seguridad, recta modificada de Goodman</i>	125
Ecuación 19 <i>Potencia de diseño (Kw)</i>	127
Ecuación 20 <i>Relación de transmisión</i>	127
Ecuación 21 <i>Diámetro polea conducida(mm)</i>	129
Ecuación 22 <i>Velocidad de la correa(m/s)</i>	129
Ecuación 23 <i>Longitud preliminar de la polea(mm)</i>	130
Ecuación 24 <i>Distancia entre centros verdadera (mm)</i>	130

Ecuación 25 <i>Distancia entre centros mínima (mm)</i>	131
Ecuación 26 <i>Distancia entre centros máxima (mm)</i>	131
Ecuación 27 <i>Ángulo de contacto en la polea de conducción (rad)</i>	131
Ecuación 28 <i>Número de bandas requerido para transmitir la potencia de diseño</i>	132
Ecuación 29 <i>Tensión de banda inicial(N)</i>	134
Ecuación 30 <i>Factor de seguridad de la banda</i>	135
Ecuación 31 <i>Capacidad de carga dinámica de rodamiento (KN)</i>	135
Ecuación 32 <i>Número de revoluciones de diseño para rodamiento (rev)</i>	136
Ecuación 33 <i>Volumen (m³)</i>	139
Ecuación 34 <i>Peso (N)</i>	140
Ecuación 35 <i>Rango operación del interruptor termomagnético (A)</i>	142
Ecuación 36 <i>Corriente máxima (A)</i>	142
Ecuación 37 <i>Corriente de trabajo (A)</i>	145
Ecuación 38 <i>Factor de seguridad</i>	158
Ecuación 39 <i>Carga(N)</i>	164
Ecuación 40 <i>Deflexión(mm)</i>	170

Resumen

La implementación de un diseño de prototipo de máquina clasificadora de tomate de riñón tiene el propósito de incrementar la productividad del sector microempresarial y emprendimientos, de manera que se plantea realizar una clasificación de tomate de riñón en 5 rangos establecidos, además por medio del proceso de automatización se evitará el contacto de los operadores con el producto, esto afín de ahorrar recursos de tiempo y dinero de los agricultores. Por otro lado, el uso de la ingeniería concurrente garantiza y determina las necesidades, requerimientos y exigencias del cliente para especificar los parámetros de diseño mecánico y eléctrico, de tal forma que se consigue un proceso sistemático de selección de materiales, procesos de manufactura y cumplimiento de normativas. Además se creará y justificará sistemas CAD (Diseño Asistido por computador) y eventos de simulación asistida por computador (CAE), donde se efectuará análisis estructurales bajo carga estática y dinámica de los componentes del sistema, esto proporciona una fácil fabricación y ensamblaje del mecanismo determinado de cilindro giratorio ahorrando recursos económicos y tiempo en el proceso, el sistema opera a través de un control industrial compuesto por protecciones eléctricas, contactor y pulsadores, los cuales controlan el proceso de automatización del proyecto planteado.

Palabras clave:

- **INGENIERÍA CONCURRENTE**
- **SIMULACIÓN ESTÁTICA**
- **SIMULACIÓN DINÁMICA**
- **TOMATE RIÑÓN**
- **CONTROL INDUSTRIAL**

Abstract

The implementation of a prototype design of a kidney tomato sorting machine has the purpose of increasing the productivity of the microenterprise sector and enterprises, in such a way that it is proposed to carry out a kidney tomato classification in 5 established ranges, also through the process of Automation will avoid the contact of the operators with the product, this in order to save resources of time and money of the farmers. On the other hand, the use of concurrent engineering guarantees and determines the needs, requirements and demands of the client to specify the mechanical and electrical design parameters, in such a way that a systematic process of material selection, manufacturing processes and compliance is achieved. of regulations. In addition, CAD systems (Computer Aided Design) and computer aided simulation events (CAE) will be created and justified, where structural analysis will be carried out under static and dynamic load of the system components, this provides an easy manufacture and assembly of the determined mechanism. Of rotating cylinder, saving economic resources and time in the process, the system operates through an industrial control composed of electrical protections, contactor and pushbuttons, which control the automation process of the proposed project.

Key words:

- **CONCURRENT ENGINEERING**
- **STATIC AND SIMULATION**
- **DYNAMIC SIMULATION**
- **KIDNEY TOMATO**
- **INDUSTRIAL CONTROL**

Capítulo I

1. Marco Metodológico de la Investigación

1.1 Planteamiento del Problema

La evolución de la industria en la actualidad obliga a investigadores e ingenieros a adoptar nuevas metodologías para el análisis de diseño de máquinas y mecanismos, con el fin de proveer nuevas herramientas y satisfacer las necesidades de emprendedores, en los estrictos sentidos de calidad y economía que rigen el mercado actual.

Las metodologías manuales de recolección y clasificación de tomate de riñón presentan muchas desventajas, la principal es el tiempo requerido para la selección y llenado de las cajas del producto por lo que se produce una necesidad de pequeños emprendedores y productores en el sector agrícola, hacer alguna modificación con el diseño de una máquina que cumpla los requerimientos, mediante un mecanismo principal de movimiento para clasificar el producto.

Cabe indicar que el presente proyecto pretende brindar una solución de productividad, específica en el escogimiento y en la calidad del empaque, más no en mejora de calidad misma del producto.

1.2 Antecedentes

Para la elaboración del presente proyecto de investigación, se tomará en cuenta la documentación fundamentada en la ingeniería concurrente para lograr un diseño que involucre criterios con enfoque a la calidad, tomando en cuenta como factor principal las características que se determinarán a partir del análisis de la voz del cliente, de tal manera que se conseguirá un sistema integral para clasificación de distintos tamaños de tomates de riñón, lo cual va a fortalecer el medio productivo tanto en microempresas

como emprendimientos. Para efecto se utilizarán herramientas matemáticas y computacionales, así como también se aplicará las normativas pertinentes según lo determina el diseño mecánico. Posteriormente se efectuará el diseño eléctrico que permita automatizar el sistema clasificador.

En Ecuador existe una baja implementación de estos sistemas en la productividad e industria debido a sus altos costos y falta de inversión, varias haciendas y fincas se caracterizan por ser productores y comercializadores de tomate de riñón a nivel nacional e internacional siendo reconocida por sus clientes, empleados y distribuidores.

Las clasificadoras de tomate de riñón son un ejemplo de la importancia de la ciencia de los mecanismos, para lograr mediante diversas estrategias de ingeniería la clasificación de la hortaliza, mediante esta aplicación se pretende mejorar la productividad de los microempresarios y emprendedores dedicados a este modo de producción.

1.3 Justificación e importancia

En la actualidad en la industria y productividad de nuestro país se emplean técnicas manuales de clasificación de productos en las líneas del sector agrícola. En Ecuador el tomate de riñón es considerado una hortaliza que más se cultiva en la zona central del país a campo abierto e invernaderos últimamente. El propósito del presente proyecto está aplicado a la etapa luego de la cosecha denominada poscosecha.

Las técnicas o metodologías de clasificación que se utilizan en la actualidad son manuales, este proceso resulta tedioso, cansado y agotador para las personas que se encargan de esta actividad. Sin embargo, existen máquinas importadas clasificadoras de tomates de riñón que poseen un costo excesivo para la adquisición de pequeños

productores o emprendedores

El presente proyecto propone el diseño e implementación de una máquina clasificadora de tomate de riñón que satisfaga con los objetivos a plantearse, por ende, lo más importante es que la maquinaria esté disponible a un costo de fabricación accesible para las pequeñas empresas.

Si bien existen varios temas relacionados de máquinas clasificadoras de productos agrícolas en la cual intervienen varios criterios para su clasificación como por su peso, tamaño otras más modernas como por su color, forma, e incluso de acuerdo a condiciones del estado interno del producto, el tema aún es importante debido a que el diseño e implementación de un sistema clasificador de tomate de riñón aplicable a la fundación “AYLLU APU FAA”, el cual contribuirá en impulsar el sector microempresarial y emprendimientos en las comunidades de la provincia de Cotopaxi, esto debido a que se propone utilizar la metodología de ingeniería concurrente que garantiza diseños óptimos y eficientes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema clasificador de tomate de riñón (*Lycopersicon esculentum*) aplicable a la Fundación “AYLLU APU FAA” de la provincia de Cotopaxi-Ecuador para impulsar el sector microempresarial y emprendimientos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información científica de base que permita referenciar las operaciones inmersas en el proceso de diseño.
- Efectuar el análisis de factibilidad para la construcción de un sistema de clasificación de tomate de riñón.

- Determinar el escenario de cargas por medio de un software computacional especializado para análisis mecánico.
- Diseñar el clasificador de tomate de riñón.
- Virtualizar el sistema mediante un software 3D.
- Construir el sistema clasificador de tomate de riñón.
- Validar el sistema construido mediante el correspondiente protocolo de pruebas.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1 Antecedentes Investigativos

El trabajo de titulación “DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE DE 700 [kg/h] DE CAPACIDAD (Alcalde & Bone, 2013). Este proyecto propone recopilar información acerca de: el origen del tomate, características de la planta de tomate, beneficios de consumir tomate, variedades de tomate en el Ecuador, el cultivo del tomate, producción de tomate en el territorio nacional, enfermedades que presenta el tomate, el proceso de cosecha y poscosecha y la caracterización física del tomate. Conjuntamente se realiza un compendio de las teorías que se utilizan para desarrollar el diseño de cada uno de los elementos que componen la máquina clasificadora. Además, se estudia las ventajas y desventajas de las diferentes alternativas de diseño. De la alternativa seleccionada se realiza el diseño y cálculo de todos los elementos que compone la máquina. Se elaboran los procesos de construcción y una evaluación de los costos de producción, para finalizar con el protocolo de pruebas de la máquina.(Alcalde & Bone, 2013)

El trabajo de titulación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA CLASIFICADORA PARA ZANAHORIA NANTESA” (Restrepo Herrera & Silva Fernández, 2020). Este proyecto propone el diseño y la construcción de un sistema de baja capacidad y costo como alternativa de solución a las necesidades de la asociación de agricultores de la vereda “El Abejón”, quienes manifiestan su interés por un mecanismo para asistir el proceso de clasificación de la zanahoria tipo Nantesa. Se desarrolla el proyecto mediante un análisis de los siguientes aspectos fundamentales, previos al planteamiento del mecanismo mencionado: los requerimientos del cliente, las

propuestas existentes en el mercado y la normatividad vigente para el manejo de alimentos en Colombia. El resultado de este análisis permite identificar los elementos que se utilizarán para la construcción de este sistema. Se calcula la estructura mecánica con la que se dosifica y permite supervisar el resultado de la clasificación del producto mediante un módulo de visión de máquina que fue evaluado en diferentes condiciones.(Herrera & Fernández, 2020)

El trabajo de titulación “MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRUTAS Y HORTALIZAS PORTÁTIL” (Sánchez et al., 2010). La presente invención 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. Los productos a clasificar entran 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 en el anillo guía.(Sánchez et al., 2010)

El trabajo de titulación “DISEÑO DE MÁQUINA CLASIFICADORA DE TUNAS TENIENDO EN CUENTA COMO PARÁMETRO SU PESO ESPECÍFICO” (Mamani, 2013). Este proyecto propone una descripción del problema, objetivos, ubicación, clima, antecedentes, normas etc. Además, contiene el estudio de mercado, donde se constata la producción de fruta tuna en la Región, de esta manera se pudo determinar la ubicación de la planta de clasificación de tunas, así como finalmente se convierte en

una herramienta para el análisis de prefactibilidad del proyecto. También describe las características generales de productos comerciales relacionados a maquinarias para procesos de manipuleo de frutas. Luego se evalúa las opciones de constitución de los diferentes sistemas, tomando en cuenta una serie de requerimientos a satisfacer, identificando necesidades, dando alternativas de solución y finalmente seleccionando el sistema más óptimo. Finalmente se diseña y selecciona los componentes de la máquina clasificadora de la tuna, y se determina las características de la planta de procesos, para economizar los costos de inversión.(Mamani, 2013)

El trabajo de titulación “DISEÑO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TAMAÑO PARA LA MEJORA DE LA PRECISIÓN EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DE DURAZNOS, DE LA EMPRESA FRUTOS COLCA UBICADO EN EL VALLE FORTALEZA, BOLOGNESI - ANCASH” (Venturo, 2019). El presente trabajo de Suficiencia Profesional tiene como propósito diseñar una máquina clasificadora de duraznos con la finalidad de mejorar la precisión en el proceso de selección por tamaño, como también elevar la productividad y optimizar el tiempo de esta actividad promoviendo plena aceptación de los clientes para la empresa Frutos Colca S.A. ubicado en el valle Fortaleza, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash.

El trabajo de titulación “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRUTOS POR SU TAMAÑO” (Angos & Calvopiña, 2013). El presente proyecto obedece a la necesidad de clasificar los frutos que produce de una manera eficiente, el proceso de clasificación es una actividad que se realiza en todas las haciendas del cantón Moncayo con la implementación de una máquina para el proceso de clasificación para el ahorro de recursos. El mecanismo empleado en la máquina clasificadora de frutos por su tamaño es de cilindros giratorios. (Angos & Calvopiña, 2013)

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 El tomate riñón

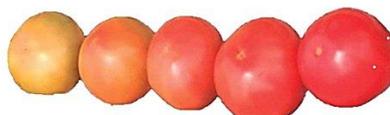
El tomate de riñón (*Lycopersicum esculentum*) es un producto vegetal y hortaliza que más se siembra y consume a nivel nacional e internacional, debido a su alto consumo, al área cosechada y el valor económico de su producción. (López, 2016)

Se caracteriza por ser un cultivo intensivo, ya que en Ecuador se lo realiza durante todo el año por pequeñas, medianas empresas productoras y cuya producción se concentra en la zona central del país. Se conoce que durante los últimos años se ha elevado su nivel de producción anual principalmente por el aumento en el rendimiento y en menor proporción por el incremento del área cultivada. La importancia social y económica del tomate de riñón en sistemas de producción a campo abierto e invernaderos, cada día tiene mayor relevancia nutricional ya que es una fuente extraordinaria de minerales, vitaminas y sustancias antioxidantes que benefician la salud del cuerpo humano. (Escobar & Lee, 2009)

A nivel mundial esta hortaliza es una de mayor consumo, se conoce que es cultivada en más de 100 países, los más relevantes son Estados Unidos, Egipto, Turquía, China, Perú, Ecuador y otros. Su producción mundial se encuentra en constante crecimiento ya que los agricultores últimamente aplican técnicas que permite aumentar el rendimiento. (López, 2016)

Figura 1

Patrón de color para frutos del tomate de riñón



Nota. Se observa varios tipos de colores de tomate riñón. Tomado de (López, 2016).

2.2.2 Origen del tomate de riñón

El origen del tomate de riñón fue en Sudamérica en las regiones comprendidas entre Perú, Chile, Bolivia, Colombia y Ecuador en una zona comprendida entre estos países de cerca de unos 300 km de longitud (Vallejo, 1999), en la Tabla 1 y Figura 2 se muestra el origen del fruto, su migración a otros países y evolución:

Tabla 1

Evolución del tomate de riñón

Denominación	Evolución
*	Sitio de origen: parte occidental de América del Sur.
1	Migración del tomate silvestre, tipo cereza.
2	Sitio de domesticación: México, época precolombina.
3	Introducción de cultivares mexicanos al Mediterráneo, siglo XVI.
4	Mejoramiento de cultivares europeos.
5	Introducción de América del Norte, siglo XVIII.
6	Mejoramiento de cultivares norteamericanos,
7	Introducción de nuevo germoplasma (silvestre), siglo XX.
8	Introducción al Brasil y resto de América del Sur, siglo XIX

Nota. Se determina la evolución del tomate de riñón alrededor del mundo por etapas hasta la actualidad. Tomado de (Vallejo, 1999).

Figura 2

Origen, domesticación, migración y mejoramiento del tomate de riñón



Nota. Se representa los puntos sobre la evolución del fruto. Tomado de (Vallejo, 1999).

2.2.3 Taxonomía

El tomate es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia Solanaceae y al género *Lycopersicon esculentum*, es una especie cultivada y posee nueve variedades silvestres relacionadas. El nombre genérico y específico del tomate fue dado por Miller en 1788 (Humphrey, 1937). Las seis especies de tomate pueden ser clasificadas dependiendo del color del fruto:

Eulycopersicon: Incluye las especies de frutos rojos, en estado maduro

- *L. esculentum*
- *L. esculentum* varo *cerasiforme*
- *L. pimpinellifolium*

Eriopersicon: Incluye las especies de frutos verdes en estado maduro

- *L. chilense*
- *L. peruvianum*
- *L. hirsutum*
- *L. parviflorum* y *L. chmielewskii*. (Humphrey, 1937)

A continuación, en la Tabla 2 se indica la taxonomía del tomate de riñón:

Tabla 2

Descripción taxonómica del tomate de riñón

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Especie	Esculentum
Género	Lycopersicum

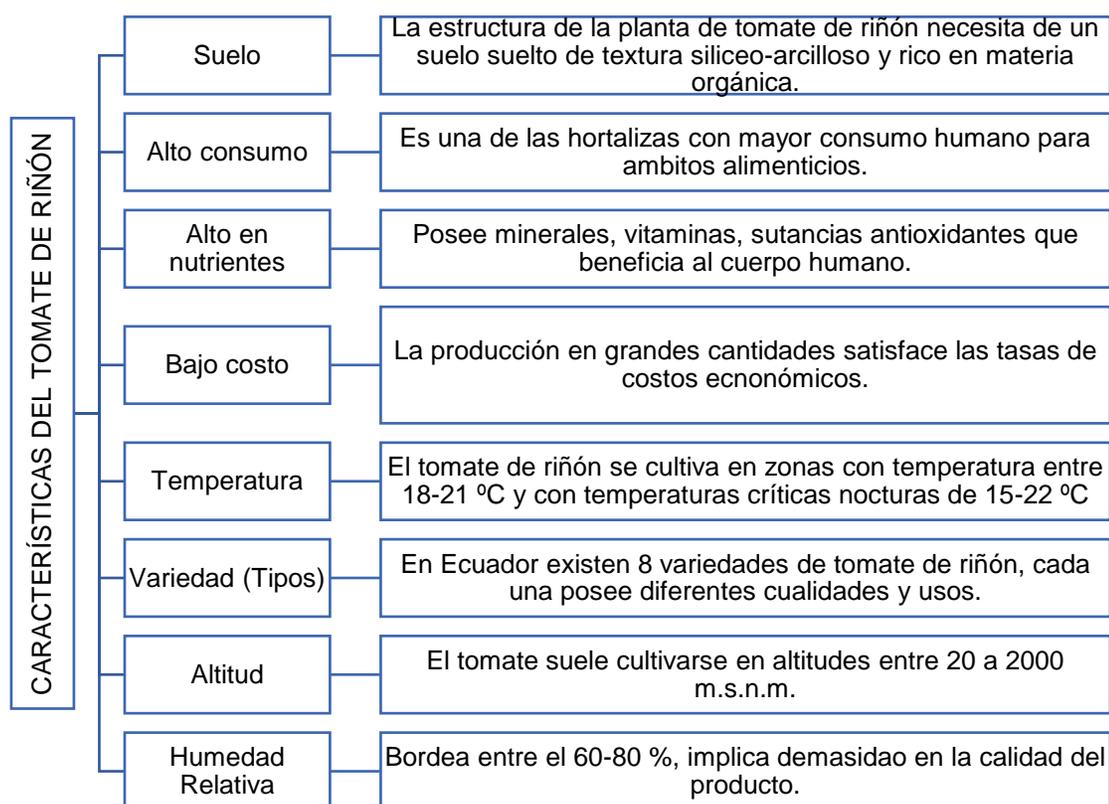
Nota. Se indica la taxonomía del fruto del tomate y su reino. Tomado de (López, 2016).

2.2.4 Características de tomate de riñón

De acuerdo al autor (Pulupa, 2013) el tomate de riñón posee características beneficiosas que abarca varios recursos que sobresalen en ámbitos ecológicos, económicos, humanos, sociales, financieros y demás como se indica en la siguiente Figura 3.

Figura 3

Características de tomate de riñón



Nota. Se observa las características fundamentales de las variedades del tomate de riñón.

Tomado de (H. Rodríguez et al., 2006) y (Fiorella, 2006).

2.2.5 Composición nutricional tomate de riñón

Los tomates de riñón se consumen en todo el mundo como verduras frescas debido a su alto contenido de nutrientes esenciales ricos en antioxidantes, los cuales eliminan los radicales libres protegiendo del daño oxidativo celular. Esta hortaliza contiene varias vitaminas: A, B1, B2, B6, proteínas, minerales entre los principales (calcio, potasio, sodio, fósforo, magnesio, azufre, cloro). También es fuente de aminoácidos que llevan a cabo importantes funciones corporales, incluyendo el mantenimiento de la estructura celular, el transporte y almacenamiento de nutrientes, la cicatrización de heridas y la reparación de tejidos dañados. (López, 2016)

La composición nutricional del tomate se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3

Composición nutricional del tomate de riñón

Composición nutricional	Verde	Rojo
Calorías (kcal)	21	21
Carbohidratos (g)	4.6	4.6
Colesterol (mg)	0	0
Calcio(mg)	13	13
Fibra dietética (g)	1.1	1,2
Folatos (mcg)	9	15
Hierro (mg)	0.6	0.6
Magnesio (mg)	20	20
Proteínas (g)	1.1	1.1
Potasio (mg)	237	204
Vitamina A (mcg)	32	42
Vitamina B1 (mg)	0.06	0.06
Vitamina B2 (mg)	0.04	0.04
Vitamina C (mg)	18	23
Niacina (mg)	0.6	0.6

Nota. Se indica la composición vitamínica del tomate de riñón. Tomado de (López, 2016).

2.2.6 Tipos de tomate riñón

Entre las variedades de tomate de riñón que más se cultivan en el Ecuador son principalmente: Pietro, Titán, Sheila, Charleston, Daniela, Gloria, Gigante, Coloso,

Alambra y Chonto. De las cuales la mayoría son cultivadas en invernaderos, ya que permite el control de los factores climáticos de modo que el tomate puede desarrollarse en cualquier estación del año. Los tomates recomendados para el cultivo en invernadero son: Daniela, Fortaleza, Sheila, Titán y Pietro. (El Comercio, 2011).

Tabla 4

Variedades de tomate de riñón

Tipo	Descripción
Fortaleza	Crece en condiciones de baja luz solar y zonas frías, lo cual lo hace ideal para el cultivo en los valles de la sierra ecuatoriana. Es ideal para el cultivo en invernaderos, además se caracteriza por tener excelente color y resistencia.
Fortuna	Es ideal para el cultivo en invernaderos desde los 1600 a 2700 msnm. Se desarrolla alrededor de 8 meses, el aspecto del fruto es de rojo intenso, brillante y resistente. Los frutos alcanzan un peso de 240 y 260 gramos.
Cherry o Cereza	A diferencia del tomate tipo fortaleza, este necesita de mucha luz solar y de zonas de clima tropical, principalmente el cultivo es dirigido a la cocina gourmet, además el fruto es relativamente pequeño, aproximadamente del tamaño de una cereza.
Chonto	Se caracteriza por ser resistente, lo cual permite ser manipulado y transportado con seguridad sin que se dañe el producto, de tamaño mediano, y alcanza un peso de 120 a 180 gramos.
Pietro	Sus ramas son fuertes, lo cual permite ser manipulada sin tanto riesgo de que provoque alguna afectación a la planta cuando se realiza para tareas de cuidado de la planta. Cada racimo puede producir entre 5 y 7 frutos, los cuales son de color rojo intenso y de forma semiredonda. Los frutos llegan a pesar entre 230 y 250 gramos.
Titán	Es ideal para el cultivo en invernaderos, entre sus cualidades incluyen que son de buen sabor, resistentes al transporte y de bajo consumo de agua para su cultivo. Los frutos llegan a pesar entre 200 y 240 gramos.
Daniela	Es cultivado en campo abierto o en invernaderos, es una planta muy fuerte y productiva, su fruto es semiredondo, de color rojo intenso, es firme lo que permite ser transportado sin que se maltrate. Los frutos alcanzan un peso entre 180 y 200 gramos.
Sheila	Sus racimos son fuertes y uniformes, sus frutos son firmes de color rojo

Tipo	Descripción
	intenso, su tamaño varía entre 5 a 6 centímetros. Su peso varía entre 200 y 250 gramos.

Nota. Se compara las variedades del tomate de riñón existentes en Ecuador. Tomado de (El Comercio, 2011).

2.2.7 Mecanismos de clasificación de tomate de riñón

Clasificación tradicional

En la actualidad, el proceso de clasificación de tomate de riñón que ejercen las microempresas como emprendimientos es la técnica manual, es una actividad de selección por tamaño según el mercado basado en criterios personales de los operarios que ejercen este trabajo. Esta clasificación del producto está ligada desde 3 a 5 rangos, dependiendo la entidad.

Figura 4

Proceso de clasificación de tomate de riñón manual



Nota. Se observa la clasificación manual del tomate de riñón. Tomado de (López, 2016).

Clasificación automática

La clasificación de tomate de riñón automática se basa en el uso de maquinaria industrial, en donde se limita el uso de recursos humanos, este método ocupa criterios

de: tamaño, color, calidad, peso, etc. La clasificación automática toma en cuenta varios puntos. (Casallas & Muñoz, 2020)

- Costo de fabricación de mecanismo o maquinaria
- Velocidad de clasificación del fruto o producto
- Factibilidad de mantenimiento de los elementos de la máquina
- Rangos de clasificación por tamaños
- Rangos de clasificación por colores

Figura 5

Proceso de clasificación automática de tomate de riñón



Nota. El gráfico representa el modelo estándar de un clasificador de frutos y hortalizas. Tomado de (Tene & Villagrán, 2017).

2.3 Descripciones normativas existentes

Las normativas y reglamentos aplicados al diseño de maquinaria industrial, materiales, elementos y componentes se indica a continuación:

Sociedad Americana de Ingenieros-SAE

La organización SAE establece una normativa estándar para fabricar flechas y ejes, la cual fue la primera en reconocer la necesidad y en adoptar un sistema para la

numeración de los aceros, SAE publicó el Sistema de Numeración Unificado para Metales y Aleaciones (UNS, por sus siglas en inglés); el sistema también contiene números interrelacionados para otras especificaciones de materiales. (Shigley, 2012)

Instituto Nacional Estadounidense de Estándares-ANSI

Es el denominado Instituto Estadounidense de Estándares Nacionales (American National Standards Institute), estándar para la fabricación de flechas o ejes. ANSI publica normas para ejes estriados, proporciona el desarrollo de Estándares Nacionales Estadounidenses (ANS) al autorizar los ordenamientos de las organizaciones de perfeccionamiento de estándares (SDO) y ratificar sus documentos como Estándares Nacionales Estadounidenses (ANS). Este proceso aprovecha y preserva el interés público, asegurando que todas las partes interesadas tengan una oportunidad de participar en el desarrollo de una norma. (ANSI, n.d.)

Normas ASME

Las Normas y la Certificación ASME tienen un papel significativo para avalar la seguridad del público y en la estandarización de objetos tan comunes como las tuercas y los tornillos, aplicados a estructuras, maquinaria, calderos, vehículos y demás trabajos ingenieriles. Las normas ASME se han transformado con los años para contener nuevos materiales de edificación, crear frente a los nuevos temas y concentrar nuevos métodos de cálculo. A medida que continúan introduciéndose cambios, la evolución mundial trae aún más cambios, lo que requiere una mayor flexibilidad, innovación y la adaptación de la industria. (Canonico et al., 2014)

Instituto Americano de Construcción en Acero-AISC

Es el denominado o nombrado Instituto Americano de la Construcción (American Institute of Steel Construction), provee un sistema integrado de las metodologías de diseño por tensiones admisibles y del diseño por factores de carga y resistencia (LFRD)

aplicado a estructuras y componentes destinados para uso ingenieril, industrial y estructural desde construcción de maquinaria hasta la incorporación de instalaciones de construcción. (Pazos Peinado, 2006)

Instituto Nacional de Normalización Estadounidense-AWS

Es la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society), tiene una misión global que es progresar en la ciencia, la tecnología y la aplicación de la soldadura y las tecnologías afines de unión y corte, incluida la soldadura fuerte, la soldadura y la pulverización térmica. La sociedad se dedica a apoyar a cientos de miles de profesionales de la industria, incluidos: soldadores, dirigentes comerciales, unidades de negocios y servicio, fabricantes, proveedores, corporaciones, establecimientos educativos, voluntarios de comités y estudiantes. (AWS, n.d.)

Comisión Electrotécnica Internacional-IEC

Esta organización emite, regula la estandarización y normativa de los materiales eléctricos destinados para uso industrial, navales, domiciliarias y automóviles. Se la pone en práctica las normas internacionales de la IEC ya que son la base para evaluar y expresar la conformidad, ya que disminuyen la circulación de productos de baja calidad que no son seguros, por lo que el beneficiario se siente tranquilo al ver un sello de aprobación IEC en el producto que obtiene. Además, dirige sistemas de evaluación de la conformidad, que le aprueban determinar si un producto o sistema es como lo indica su proveedor o fabricante y trabaja como tal. (Guaragno, 2016)

ISO 4017

Normativa encargada para análisis de tornillos, tuercas y arandelas. Esta norma internacional especifica las características de los tornillos de cabeza hexagonal, de rosca M1,6 a M64, ambas incluidas, de productos de clase A para las roscas M1,6 a M24, ambas inclusive y longitudes nominales ambas incluidas, de productos de clase A

para las roscas M1,6 a M24, ambas inclusive y longitudes nominales. En especial se basa en tornillos de cabeza hexagonal. (UNE, 2015)

Instituto Americano del Hierro y El Acero-AISI

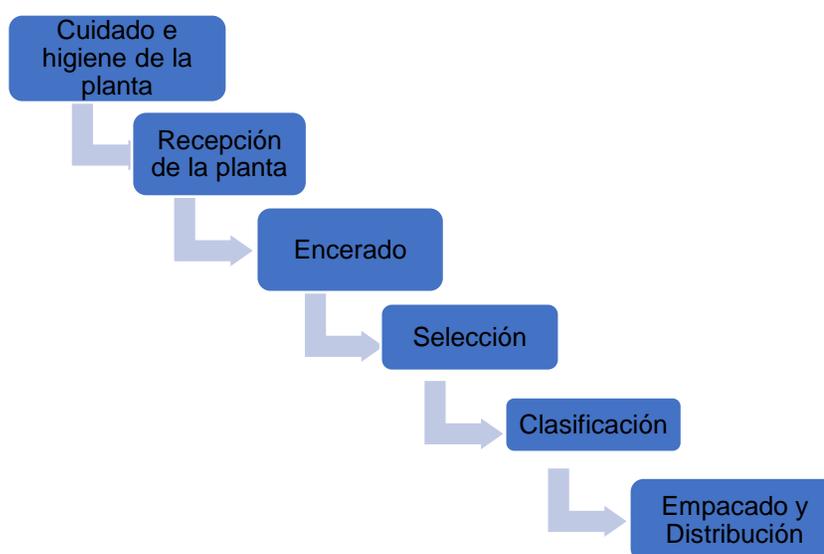
Es el denominado Instituto Americano del Hierro y El Acero (American Iron and Steel Institute). Este sistema clasifica el acero con cuatro dígitos. El primero especifica la aleación principal. El segundo indica el porcentaje aproximado del elemento principal. Los dos últimos dígitos indican la cantidad de carbono presente en la aleación. Esta norma es utilizada para gran variedad de elementos y componentes mecánicos utilizados en la industria naval, vehículos, maquinaria industrial, etc. (Maldonado, 1996)

2.4 Proceso de industrialización de hortalizas

En la actualidad para cada hortaliza, existe uno o más procesos de industrialización y productividad, cada uno puede presentar problemas específicos en relación con el control de procesos. En la Figura 6 se indican algunos procesos básicos.

Figura 6

Flujograma de proceso de industrialización de frutos y hortalizas



Nota. Se indica las fases de cuidado y poscosecha del fruto. Tomado de (Mamani, 2013).

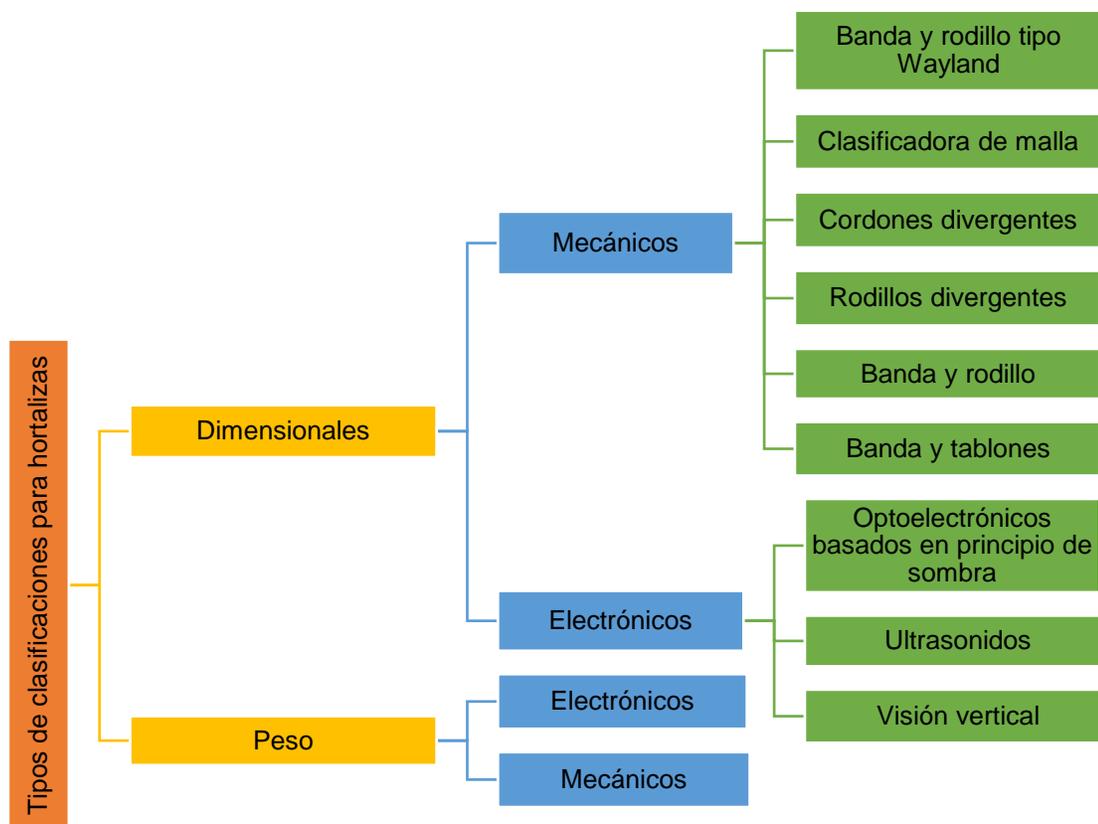
2.5 Clasificación y sus criterios de tomate de riñón

2.5.1 Clasificación del tomate riñón

Es una actividad que acontece en la etapa de poscosecha del producto, la clasificación es manual en donde intervienen criterios de tamaño y peso. En la actualidad las clasificadoras también especifican según criterios de color, defectos internos e incluso condiciones de estado interno del producto. Hoy en día las clasificadoras de tomate de riñón más implementadas son las que emplean pesado electrónico, visión artificial o ambos conjuntamente.

Figura 7

Clasificadores de hortalizas



2.5.2 Criterios de clasificación de tomate de riñón

La clasificación del tomate de riñón está ligada desde el manejo del cultivo del fruto hasta la hora de la cosecha y poscosecha, en donde los tipos de tomate de riñón se logran agrupar según distintas clasificaciones, dependiendo de los criterios usados. (Roselló I Oltra & Porcuna, 2012)

- **Según el tamaño:** Es una clasificación muy habitual, parte desde muy grandes hasta pequeños. Así el calibre comercial se indica en la siguiente Tabla 5

Tabla 5

Calibres de tomate de riñón

Calibres	Medidas
G y GG	> 67 mm de diámetro.
M	medianos entre 57 – 67 mm.
MM	pequeños entre 47 – 57 mm.
MMM	pequeños < 47 mm.
Frutos muy pequeños	< 30 g.

Nota. Se indica los calibres junto con las medidas correspondientes del fruto del tomate de riñón. Tomado (Roselló I Oltra & Porcuna, 2012).

- **Según el color:** Los colores del fruto varían desde rojo, rosado, amarillo, morado, verde, rallados, otros. El color aparece determinado por el contenido en licopeno de la carne más el color de la piel que puede ser transparente o amarilla, así la diferencia entre los rosados y los rojos, es si la piel es transparente o amarilla.
- **Según el ciclo de cultivo:** Por el tiempo de cosecha pueden ser prematuros o precoces, semi precoces, semi tardíos o tardíos

- **Según el uso:** Alrededor de un 70% del cultivo de tomate de riñón es para consumo fresco y un 30% para industria. (Roselló I Oltra & Porcuna, 2012)

2.6 Componentes y características de la máquina clasificadora de tomate de riñón

De acuerdo a la investigación realizada de las máquinas clasificadoras de frutas, se llega a determinar que están compuestos especialmente por los siguientes elementos:

Estructura: Es la parte que se encarga de soportar y servir de apoyo de todos los elementos o componentes de la máquina, por lo cual los materiales que conforman la estructura deben ser capaces de soportar correctamente las tensiones, deformaciones y vibraciones. También debe cumplir funciones de control o dirección de movimiento de un cuerpo, además de ser resistentes al desgaste (por contacto entre materiales) y otras características no tan primordiales como aspectos relacionados a la estética. (Riba, 2008)

La estructura está compuesta de varias particularidades como se muestra en la Tabla 6

Tabla 6

Características de la estructura

Elementos	Características
Soporte principal	La estructura debe ser diseñada para que sea confiable y segura para prevenir algún fallo, de esta manera garantizar la integridad del operario y la máquina. Los fallos generalmente son imprevistos como, por ejemplo: una rotura por fatiga, debido a esto un factor importante en la selección del material es su tenacidad y resistencia a la fatiga. Además, otro aspecto importante a tener en cuenta, es la compatibilidad del material con los alimentos, por lo cual los elementos que podrían entrar en contacto con los alimentos deben proporcionar una inocuidad sanitaria.

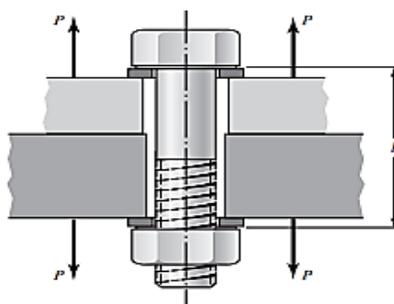
Elementos	Características
Soldadura	La soldadura permite unir los elementos de la estructura, además de que se puede emplear como recubrimiento a falta de material en alguna zona.
Material	Para la selección del material de la estructura se debe conocer las propiedades y características de los materiales. De modo que, para el caso de la máquina clasificadora de tomate de riñón, son elementos que podrían mantener contacto con el producto, por consiguiente, deben ser hechos de un material adecuado, para mantener la inocuidad en los frutos, como por ejemplo los aceros inoxidables: AISI 304 y AISI 316.

Nota. Se indica de forma resumida la composición de la estructura de la máquina junto con sus características establecidas. Tomado de (Riba, 2008).

Pernos: Son dispositivos que cumplen la función de unir o sujetar diversos elementos, como se observa en la Figura 8. Cuando se aprieta la tuerca se tensa el perno, de esta manera se produce la fuerza de sujeción, que se llama pretensión o precarga del perno. La cual existe en la conexión después de que la tuerca se apretó en forma apropiada. (Shigley, 2012)

Figura 8

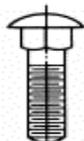
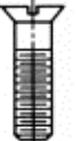
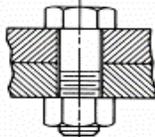
Perno



Nota. Se indica la representación gráfica de un perno. Tomado de (Shigley, 2012).

Existen varios tipos de pernos como se muestra en la Tabla 7:

Tabla 7*Tipos de pernos*

Tipo	Figura
Perno de coche	
Perno elevador	
Perno de cabeza avellanada	
Perno de arado	
Perno de ferrocarril	
Perno de estufa	
Perno de estufa	
Perno de cabeza hexagonal	

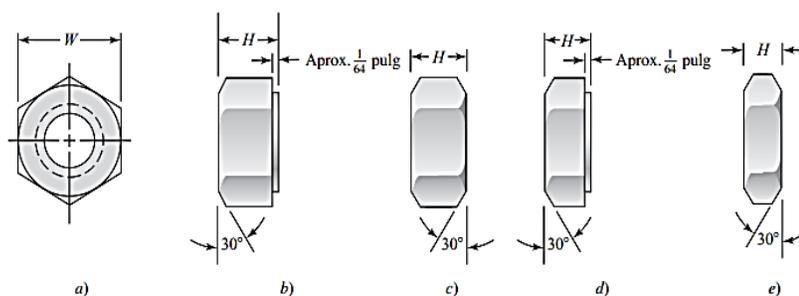
Nota. Se aprecia los tipos de pernos empleados para uniones y ajustes de componentes y piezas. Tomado de (Shigley, 2012).

Tuerca: Es un componente que va junto al perno, es decir es un dispositivo de sujeción, el cual produce tensión en el perno e induce la compresión en las piezas a sujetar, son generalmente hechos del mismo material del perno. (Shigley, 2012)

Existen varios tipos de tuercas de cabeza hexagonal como se puede observar en la Figura 9.

Figura 9

Tipos de tuercas hexagonales



Nota. Se indica la variedad de tuercas hexagonales existentes junto con sus designaciones y medidas. Tomado de (Shigley, 2012).

Se observa en la figura anterior: Tuercas hexagonales: a) vista final, general; b) tuerca regular con arandela; c) tuerca regular biselada en ambos lados; d) tuerca hendida con arandela; e) tuerca hendida biselada en ambos lados.

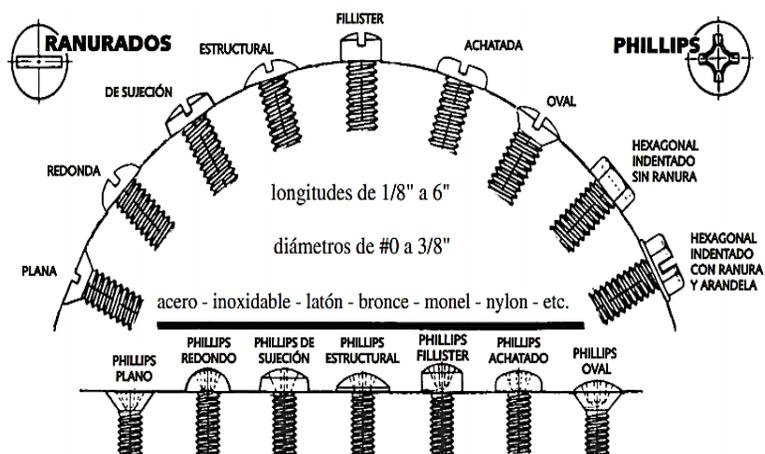
Tornillos de unión: Los tornillos de unión permiten la sujeción de uno o más elementos, un tornillo de cabeza hexagonal es más fino que la existente en un perno hexagonal. (Shigley, 2012)

Se suele diferenciar entre perno y tornillo en que un tornillo no lleva tuerca, además del tornillo de cabeza hexagonal existen varios tipos, de acuerdo a la forma de la cabeza del tornillo ranurados y de cabeza hueca con capucha. (Norton, 2011)

- **Tornillos ranurados:** Son usadas en tornillos de máquina pequeñas y existen varios tipos como se puede observar en la Figura 10.

Figura 10

Tipos de tornillos ranurados



Nota. Se observa la variedad de tipos de tornillos ranurados junto con sus longitudes y diámetros característicos. Tomado de (Norton, 2011).

- **Tornillos de cabeza hueca con capucha:** Son hechos generalmente de acero inoxidable, acero endurecido de alta resistencia, entre otros materiales como se indica en la Tabla 8. (Norton, 2011)

Tabla 8

Tipos de tornillos de cabeza hueca con capucha

Tipo	Figura
Cabeza redonda para dado	
Cabeza plana para dado	
Cabeza de botón para dado	
Tornillo con hombro	

Tipo	Figura
Tornillo prisionero con dado	

Nota. Se aprecia los tipos de tornillos de cabeza hueca determinados para máquinas y herramientas. Tomado de (Norton, 2011).

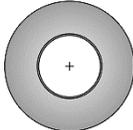
Arandelas: La arandela plana es una placa de forma circular con un agujero en el centro. Se suele utilizar las arandelas debajo de la cabeza del perno, incrementando la zona de contacto, de esa manera se logra una mejor sujeción, además cumple la función de evitar el roce con la pieza. Están elaborados principalmente de acero endurecido. (Norton, 2011)

Existen varios tipos de arandelas como se muestra en la Tabla 9:

Tabla 9

Tipos de arandelas

Tipos	Características	Figura
Arandela de bloqueo al deslizamiento		
Arandela de bloqueo con dientes internos		
Arandela bloqueo con dientes externos		
Arandela de bloqueo con dientes internos y externos	De acero endurecido, se puede utilizar debajo de la cabeza de un tornillo de máquina o debajo de la tuerca hexagonal (tuerca estándar). Evita el desajuste entre la tuerca hexagonal estándar.	
Arandela de bloqueo de dientes para hundimiento		

Tipos	Características	Figura
Arandela plana	Incrementa la zona de contacto de la tuerca o del perno, además cumple la función de evitar el roce entre los elementos sujetos.	

Nota. Se observa los tipos de arandelas existentes en el mercado destinados para uso mecánico. Tomado de (Norton, 2011).

Eje y Flecha: La flecha es un componente rotatorio de forma cilíndrica, destinado a transferir fuerza, potencia o movimiento. Los elementos que están acoplados sobre él pueden ser engranajes, acoples, volantes de inercia, etc. (Shigley, 2012)

El eje es un componente de forma cilíndrica estática y no transmite par de torsión es empleado para soportar poleas, ruedas giratorias y otros elementos que rotan sobre él. Gran cantidad de ejes son hechos de acero AISI 1020, 1045 y 1050, ya estos son aceros estirados en frío o encerado laminado en caliente con bajo contenido de carbono. (Shigley, 2012)

Motor Eléctrico: Es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, lo que a su vez sirve para mover otros dispositivos, existen de corriente continua C.C y corriente alterna C.A, esto depende de la aplicación que dispone cada uno, todos los motores presentan características en su placa como datos eléctricos y mecánicos importantes como:

- Potencia entregada en el eje
- Voltaje de alimentación
- El consumo de corriente
- Frecuencia de alimentación que puede ser de 50 o 60 Hz dependiendo del país de origen.

- Factor de potencia
- Velocidad nominal
- Tipo de conexión de los devanados

Además, un motor eléctrico presenta ventajas y desventajas:

Tabla 10

Ventajas y desventajas de un motor eléctrico

Ventajas	Desventajas
No emiten gases contaminantes Silencioso en comparación con motores de combustión Ahorro de espacio Mayor eficiencia que un motor de combustión Tamaños reducidos	Si se necesita utilizar un motor en lugares aislados donde no existe energía eléctrica, debido a esto no se podría alimentar al motor.

Sistema de transmisión: Su función es transmitir la potencia del motor, hacia el sistema, también se encarga de reducir las RPM del motor según se requiera para el sistema clasificador, algunos métodos tradicionales para variar la RPM son:

- **Motorreductores:** Es un solo cuerpo formado por un motor y una caja de cambios, la ventaja de utilizar un motorreductor es que todo el conjunto del motor y caja de cambios está ya diseñado por el fabricante, lo que lo hace más confiable y duradero, permite obtener una velocidad de rotación baja además de un ahorro de espacio, ampliamente utilizado en las industrias de: minería, agrícola, alimentos, construcción, metalurgia entre otras. Además de proporcionar una velocidad baja el motor reductor permite aumentar el torque.

Tabla 11*Ventajas y desventajas de Motorreductores*

Ventajas	Desventajas
Sus elementos están protegidos, proporcionándole mayor seguridad y robustez	Más costosas que la transmisión por poleas y bandas
Tamaño pequeño para lugares con poco espacio	No permite transmitir potencia cuando existe grandes distancias
Extremadamente silenciosos	
Muy eficientes, por lo tanto, se ahorra energía	
Vida útil larga, bajos y medianos torques, sin fallos	

- **Por la relación de dientes de engranajes:** Permite intercambiar velocidad por torque o viceversa, normalmente utilizada para reducir la velocidad y aumentar torque, para mover cargas pesadas por ejemplo un vehículo. (Norton, 2011)

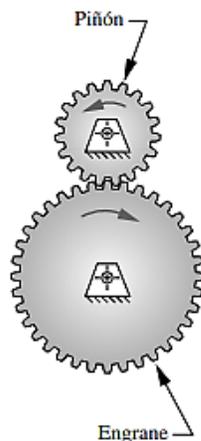
Tabla 12*Ventajas y desventajas de mecanismo por relación de dientes de engranes*

Ventajas	Desventajas
Permite transmitir grandes potencias o movimientos	Ruidosas
Relación de velocidad es constante	No permite transmitir potencia cuando existe grandes distancias
Útil cuando se requiere velocidades fiables, sin fluctuaciones	

En la Figura 11 se muestra el sistema de transmisión por dientes de engranes

Figura 11

Relación de dientes de engranajes



Nota. Se observa el mecanismo de transmisión por relación de dientes de engranajes.

Tomado de (Norton, 2011).

- Por poleas de diferentes diámetros:** Utiliza bandas y poleas de diferentes diámetros como se indica en la Figura 12, en las bandas existe un cierto deslizamiento y fluencia (deformación al estar expuesto a un esfuerzo) por lo cual, la relación de la velocidad entre los ejes impulsor e impulsado no es constante ni exactamente igual a la relación de los diámetros de las poleas.

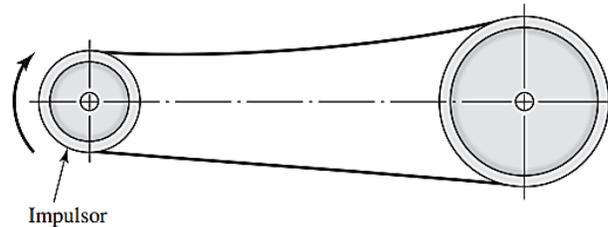
Tabla 13

Ventajas y desventajas de transmisión por poleas de diferentes diámetros

Ventajas	Desventajas
Es silenciosa	Puede patinar
Baja en vibración	Baja eficiencia de transmisión
Instalación simple	Su vida útil es corta
Bajo costo	
Permite transmitir potencia en grandes distancias	

Figura 12

Por poleas de diferentes diámetros



Nota. El gráfico representa el sistema de transmisión por poleas de diferentes diámetros. Tomado de (Shigley, 2012).

Planchas metálicas con perforaciones: Es una lámina u hoja metálica (tool) de acero galvanizado o inoxidable, que tendrá orificios de distintos tamaños dispuestos por el diseñador.

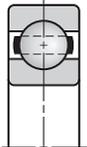
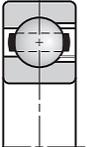
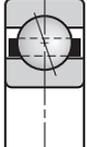
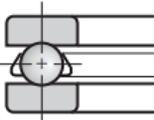
Rodamientos: Son elementos o componentes que se los conoce como cojinetes, es un dispositivo protector, de cuidado y de seguridad que se encarga de reducir la fricción entre partes de un mecanismo o maquinaria, además soporta cargas dinámicas y estáticas, permite el movimiento del eje rotatorio. Pueden soportar cargas netamente radiales o axiales, pero también se encuentran rodamientos que soportan la combinación de cargas axial(empuje) y radial. (Shigley, 2012)

- **Tipos de cojinetes de bola:** Los rodamientos de bolas son ideales en aplicaciones pequeñas de baja y alta rapidez, son diseñados en su mayoría para soportar carga radial, pero también puede permitir en aplicación con carga de empuje de consideración, su aplicación principal es en ejes de transmisión, maquinaria agrícola, ventiladores, bombas, etc. (Shigley, 2012)

A continuación, en la Tabla 14, se describe algunos de los tipos de rodamientos de bolas:

Tabla 14

Tipos de cojinetes de bola

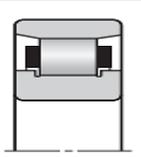
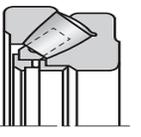
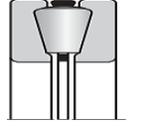
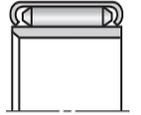
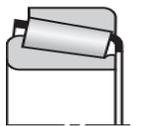
Tipo de cojinetes de bola	Características	Figura
De ranura profunda	Tiene mayor área de contacto que el cojinete de bolas del mismo tamaño, por lo cual soporta mayor carga y resistencia.	
Con ranura de entrada para las bolas	Las ranuras de entrada permiten que se coloque más bolas, de esta manera soporta mayor carga.	
De contacto angular	Permite una mayor capacidad de empuje, soportan cargas combinadas: axiales y radiales.	
De empuje	Son fabricados en varios tipos y tamaños, se suele utilizar para soportar altas velocidades de rotación, son excelentes para resistir carga axial.	

Nota. Se observa la variedad de cojinetes de bola utilizados en las industrias. Tomado de (Shigley, 2012).

- **Tipos de cojinetes de rodillos:** Los rodamientos de rodillos son utilizados para aplicaciones con cargas pesadas, su aplicación principal es en montacargas, maquinaria pesada de minería, petrolera, trituración, procesamiento de cemento, construcción, etc. En la Tabla 15 se muestra algunos de los tipos de rodamientos cilíndricos:

Tabla 15

Tipos de cojinetes de rodillo

Cojinetes de rodillos	Características	Figura
Rodillo recto	Soporta una carga mayor que los de bolas, la desventaja es que requieren una geometría casi perfecta de las pistas y rodillos.	
Rodillo esférico, empuje	Es recomendado en aplicaciones donde hay cargas pesadas y desalineamiento. Al ser rodillo esférico permite incrementar la zona de contacto a medida que se añade más carga.	
Rodillo cónico, empuje	Soportan cargas radiales o de empuje.	
Rodillo de agujas	Los cojinetes de aguja son muy útiles cuando el espacio radial es reducido, recomendado en aplicaciones de carga pesada.	
Rodillo cónico	Soportan cargas radiales o de empuje.	
Rodillo cónico, ángulo agudo	Soportan cargas radiales o de empuje.	

Nota. Se muestra la variedad de cojinetes de rodillos utilizados en las industrias. Tomado de (Shigley, 2012).

Chumaceras: Su función es ser el apoyo de los rodamientos, es hecho de hierro o acero colado con ranuras para la fijación de la misma, se encuentra de distintas clases y tamaños, según el diámetro de eje o elemento a acoplar, además ayudan a suavizar el roce de los remos.(Mott, 2006)

Existen varios tipos como se muestra en la Tabla 16:

Tabla 16*Tipos de chumaceras*

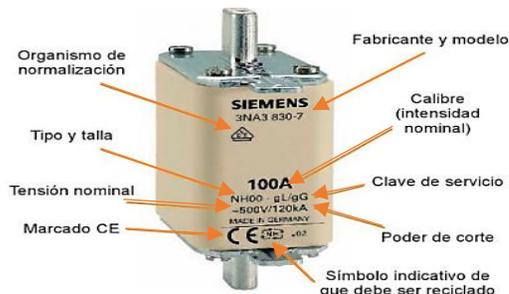
Chumacera	Figura
Chumacera con rodamientos de bolas para otro tipo	
Chumacera de brida para 4 tornillos	
Chumacera de compensación	

Nota. Se aprecia la variedad de chumaceras utilizados en las industrias. Tomado de (Mott, 2006).

Mando automático: Es el encargado del arranque y paro del motor, proporciona manejo y seguridad al funcionamiento de la máquina clasificadora de tomate de riñón. Se clasifica en mando de fuerza y control, está compuesto por varios elementos: contactor, interruptor, fusibles, paro de emergencia, pulsadores de inicio y finalización.

Fusible: Es un dispositivo de protección protege al motor u otro dispositivo ante cortocircuitos. Es además muy confiable y económico, en su interior está hecho de material con bajo punto de fusión, si la cantidad de corriente se eleva más que al que está diseñado para soportar el material se fundirá y aislará todo el circuito aguas abajo protegiendo a los componentes. (J. Rodríguez et al., 2014)

En la Figura 13 se observa los parámetros que se pueden encontrar en los fusibles como: tensión nominal, fabricante, modelo, poder de corte, tipo y talla, clave de servicio, etc.

Figura 13*Parámetros característicos del fusible*

Nota. Se indica las partes del fusible utilizado en las industrias. Tomado de (J. Rodríguez et al., 2014).

Relé térmico: Es un dispositivo de protección que protege al motor ante sobre corrientes debido a sobrecargas, no actúa solo, sino que junto con un contactor. Está constituido por la unión de dos placas bimetálicas de distintos coeficientes de dilatación, si circulan corrientes elevadas mayor a la nominal las placas bimetálicas empezaran a dilatarse hasta que en un determinado momento entrara en contacto con un circuito de maniobra (contactor) desconectando al circuito aguas abajo. (J. Rodríguez et al., 2014)

En la Figura 14 se puede observar la forma física del relé térmico

Figura 14*Relé térmico*

Nota. El gráfico representa un relé térmico y su estructura, utilizado en las industrias.

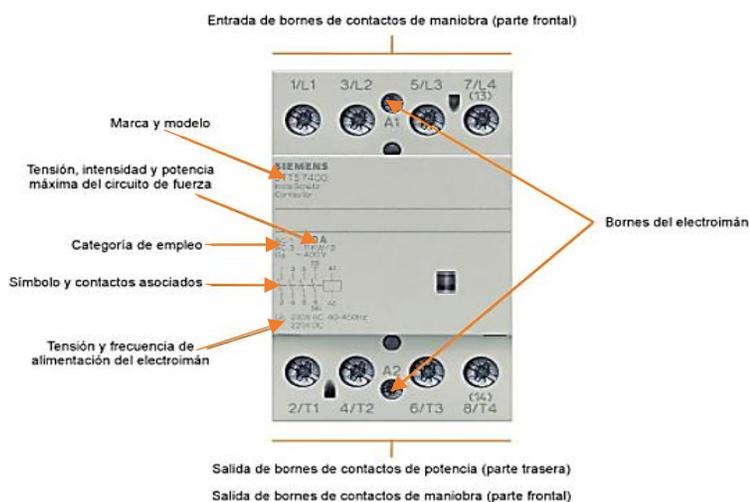
Tomado de (Guaragno, 2016).

Contactador: Es un dispositivo automático, ya que no requiere de ninguna persona para su operación, se emplea para la conexión o desconexión de un circuito, cuando realiza una desconexión eléctrica el contactador lo realiza con carga. En su interior se encuentra un electroimán, el cual, al momento de ser energizado, los contactos se cierran permitiendo el paso de corriente, mientras que los contactos que se encontraban cerrados se abren, esto ocurrirá hasta que se deje de energizar a la bobina. (J. Rodríguez et al., 2014)

En la Figura 15 se muestra los parámetros característicos de un contactador como son la tensión nominal, corriente nominal, tensión de aislamiento, número de polos de potencia, entre otros. (J. Rodríguez et al., 2014)

Figura 15

Características del contactador



Nota. El gráfico representa las partes y características del contactador utilizados en las industrias Tomado de (J. Rodríguez et al., 2014).

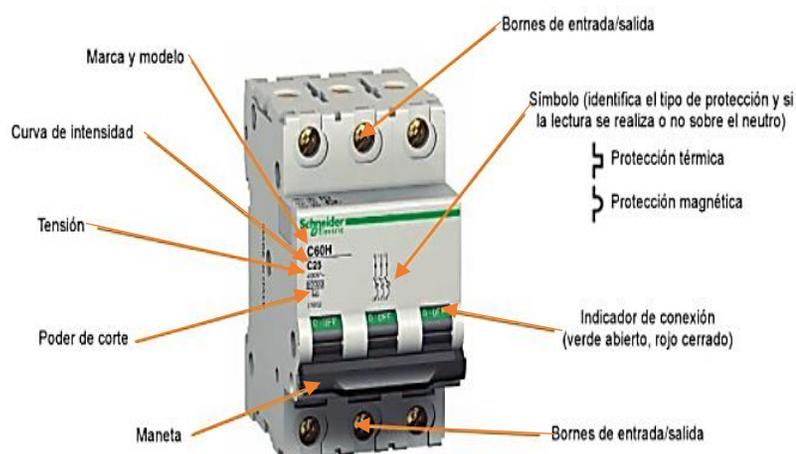
Interruptor Termomagnético: Ofrece protección ante sobrecargas y cortocircuitos, es la protección más utilizada en instalaciones eléctricas domiciliarias. En su interior cuenta con un aparte térmica constituida por una lámina bimetálica como el

relé térmico. Este bimetálico se deforma ante corrientes elevadas de sobrecarga que circulan durante cierto tiempo, también se encuentra en el interruptor una parte magnética constituida por un electroimán, el cual al pasar una corriente muy elevada como (una corriente de cortocircuito), el electroimán crea una fuerza tal que provoca que actúe el mecanismo de disparo del interruptor termomagnético, protegiendo el circuito aguas abajo. (J. Rodríguez et al., 2014)

En la Figura 16 se muestra las partes características del interruptor termomagnético (J. Rodríguez et al., 2014)

Figura 16

Parámetros característicos del interruptor termomagnético



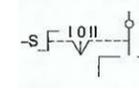
Nota. Se aprecia las características del interruptor termomagnético. Tomado de (J. Rodríguez et al., 2014).

Dispositivos de control manual: Son elementos de mando manual es decir se activan por acción de un operador, cumplen la función de conexión y desconexión de circuitos en carga (J. Rodríguez et al., 2014).

En la Tabla 17 se observa los dispositivos de control manual mayormente utilizados:

Tabla 17

Tipos de Dispositivos de Control manual

Dispositivos de control manual	Tipos y características	Figura
<p>Interruptores:</p> <p>Cuando se activan se mantienen de manera permanente en ese estado ya sea abierto o cerrado. Hasta que un operador cambie de estado.</p>	<p>Interruptor simple de dos posiciones: Existen los de tipo: basculante, rotativo y de palanca.</p>	
	De dos posiciones basculante	
	De dos posiciones de palanca	
	<p>Interruptor conmutador de dos posiciones: Adecuado para la conmutación del circuito en dos estados de marcha diferentes.</p>	
<p>Pulsadores:</p> <p>Cuando se activan, se mantienen de manera permanente en ese estado solamente el tiempo que se mantiene presionado.</p>	<p>Interruptor conmutador de tres o más posiciones: Con este interruptor se logra conectar el circuito entre dos estados de marcha diferentes y un estado de paro y existen los de tipo de palanca y basculante.</p>	
	<p>Interruptor de llave: Son las que usan llave para ser accionados</p>	
	<p>Pulsador de marcha De color verde y está asociado con un contacto normalmente abierto.</p>	
	<p>Pulsador de paro De color rojo y está asociado con un contacto normalmente cerrado.</p>	
	<p>Pulsador de marcha y paro Es la combinación del pulsador de marcha y paro en uno solo.</p>	

Nota. Se indica los tipos de variedades de dispositivos utilizados para un mando de control manual. Tomado de (J. Rodríguez et al., 2014).

2.7 Sistema clasificador de tomate de riñón.

Un sistema clasificador de tomate de riñón hace muy bien el trabajo de separar los productos por tamaño se puede observar en la Figura 17 y se pretende dividir en tres unidades principales que son: unidad de entrada, clasificación y salida del producto. Al trabajar conjuntamente permiten que la materia prima sea clasificada de manera sofisticada y optimizada por su mando automático. (FAO Dixie, 1992)

Figura 17

Sistema clasificador de hortalizas comercial



Nota. Se observa un sistema clasificador de hortalizas comercial. Tomado de (TOMRA, 2020).

- **Unidad de entrada**

Unidad encargada de recibir el producto, la cual puede estar diseñada como una tolva, conveyor belt o bandeja estática de entrada, en esta etapa se deposita el tomate de riñón de todos los tamaños disponibles y la cantidad deseada por el personal.

- **Tolva de alimentación**

Es un componente utilizado para el depósito y contención de la materia prima para luego canalizar hacia la unidad clasificadora. Puede ser empleado para su fabricación el AISI 304 y 316 que son aceros inoxidable, adecuados para entrar en

contacto con alimentos o utensilios de uso personal, además de ser de fácil limpieza y económicos. Se puede clasificar según su forma:

Tabla 18

Tipos de tolvas

Tipos de tolvas	Descripción	Figura
Sección rectangular	<p>Ventajas</p> <p>Son más económicas que las de forma circular.</p> <p>Permite recibir y contener el producto para luego transmitir hacia otro sistema.</p> <p>Permite una mayor área de recepción de material.</p> <p>Construcción simple.</p> <p>Desventajas</p> <p>No se consigue un flujo constante del material.</p> <p>Mantenimiento medio debido al desgaste de sus paredes</p>	
Sección circular	<p>Con paredes inclinadas terminando en forma cónica, ingresa material por la parte superior.</p> <p>Ventajas</p> <p>Se consigue un flujo constante del material</p> <p>Este tipo de tolva es la que más se usa en las industrias como la: minera alimenticia, agroindustria, construcción.</p> <p>Mantenimiento mínimo.</p> <p>Desventajas</p> <p>Construcción compleja</p> <p>Menos económicas que las de forma rectangular</p>	

Nota. Se compara los diversos diseños de tolvas de alimentación según su forma utilizados en la industria. Tomado de (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012).

- **Bandeja inclinada**

Permite el ingreso y contiene la materia prima para posteriormente canalizarlo al sistema clasificatorio de tomates de riñón.

Ventajas:

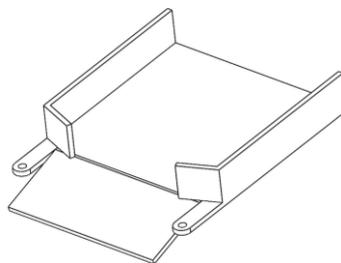
- Fácil construcción
- Más económica en comparación con las tolvas
- Permite acumular gran cantidad de producto y fácil limpieza

Desventajas:

- Al no tener paredes cerradas como las tolvas el producto podría desplomarse, generando que el flujo no sea constante

Figura 18

Bandeja inclinada



Nota. Se observa la bandeja de salida utilizado para la evacuación de productos en maquinarias. Tomado de (Bonifaz & Pallasco, 2017).

Unidad de clasificación

Clasificación por tambor giratorio

El sistema clasificador por tambor giratorio está diseñado para clasificar frutos, hortalizas y verduras de forma ovalada o esférica como manzana, melón, kiwi, naranja, granadilla, durazno, mandarina, tomate de riñón, etc. La máquina clasificadora de

productos posee una tolva de alimentación, donde se coloca el fruto agrícola a clasificar, luego por efecto de gravedad, este cae a un denominado tambor giratorio que tiene una desviación hacia afuera, de esta manera hace que el producto se deslice sobre su periferia. En dicha periferia se colocan una cadena de ranuras a distinta elevación y tamaños, las cuales determinarán las categorías o rangos de tamaño de clasificación. (Casallas & Muñoz, 2020)

Figura 19

Clasificación de frutos con tambor giratorio



Nota. Se aprecia el método de clasificación de frutos con tambor giratorio. Tomado de (Casallas & Muñoz, 2020).

Clasificación por rodillos

La máquina de clasificación por rodillos es alimentada automática o manualmente, según se desee. Su funcionamiento es solamente mecánico, no tiene ningún subsistema de control, por ende, dicha máquina tiene un costo medio en el mercado. El proceso de clasificación es ejecutado mediante un grupo de rodillos paralelos descendentes de apertura progresiva, que permiten el avance y selección de los frutos en función de su tamaño. Esta máquina permite la clasificación de hasta de cinco rangos de tamaño, entre los frutos que puede clasificar se encuentran durazno, guayaba, mango, manzana, naranja, aguacate, calabaza, cebolla, chile, jitomate, papa y pepino. (Casallas & Muñoz, 2020)

Figura 20

Clasificación de frutos por rodillos



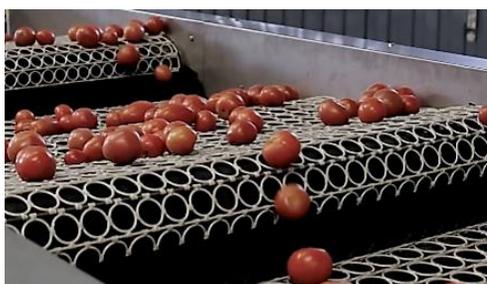
Nota. Se observa la clasificación de frutos por rodillos giratorios. Tomado de (Luján, 1963).

Clasificación por calibración de malla metálica

La máquina cuenta con un elevador de rodillos que permite dispensar el producto sobre el módulo de clasificación, el cual cuenta con tantos módulos como calibres se deseen clasificar. La clasificación cuenta con una zaranda vibradora que tiene una malla que tiene agujeros de diferente tamaño para la clasificación del producto. Debajo de cada malla se cuenta con una tolva receptora que descarga el fruto en cajas o cajones, para su posterior transporte a bodega. (Casallas & Muñoz, 2020).

Figura 21

Calibradora de malla metálica



Nota. Se observa la clasificación de frutos por método de malla metálica. Tomado de (Luján, 1963).

Clasificación por cilindro giratorio

La máquina clasificadora por tamaño dispone de un sistema de dosificación del tomate, el cual determina la tasa de alimentación del producto a clasificar por tamaño a la siguiente etapa. Esta consta de un cilindro de orificios de distintos tamaños, los cuales se encuentran distribuidos a lo largo de este, empieza desde los orificios esféricos de tamaño pequeño hasta llegar al grande según convenga, este mecanismo se encuentra acoplado a un motorreductor, teniendo la flexibilidad de permitir la separación entre los rangos, para ajustarse a los tamaños del producto a clasificar. Los actuadores que permitirán el movimiento serán motores de corriente alterna o servomotores según el voltaje en la red para cada país. Para la salida del fruto clasificado se cuenta con unos cajones con rampa, que permiten el deslizamiento del producto hacia las canastas.

Figura 22

Calibradora por cilindro giratorio



Nota. Se aprecia el sistema prototipo para clasificar frutos por cilindro giratorio. Tomado de (InfoAgro, n.d.).

Clasificación por varios cilindros perforados giratorios

La clasificación utilizando cilindros perforados giratorios, emplea una gama de varios cilindros giratorios con agujeros, los mismos que se colocan en serie uno luego del otro, pero aumentado las dimensiones de las perforaciones que el anterior cilindro. De esta manera los productos de menor calibre caerán por los orificios más pequeños y los de mayores diámetros se transportan al siguiente cilindro en donde se separa la fruta mediana y la fruta de mayor tamaño se envía al siguiente cilindro giratorio, y de esta manera se clasifica todo el producto.

Este mecanismo está manufacturado de acero inoxidable para mantener la inocuidad del alimento, los productos que pueden ser clasificados son las frutas de forma cilíndrica como tomates, naranjas, limones, mandarinas, aceitunas, etc. La máquina consta de un sistema alimentador que puede ser una tolva, banda transportadora o rodillos. También cuenta con una estructura móvil para poder ser transportada fácilmente, cilindros giratorios perforados para permitir clasificar la fruta en varios niveles, y como fuente de energía un motor con reductor.

Figura 23

Calibradora por varios cilindros perforados giratorios



Nota. Se muestra un sistema clasificador por varios cilindros perforados giratorios para uso en frutos y hortalizas. Tomado de (*Pasen Machine*, 2009).

Clasificación por correas divergentes

Este método de clasificación utiliza poleas, cables o correas. El producto ingresa al mecanismo en donde es transportado de un extremo al otro por los cables, los mismos que mantienen espacios entre ellos, para que el producto pueda caer atreves sus aberturas por la acción de la gravedad, hacia una banda transportadora o bandeja inclinada que encuentra ubicada por debajo de los cables, y de esta manera se transporta el producto ya clasificado para su posterior envasado (cajas o cartones). Como la distancia de separación entre los cables se amplía gradualmente, los productos de menor tamaño caen primero y así sucesivamente hasta separar los de mayor tamaño.

Los componentes principales como la estructura, tolva, eje, bandeja de salida están hechos de acero inoxidable para evitar la oxidación y mantener la inocuidad en los productos. Los cables o correas deben ser de un material adecuado ya que están en contacto directo con el producto, este puede ser de poliuretano termo soldables y como fuente de energía usa un motorreductor.

Figura 24

Calibradora por correas divergentes

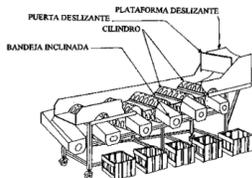
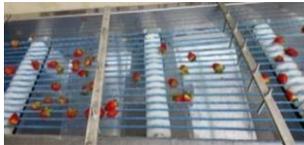


Nota. Se observa el sistema clasificador por correas divergentes para frutos. Tomado de (Bonifaz & Pallasco, 2017).

En la Tabla 19 se muestra un resumen de las distintas unidades de clasificación:

Tabla 19

Tipos de clasificación por tamaño

Modelos	Descripciones/aplicación	Figura
Clasificación por malla metálica	Lámina metálica o de otro material con perforaciones de distintas dimensiones, las frutas ingresan así la lámina permitiendo que el producto descienda por los agujeros.	
Clasificación por varios cilindros perforados giratorios	El número de cilindros perforados está dado por los diferentes tamaños de la fruta a clasificar, estas caen a través de cada perforación hacia la bandeja de salida, clasificando de esta manera el producto.	
Clasificación por rodillos	La clasificación de la fruta es por su tamaño, mediante rodillos colocados en paralelo a medida que avanza se incrementa su separación permitiendo la clasificación del producto.	
Clasificación por cilindro giratorio	La clasificación es por tamaño, está compuesto por un rodillo giratorio ligeramente inclinado con diferentes perforaciones de distintas dimensiones, a medida que la fruta avanza caen por los agujeros en un depósito de salida.	
Clasificación por tambor giratorio	El producto avanza por el disco, se encuentra con distintas aberturas de diferentes tamaños, esta atraviesa esas aberturas clasificando las mismas de en forma ascendente de menor a mayor tamaño.	
Clasificación por correas divergentes	Consiste en unas varias correas que avanza en una determinada velocidad, pero aumentando la distancia interna de separación permitiendo que el producto a medida que avance caiga en dichas separaciones clasificando a la fruta por su tamaño.	

Nota. Se indica un resumen de las distintas formas de clasificar frutos y hortalizas.

Tomado de (Bonifaz & Pallasco, 2017).

Unidad de salida de producto

Etapa donde se encuentra el producto clasificado, tendrá un seguro que, al llenar la gaveta, hasta sustituir por una nueva se cierre una compuerta, para que no se riegue el producto en un espacio no deseado. Se puede utilizar bandejas inclinadas para esta función:

Bandeja inclinada: Se encarga de recibir la materia prima ya clasificada, de igual manera que la tolva de alimentación zona adecuados utilizar el acero inoxidable AISI 304 y 316 que posteriormente se transfiere para el llevado de las cajas de madera, plástico o cartón

Ventajas:

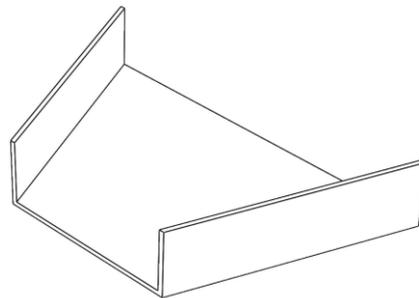
- Fácil construcción
- Fácil montaje
- Fácil limpieza

Desventajas:

- Si tiene una inclinación demasiado pronunciada, el producto podría sufrir daños.

Figura 25

Compuerta de seguridad de salida del producto



Nota. Se indica una compuerta de seguridad para la salida de producto hacia las gavetas. Tomado de (Bonifaz & Pallasco, 2017).

Capítulo III

3. Diseño y Construcción de la máquina clasificadora de tomate de riñón

3.1 Análisis de entorno de producción

En este punto se optó por la ejecución de una entrevista, destinada a representantes de la fundación “AYLLU APU FFA” y a productores del sector Salache – Quilajaló de la provincia de Cotopaxi. A continuación, se muestra el modelo de formato de encuesta y en el apartado en el Anexo A, se indica los resultados y análisis de dicha actividad.

Modelo de Encuesta

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CLASIFICADOR DE TOMATE DE RIÑÓN (LYCOPERSICUM ESCULENTUM) APLICABLE A LA FUNDACIÓN “AYLLU APU FFA” DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI-ECUADOR PARA IMPULSAR EL SECTOR MICROEMPRESARIAL Y EMPRENDIMIENTOS

Nombre: _____ Edad: _____

Teléfono: _____ Fecha: _____

Por favor lea detenidamente antes de contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo realiza la clasificación del tomate de riñón?

Color

Tamaño

Calidad

2. ¿Por qué realiza ese método de clasificación?

Decisión propia

Exigencias del mercado

Ahorrar recursos

3. ¿Cómo usted realiza la operación de clasificación por color?

Manual

Mecánica

4. ¿Cuál es la tonalidad que usted clasifica el tomate de riñón?

Verde

Pintón

Rojo

Amarillo

5. ¿En cuántos tamaños usted clasifica el tomate?

Primera

Cuarta

Segunda

Quinta

Tercera

Sexta

6. Si clasifica por tamaño, ¿Cuáles son los tamaños que más pedido tiene?

Primera

Cuarta

Segunda

Quinta

Tercera

Sexta

7. ¿Cuánto tiempo se demora en clasificar el tomate riñón tradicionalmente?

1 hora

3 horas

2 horas

Otro: _____ horas

8. ¿Qué tipo de tomate de riñón cultiva?

Fortaleza

Charleston

Fortuna

Titán

Cherry

Daniela

Chonto

Sheila

Pietro Otro. ¿Qué tipo? _____

9. ¿Qué cantidad de tomate de riñón produce por cosecha en 1000m²?

_____ cajas

10. ¿Con qué frecuencia realiza la clasificación de tomate de riñón?

Diario Semanalmente
 Mensualmente Otro. ¿Cada cuánto tiempo? _____

11. ¿Cuánto personal requiere para clasificar el tomate?

1 persona 3 personas
 2 personas Otro: _____ personas

12. Si usted está dispuesto a automatizar el proceso de clasificación del tomate de riñón ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir?

\$ 1500-2000
 \$ 2000-2500
 \$ 3000

13. Seleccione las expectativas más importantes que considera que debe tener máquina clasificadora de tomate riñón

Bajo costo Clasificación de forma precisa
 Mínimo ruido Clasificación de forma rápida
 Tamaño óptimo No maltrate el producto
 Peso ligero Fácil operación

Otro: _____

Tamaños de las hortalizas

En el sistema de clasificación se deberá definir los tamaños de los productos (tomate de riñón). De tal manera que se tomó las medidas en cinco tamaños diferentes (que son niveles de clasificación que más demanda existe en el mercado), de un determinado número de tomates facilitadas por los productores de la zona encuestada.

En la Tabla 20 se determina el promedio para las cinco clases de tomate, que se utilizará para el diseño del cilindro clasificador.

Tabla 20

Dimensiones del tomate de riñón

Muestra	Primera (mm)	Segunda (mm)	Tercera (mm)	Cuarta (mm)	Quinta (mm)
1	79,2	71,8	65,6	53,3	55
2	83,4	70,6	65,7	61,8	53,8
3	79,4	62,7	63,7	62,9	55
4	76,3	70	65,8	63,7	50,5
5	73,6	71	65,2	65	54,3
6	82	68,9	64	61,3	50,7
7	79,5	70,6	65	59,7	53,6
8	82,5	73,2	67,3	62,9	52,6
9	73,2	68,8	64,6	62	49,3
10	78,3	70,5	64,7	60,3	55,5
11	78	72	66	61	52
12	83	62,6	67	59,6	54,5
Promedio	79	69,4	65,4	61,1	53,1

Es necesario mencionar que todas las medidas mostradas anteriormente, son las del diámetro exterior más grande del tomate, que fueron tomadas con la ayuda de un calibrador pie de rey.

3.2 Recopilación de datos

Después de aplicar el instrumento de investigación que en este caso fue la realización de encuestas destinadas a los productores de tomate riñón del sector Salache-Quilajaló, previo a dicho análisis, se obtuvo como resultado que la mayoría de productores realiza la clasificación del fruto de acuerdo al tamaño del mismo, método que se da de acuerdo a las exigencias del mercado, entorno a los planteamientos que los consumidores han requerido, cumpliendo niveles de calidad de entidades

mayoristas, con lo que se ha logrado mantener la producción, asumiendo que esta es una técnica que ocupa varios recursos, por otro lado la totalidad de los encuestados responden unánimemente que la operación de clasificación del producto por color es de forma manual y los más consumidos son las tonalidades rojo y pintón, en cuanto a los tamaños definidos por los productores va desde primera clase hasta una sexta definida, recalcando que la tercera clase es la más vendida en el mercado nacional.

El tiempo estimado que la mayoría de gente se demora en la clasificación del tomate de riñón es de 3 a 4 horas, según los recursos que cada uno tiene; cabe recalcar que esta hortaliza con mayor demanda es el denominado de tipo Pietro, obteniendo una cosecha de alrededor de 80 a 100 cajas por cultivo en su mayoría, estimando una frecuencia semanalmente para clasificar y seleccionar el producto. Otro punto importante que se obtiene gracias a los resultados es que la mayoría de emprendedores necesitan de 2 a 4 personas para la actividad antes mencionada.

La disposición de la gente para automatizar el proceso de clasificación del tomate de riñón indica que estiman en su mayoría un valor de USD 1500-2000 para optimizar dicha actividad con la implementación de un sistema que cumpla esta función, así ahorrar la mayor parte de recursos; finalmente existen varias expectativas que requieren los productores al implementarse dicha máquina, los cuales en mayor necesidad son: que posea un bajo costo, no maltrate el producto, clasifique de forma precisa, sea de fácil operación y tenga un peso ligero.

Gracias a la excelente participación, de cada una de los individuos encuestadas se pudo recolectar información cuantitativa, permitiendo así indagar entorno a la problemática, conociendo sus diversos puntos de vista y experiencia, tanto al ser parte de la directiva de la fundación “AYLLU APU FAA”, como también al ser moradores y productores de la parroquia Salache-Quilajaló; dicha encuesta nos permitió clarificar,

completar y profundizar el tema de estudio, así despejando todas las inquietudes y dudas generadas dentro del planteamiento del problema.

3.3 Análisis de factibilidad de implementación

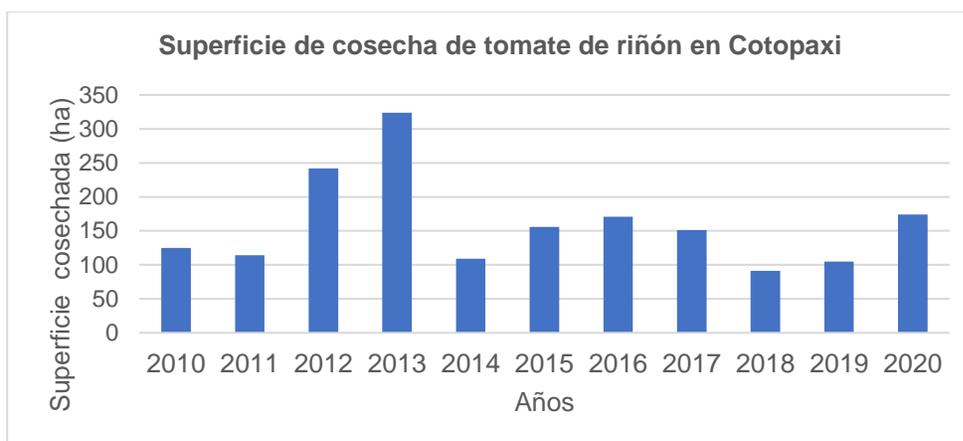
Para el análisis de factibilidad de la construcción de la clasificadora de tomate riñón se analizó diferentes factores importantes que influyen para su implementación:

Los recursos económicos de los productores: Tiene gran impacto sobre el sistema clasificador de tomate de riñón, porque son ellos quienes invertirán en dicha automatización del proceso, por lo cual se debe conocer cuánto estarían dispuestos a invertir, se obtuvo conocimiento de esta información a través de encuestas, de esta manera se establece que estarían dispuestos a invertir en su mayoría una cantidad de 1500 hasta 2000 dólares por una máquina, conociendo este valor se debe seleccionar elementos del sistema clasificador que sean económicos.

Producción: De acuerdo al instituto nacional de estadísticas y censos (INEC) – ESPAC; Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en el año 2020, en Cotopaxi la superficie cosechada del fruto es de 174 hectáreas con una producción de 4588 toneladas y un rendimiento 26.38 toneladas por cada hectárea. (SIPA, n.d.)

Figura 26

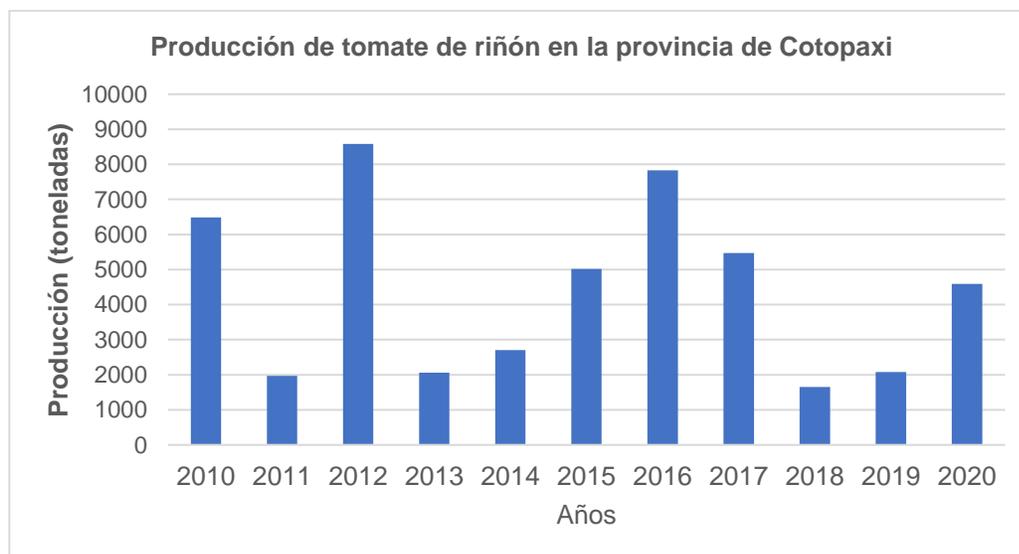
Superficie de cosecha de tomate de riñón en la provincia de Cotopaxi



Nota. Se aprecia la superficie de cosecha según varios años del tomate de riñón en la provincia de Cotopaxi. Tomado de (SIPA, n.d.).

Figura 27

Producción tomate de riñón en la provincia de Cotopaxi



Nota. Se muestra el nivel de la producción de cosecha del tomate de riñón en la provincia de Cotopaxi. Tomado de (SIPA, n.d.)

En las gráficas de barras se puede observar que la superficie de cosecha y producción ha disminuido en 2018, pero en lapsos posteriores hay un incremento año tras año, esto es un indicador de que el tomate es muy demandado, por lo que se tiene

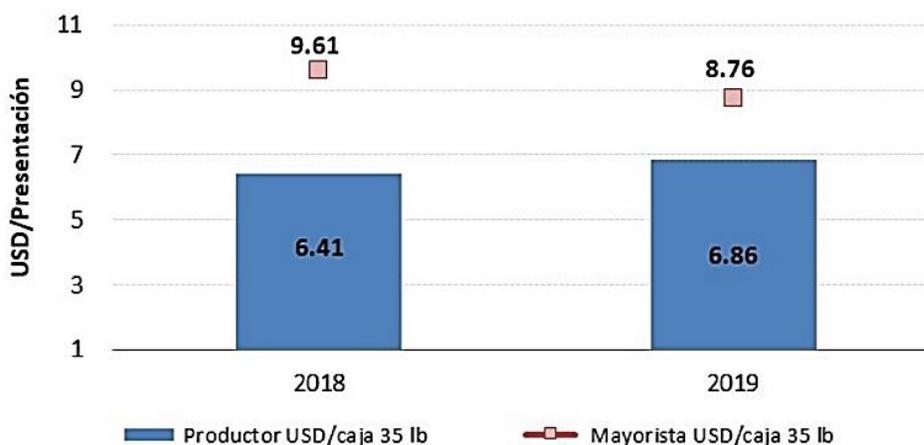
la necesidad de ayudar a los productores de distintas maneras, una de esas es incentivando con mejor tecnología, como la implementación de una máquina clasificadora económica que impulse al sector de emprendimientos, microempresarial y agroindustrial.

Por otro lado, es necesario tener conocimiento que de acuerdo con los productores en el sector de Salache-Quilajaló, aproximadamente existe 65 productores de tomate de riñón, con una superficie de cosecha de 11 hectáreas, en los cuales se producen alrededor de 40 toneladas semanalmente. Las grandes cantidades de estas hortalizas son distribuidas en mercados locales, de ciudades cercanas como Ambato y Quito. Además, se observó que existe un incremento en la producción, ya que demandan más invernaderos en construcción, en varios sectores de la ciudad de Latacunga y sus alrededores.

Mercado: El tomate de riñón es la hortaliza y fruto que más se importa a nivel nacional e internacional, debido a su gran consumo en ámbitos alimenticios. Como se observa en la Figura 28 los precios de este fruto de invernadero en el Ecuador aumentaron en un 7 %. En el año 2018, el precio de tomate a nivel de productor fue de 6.61 dólares por una caja de 35 lb, por otro lado, el precio a nivel de mayoristas fue de 9.61 dólares por una caja de las mismas características. A partir del año 2019, el precio de tomate a nivel de productor fue de 6.86 dólares por una caja de 35 lb y el precio a nivel de mayoristas fue de 8.76 dólares por la misma caja. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019)

Figura 28

Precios nacionales para productor y mayoristas de tomate de riñón



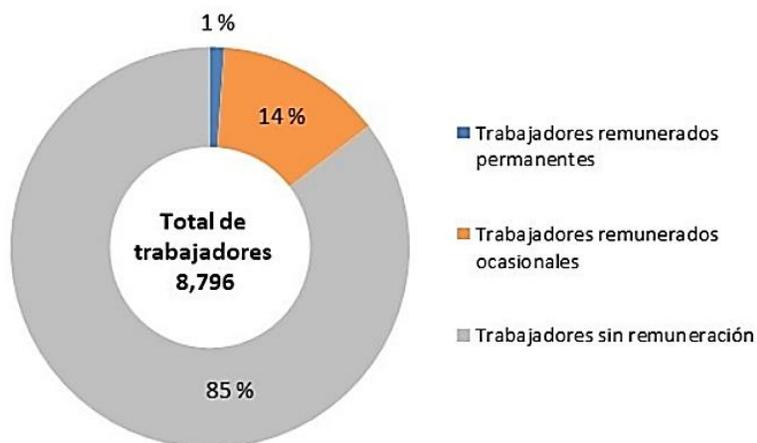
Nota. Se muestra los precios de productor y mayorista estimados del tomate de riñón en la provincia de Cotopaxi. Tomado de (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019).

De acuerdo a la estadística, se demuestra que existe un incremento de precio para los productores, de manera que trae consigo mejor calidad de vida, debido a que tienen un cierto ingreso mayor que otros años anteriores. Además, esto demuestra que resulta importante apoyar al sector agrícola ya sea con capacitaciones, así como también ayudando en etapas poscosecha, como por ejemplo en la clasificación para su posterior comercialización.

Empleo: De acuerdo con la Figura 29 se observa y determina que el tomate de riñón originó trabajo para 8.796 trabajadores en el año 2019, repartidos de la siguiente manera: 61% hombres y 39% a mujeres, de estos el 1% representa a trabajadores remunerados permanentemente, mientras que el 14% con remuneración ocasional y el 85% no reciben remuneración, esto ya que por lo general son miembros de una misma familia u hogar que trabajan en los cultivos del producto. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019)

Figura 29

Desagregación del empleo por remuneración en tomate de riñón



Nota. Se observa los niveles en porcentaje de la remuneración de los trabajadores en el ámbito del tomate de riñón. Tomado de (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019).

En cuanto al sector de Salache - Quilajaló en Salcedo, por medio de la recolección de información en el sitio, se conoció que existen aproximadamente 65 productores de tomate, los cuales generan cerca de 195 puestos de trabajo de las siguientes maneras: remunerados permanentemente, ocasionalmente y sin remuneración.

Análisis de factibilidad: Por todos los factores tratados, la implementación de una máquina clasificadora de tomate de riñón es factible, ya que de esta manera se promueve el desarrollo de los sectores de emprendimientos, microempresarial y agroindustrial. Además, se observó en las gráficas que en la provincia de Cotopaxi existe un aumento en la producción de tomate de riñón a partir del año 2018, debido a su gran consumo.

Algunas actividades, como por ejemplo, en la etapa de clasificación del producto, resulta factible que los productores cuenten con una máquina clasificadora de tomate de riñón, ya que brinda ventajas importantes tanto para los clientes y productores de

dicha actividad, entre los más destacados son un ahorro de recursos considerables, como la reducción del tiempo empleado en la actividad de clasificación de forma automatizada en comparación al realizarlo de manera tradicional o manual, los productos ofertados serán de mejor precisión en cuanto a su selección, ya que una máquina clasificadora a la hora de la calibración de los frutos puede hacerlo de una mejor manera, lo que a su vez generará una aceptación en los mercados y el incremento en la demanda del tomate de riñón.

Además, con la disminución de recursos empleados para dicha actividad, las personas evitarán fatiga, cansancio y enfermedades, así como también aprovechar el tiempo en otras labores necesarias.

3.4 Despliegue de función de la calidad

La función de calidad o en inglés Quality Function Deployment (QFD), analiza los requerimientos de los clientes (voz del usuario) y las del profesional encargado en el diseño (voz del ingeniero). Para de esta manera adquirir como resultado, las especificaciones del producto, cumpliendo en mayor medida con las exigencias de los consumidores, así como las del diseñador.

La especificación del producto son las características, requerimientos de la máquina, dimensiones, entre otros. Las cuales constituyen una pauta o referencia para su diseño y posterior desarrollo. Las mismas que pueden ser especificaciones muy minuciosas o simples, de acuerdo con la conveniencia para cada caso.

Voz del usuario

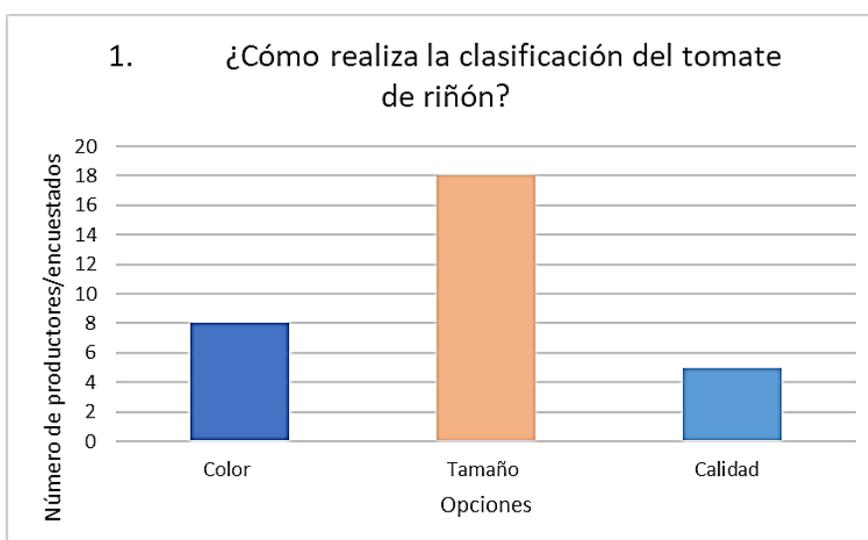
Son los requerimientos o características, que el usuario espera que ostente la máquina. Envase a las preguntas uno y trece de la encuesta realizada a veinte

productores de tomate de riñón en Salache -Quiljaló. Se obtiene los siguientes resultados, los mismos que son los requerimientos de los usuarios:

Los resultados de la primera pregunta ¿Cómo realiza la clasificación del tomate de riñón? se puede observar en la Figura 30.

Figura 30

Forma de clasificación del tomate de riñón



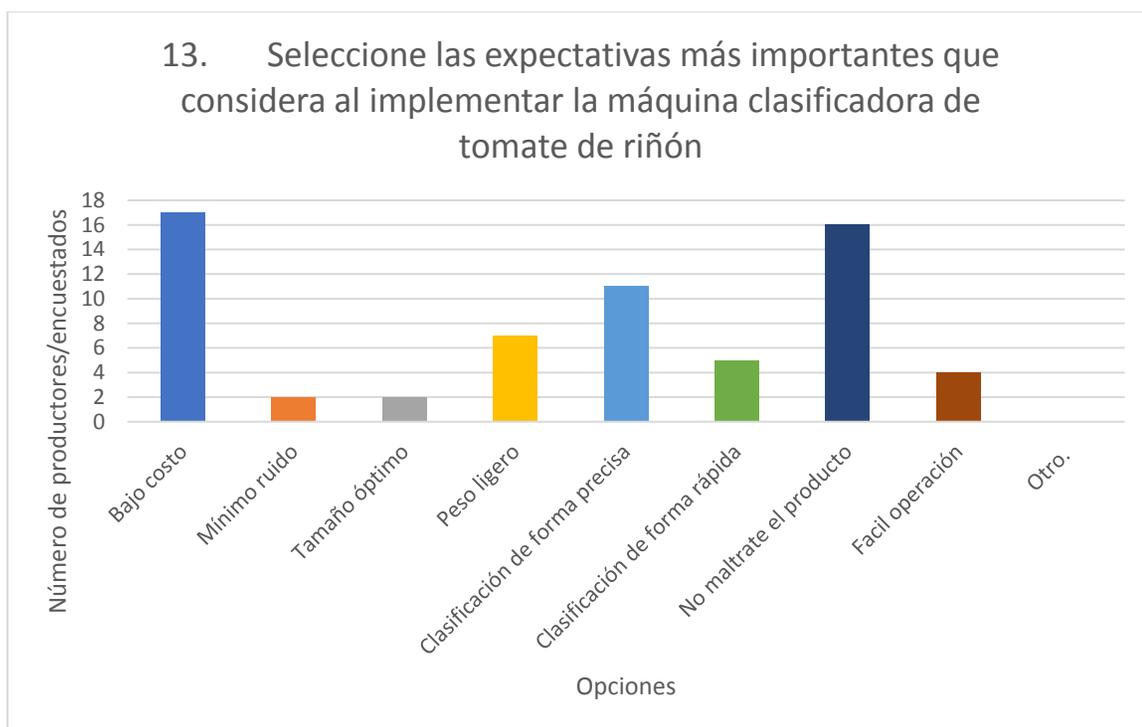
Del 100% de los encuestados, 18 criterios pertenecientes al 58% realizan la clasificación del tomate de riñón por tamaño, mientras que 8 agricultores con un 26% lo realizan por color y los 5 encuestados restantes con un 16% lo realizan por calidad.

De esta manera se concluye que es requerido por la gran mayoría de los productores de tomate de riñón, que cuenten con una máquina que realice la clasificación del producto de acuerdo a su tamaño.

De acuerdo a la pregunta trece como se observa los resultados en la Figura 31.

Figura 31

Requerimientos del usuario para la máquina clasificadora



Del 100% de los encuestados, las expectativas más importantes que consideran al implementar la máquina clasificadora de tomate de riñón, requieren que sea de Bajo costo en su mayoría 17 criterios pertenecientes al 27%, también desean que no maltrate el producto con 16 votos pertenecientes al 25%, además requieren que clasifique de forma precisa con 11 peticiones pertenecientes al 17%, seleccionan que debe tener un peso ligero con 7 criterios pertenecientes al 11%, clasificación de forma rápida con 5 criterios pertenecientes al 8%, disponer de fácil operación con 4 votos pertenecientes al 6%, finalmente exigen mínimo ruido con 2 encuestados pertenecientes al 3% y con el mismo porcentaje los encuestados seleccionan que tenga un tamaño óptimo el sistema clasificador. Con los resultados obtenidos, se plantea los siguientes requerimientos de los productores (voz del usuario):

- Clasificación de forma precisa
- Bajo costo

- Mínimo ruido
- Clasificación de forma rápida
- Tamaño óptimo
- No maltrate el producto
- Peso ligero
- Fácil operación
- Clasificación por tamaño

Voz del ingeniero

Es un listado de requerimientos obtenidos, a partir de las demandas de los usuarios. Para cada exigencia del cliente debe existir al menos una característica, por parte del diseñador, esto se indica en la Tabla 21.

Tabla 21

La voz del ingeniero

Requerimientos de los clientes	Voz del ingeniero
Bajo costo	Materiales
Clasificación de forma precisa	Tipo de mecanismo clasificador
Mínimo ruido	Ajustes y tolerancias
Clasificación de forma rápida	Rapidez del proceso
Tamaño óptimo	Geometría y dimensionamiento de la máquina
No maltrate el producto	Velocidad de ingreso de producto
Peso ligero	Densidad de los materiales
Fácil operación	Automatización del sistema
Clasificación por tamaño del producto	Tipos de componentes para clasificación

Competencia

Para el despliegue de la función de calidad se requiere la selección de las competencias, es decir de las máquinas clasificadoras de frutos similares existentes en el mercado. Y son evaluados en rangos de 1 a 5, dichos valores son introducidos en la casa de calidad.

Tabla 22

Características de máquinas clasificadoras de dos marcas diferentes

Especificaciones	Competencia 1 (Really)	Competencia 2 (Miracle)
Figura		
Modelo	RE-70-2C	MRC- FJ1
Tipo de clasificación por tamaño	Varios cilindros giratorios	Rodillos
Dimensiones (mm)	3800 * 1350*1600	4800*1200*1400
Peso(kg)	350	1200
Capacidad salida (toneladas/hora)	2 -3	1 -3
Potencia (kW)	3	1.5+0.75
Voltaje	380	220 /380
Material	Acero inoxidable 304	Acero inoxidable 304
Frecuencia	50	-----
Tamaños de clasificación	hasta 6 niveles	4 a 7

Casa de calidad

Se realiza la casa de calidad, y así obtener las especificaciones del producto.

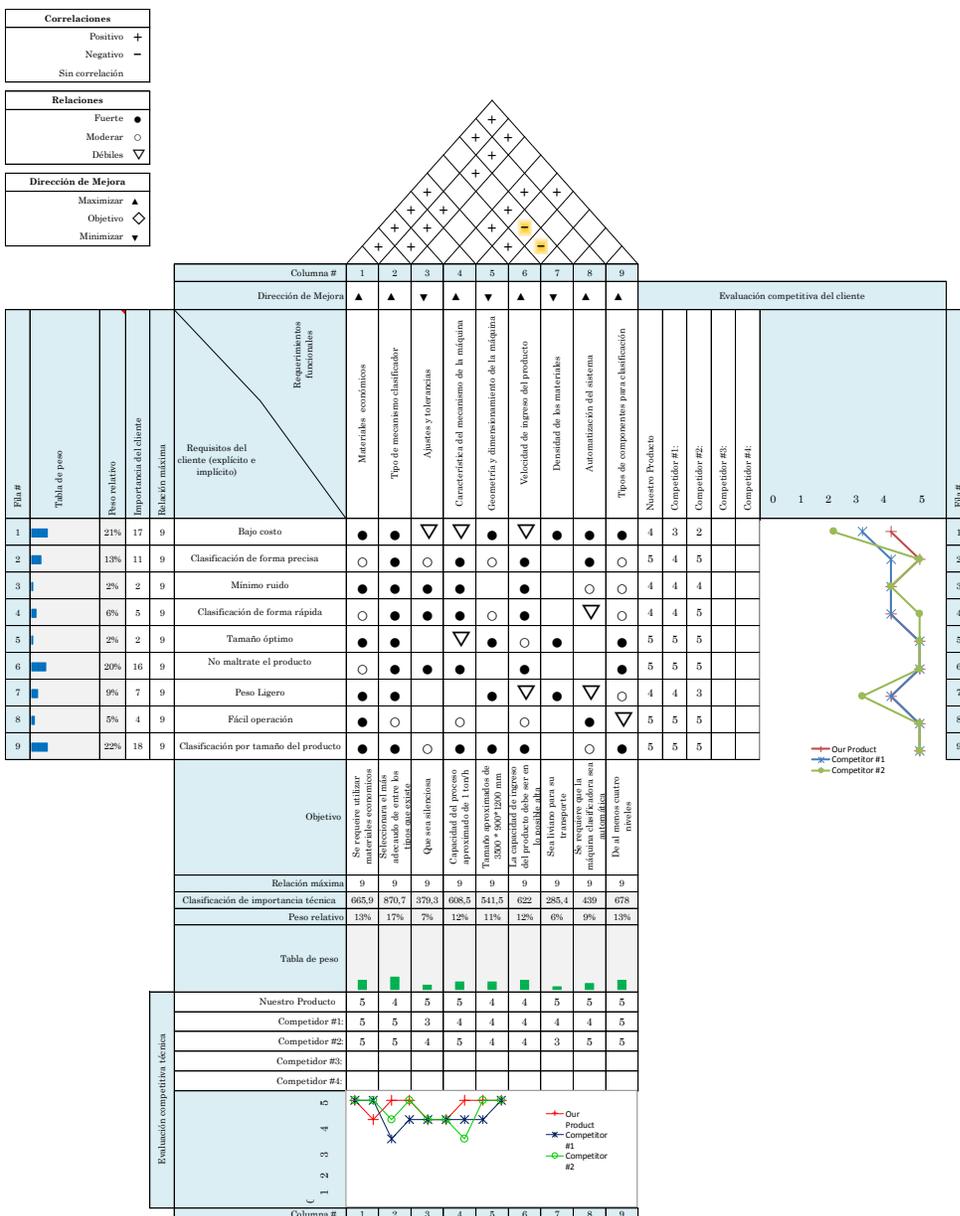
Revisar el Anexo B para un mayor detalle.

Figura 32

Casa de la calidad

QFD: Casa de la calidad

Diseño e implementación de un Sistema Clasificador de Tomate de Riñón (Lycopersicon Esculentum) aplicable a la Fundación "AYLLU APU FFA" de la Provincia de Cotacachi-Ecuador para impulsar el Sector Microempresarial y Emprendimientos.
 Proyecto:
 Revisión: Ing. Manjarrés Arias, Félix Xavier M.Sc.
 Fecha: 12/11/2021



Resultados de la tasa de calidad

Los resultados obtenidos a partir del despliegue de la casa de calidad, se indica en la Tabla 23, dando a conocer cuáles son los requerimientos del cliente que es de mayor relevancia.

Tabla 23*Requerimientos de los clientes*

Requisitos del cliente	Peso relativo (%)
Clasificación por tamaño del producto	22
Bajo costo	21
No maltrate el producto	20
Clasificación de forma precisa	13
Peso ligero	9
Clasificación de forma rápida	6
Fácil operación	5
Mínimo ruido	2
Tamaño óptimo	2

Además, la casa de calidad permitió conocer cuáles son los requerimientos funcionales más importantes, como se muestra en la Tabla 24:

Tabla 24*Requerimientos funcionales*

Requerimientos funcionales	Peso relativo (%)
Tipo de mecanismo clasificador	17
Tipos de componentes para clasificación	13
Materiales económicos	13
Velocidad de ingreso del producto	12
Característica del mecanismo de la máquina	12
Geometría y dimensionamiento de la máquina	10
Automatización del sistema	8
Ajustes y tolerancias	7
Densidad de los materiales	6

Con los resultados obtenidos en base a la herramienta de la calidad, se determina las características de mayor importancia que debe tener en cuenta para el diseño de la máquina clasificadora de tomates como es:

Tipo del mecanismo clasificador. El tipo de sistema clasificador que se seleccione como, por ejemplo: el de rodillos, varios cilindros giratorios, entre otros. Debe ser una que cumpla con características tales como: económica, no maltrate el producto y clasifique de forma precisa.

Tipos de componentes para clasificación. Se requiere que la máquina clasifique el tomate de riñón en al menos cuatro niveles (diámetros de la fruta).

Materiales económicos. Se debe en lo posible economizar los recursos, con la finalidad de que sea una máquina accesible para los productores de tomate riñón.

Velocidad de ingreso del producto. La capacidad de ingreso del producto debe ser en lo posible alta para clasificar el tomate de riñón de forma rápida.

Característica del mecanismo de la máquina. La máquina clasificadora tenga una capacidad de clasificación del producto aproximadamente de 1 ton/h (1000Kg/h).

Geometría y dimensionamiento de la máquina. Con el fin de que sea una máquina de tamaño óptimo, se requiere que la máquina tenga tamaños aproximados de 3500 * 900 * 1200 mm.

Automatización del sistema. Se requiere que la máquina clasificadora sea automática para disminuir el tiempo y trabajo que demandaría al productor, hacerlo de forma manual.

Especificaciones técnicas

A continuación, se obtiene las especificaciones técnicas de la máquina clasificadora de tomate de riñón, en este punto se establece si los requerimientos propuestos por el cliente(C) o Ingeniería(I), son deseos(D) o requerimientos(R). Para de esa forma obtener las características o especificaciones de la máquina clasificadora de tomate de riñón, para su posterior diseño.

Tabla 25

Especificaciones técnicas para el diseño del sistema clasificador de tomate

Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Sede Latacunga		Producto: Diseño e implementación de un Sistema Clasificador de Tomate de Riñón	
Especificaciones del Producto			
Concepto	Propone	R/D	Descripción
Función	C+I	R	Clasificar tomates en aproximadamente 5 tamaños diferentes a una capacidad aproximada de 1 ton/h.
	C	D	Clasificar los tomates de manera silenciosa.
	I	R	Trasladar el tomate ya clasificado a través de un elemento transportador hacia algún contenedor (cajas).
	C+I	R	Clasificar los tomates con mínima afectación del producto.
	C+I	D	Clasificar los tomates envase a su tamaño de manera precisa sin ningún error.
Dimensión	I	D	Dimensiones de la máquina debe ser óptima aproximadamente 2000 * 1000*1400 mm.
Mantenimiento	I	R	La máquina debe ser de fácil mantenimiento y segura.
Materiales	I	R	De aceros inoxidable y distintos materiales existentes en el mercado.
Energía	I	R	Funcione con energía eléctrica
Ergonomía	C+I	D	La máquina debe brindar comodidad al operario
Seguridad	I	D	La máquina no sea ruidosa.
	C+I	R	Los sistemas que tengan algún sistema de transmisión de potencia deben estar cubiertos para evitar el contacto con personas que pueda provocar accidentes.
Costos	I	D	Ahorro energético.
	C+I	R	Costos de fabricación aproximadamente de 2000\$.

Análisis Funcional

Para que la máquina clasificadora de tomate desempeñe su función principal, se requiere de administrar las siguientes variables:

- Materia: Tomates de riñón
- Energía: Eléctrica
- Señal: Puesta en operación por parte del operario

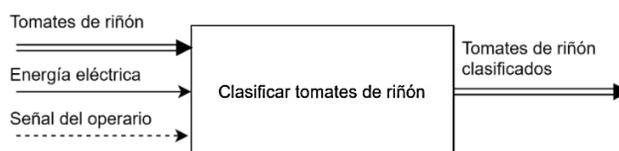
Con la finalidad de tener como resultado:

- Materia: El tomate clasificado por tamaños

Dicha función se puede representar en una caja negra de nivel cero, como se observa a continuación:

Figura 33

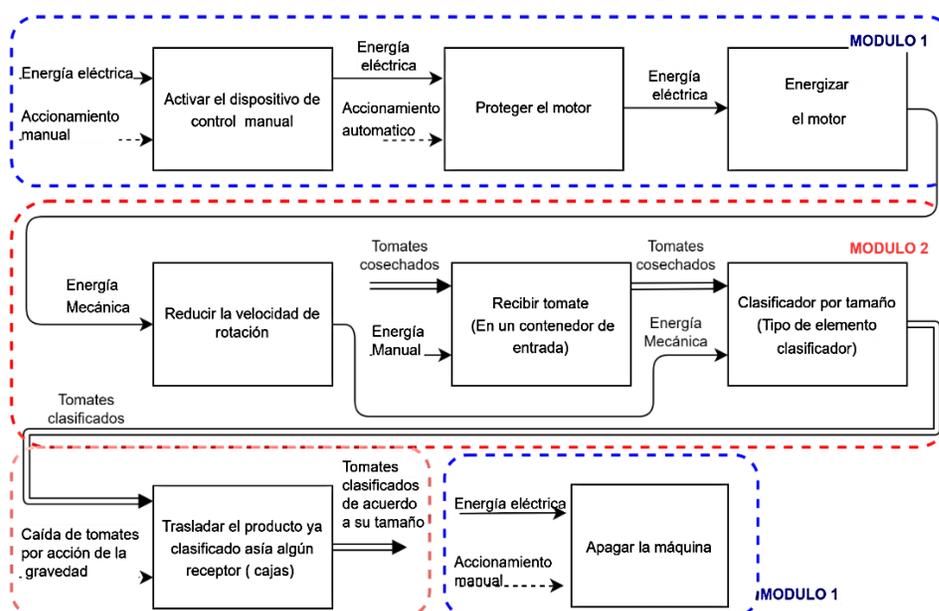
Diagrama funcional de la máquina clasificadora



Además, la función principal de la máquina puede contener a su vez otras subfunciones divididas en varios bloques (nivel 1), para facilitar el análisis de la máquina para su diseño. Se agrupó los subniveles en módulos para un mejor entendimiento, para su posterior diseño: módulo 1 (parte eléctrica) y módulo 2 (parte mecánica). Las subdivisiones se observan en la Figura 34:

Figura 34

Diagrama de subfunciones de la máquina clasificadora



Matriz morfológica

De las subfunciones de la máquina clasificadora de tomate de riñón, se busca los distintos elementos o dispositivos que permita cumplir con dichas funciones. Pero antes de realizar la matriz morfológica, se analiza los pro y contras de los distintos elementos, que podrían formar parte de la máquina clasificadora. Dichos elementos fueron descritos en mayor detalle en el Capítulo II.

Subfunciones de la máquina clasificadora:

Tabla 26

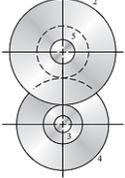
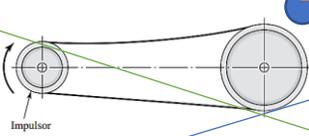
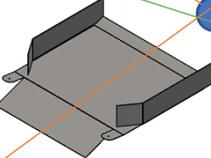
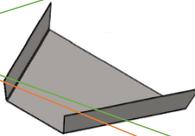
Subfunciones de la máquina clasificadora de tomate de riñón

Subfunciones	Elementos
Activar el dispositivo de control manual	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores • Pulsadores
Proteger el motor	<ul style="list-style-type: none"> • Fusibles • Relé térmico • Interruptor termomagnético • Guardamotor
Energizar la máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Motor eléctrico
Sistema de transmisión de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Motorreductores • Por relación de dientes de engranajes • Por poleas de diferentes diámetros
Recepción de tomate	<ul style="list-style-type: none"> • Tolva circular • Tolva rectangular • Bandeja
Clasificador por tamaño	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación por malla metálica • Clasificación por varios cilindros perforados giratorios • Clasificación por rodillos • Clasificación por cilindro giratorio • Clasificación por tambor giratorio
Trasladar el producto ya clasificado hasta algún receptor	<ul style="list-style-type: none"> • Bandeja inclinada
Apagar la máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores • Pulsadores

Construcción de la matriz morfológica

Tabla 27

Matriz morfológica del sistema clasificador

Componente	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Activar el dispositivo de control manual			
Energizar la máquina			
Reducir la velocidad			
Recepción de tomate			
Clasificador			
Trasladar el producto			
Apagar la máquina			
	↓ 1	↓ 2	↓ 3

3.5 Planteamiento de las alternativas de solución

En este apartado se describe las características de las tres posibles soluciones, de la máquina clasificadora de tomate riñón.

Alternativa 1

La alternativa 1 se compone de un interruptor para encendido y apagado, motorreductor, tolva de forma cuadrada, utiliza un clasificador tipo rodillos y como elemento de salida de producto una bandeja.

Alternativa 2

La alternativa 2 se compone de pulsadores de marcha y paro, motorreductor, una bandeja, utiliza un sistema reductor de velocidad con poleas, el clasificador tipo cilindro giratorio y como elemento de salida de producto una bandeja.

Alternativa 3

La alternativa 3 se compone de pulsadores de marcha y paro, un motor eléctrico, una bandeja, utiliza un sistema reductor de velocidad con engranes, el clasificador tipo tambor giratorio y como elemento de salida de producto una bandeja

3.6 Selección de la alternativa adecuada

Luego de hallar las distintas alternativas de solución por medio de la matriz morfológica. Se evalúa todas esas soluciones, teniendo en cuenta las especificaciones de mayor importancia de la máquina, la cual se analizó y determinó por medio de la casa de la calidad. Para evaluar las alternativas y seleccionar la más apropiada, se utilizó el llamado “método ordinal corregido de criterios ponderados”, como se indica a continuación:

Tabla 28

Método ordinal corregido de criterios ponderados

	Tipo de mecanismo clasificador	Tipos de componentes para clasificación	Materiales económicos	Velocidad de ingreso del producto	Característica del mecanismo de la máquina	Geometría y dimensionamiento de la máquina	Automatización del sistema	Ajustes y tolerancias	Densidad de los materiales	$\Sigma+1$	Ponderación
Tipo de mecanismo clasificador	---	0,5	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	6,5	0,1548
Tipos de componentes para clasificación	0,5	---	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	6,0	0,1429
Materiales económicos	1,0	1,0	---	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	8,0	0,1905
Velocidad de ingreso del producto	0,0	0,0	0,0	---	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	0,1190
Característica del mecanismo de la máquina	1,0	0,5	0,0	1,0	---	1,0	1,0	1,0	1,0	6,5	0,1548
Geometría y dimensionamiento de la máquina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	---	1,0	1,0	0,5	3,5	0,0833
Automatización del sistema	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	---	1,0	0,0	2,0	0,0476
Ajustes y tolerancias	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	---	0,0	1,0	0,0238
Densidad de los materiales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	---	3,5	0,0833
									Suma	42	1

Tabla 29*Evaluación de las soluciones con respecto a tipo del sistema clasificador*

Tipo de mecanismo clasificador	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1	----	1	1	3,0	0,5
Solución 2	0	---	1	2,0	0,333333333
Solución 3	0	0	---	1,0	0,166666667
			Suma	6,0	1

Tabla 30*Evaluación de las soluciones con respecto a los niveles de clasificación*

Tipos de componentes para clasificación	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1	----	0,5	0,5	2,0	0,333333333
Solución 2	0,5	----	0,5	2,0	0,333333333
Solución 3	0,5	0,5	----	2,0	0,333333333
			Suma	6,0	1

Tabla 31*Evaluación de las soluciones con respecto a los materiales económicos*

Materiales económicos	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1	---	0	0	1,0	0,166666667
Solución 2	1	---	1	3,0	0,5
Solución 3	1	0	---	2,0	0,333333333
			Suma	6,0	1

Tabla 32*Evaluación de las soluciones con respecto a la velocidad de ingreso*

Velocidad de ingreso del producto	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1	---	0,5	0,5	2,0	0,333333333
Solución 2	0,5	---	0,5	2,0	0,333333333
Solución 3	0,5	0,5	---	2,0	0,333333333
			Suma	6,0	1

Tabla 33*Evaluación de las soluciones con respecto a la rapidez del proceso*

Característica del mecanismo de la máquina	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación n
Solución 1	---	0,5	1	2,5	0,416666667
Solución 2	0,5	---	1	2,5	0,416666667
Solución 3	0	0	---	1,0	0,166666667
			Suma	6,0	1

Tabla 34*Evaluación de las soluciones con respecto a las dimensiones*

Geometría y dimensionamiento de la máquina	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1	---	0,5	0	1,5	0,25
Solución 2	0,5	---	0	1,5	0,25
Solución 3	1	1	---	3,0	0,5
			Suma	6,0	1

Tabla 35*Evaluación de las soluciones con respecto al grado de automatización*

Automatización del sistema	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1	---	1	1	3,0	0,5
Solución 2	0	---	0	1,0	0,166666667
Solución 3	0	1	---	2,0	0,333333333
			Suma	6,0	1

Tabla 36*Evaluación de las soluciones con respecto al ruido*

Ajustes y tolerancias	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1	---	1	0,5	2,5	0,416666667
Solución 2	0	---	0	1,0	0,166666667
Solución 3	0,5	1	---	2,5	0,416666667
			Suma	6,0	1

Tabla 37*Evaluación de las soluciones con respecto al peso de la máquina*

Densidad de los materiales	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1	---	0	0	1,0	0,166666667
Solución 2	1	---	1	3,0	0,5
Solución 3	1	0	---	2,0	0,333333333
			Suma	6,0	1

Tabla 38

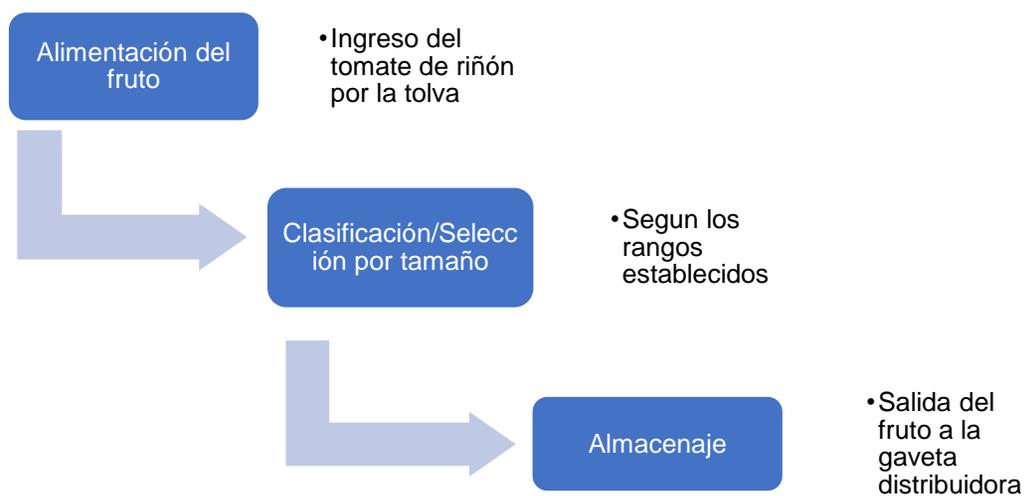
Evaluación total y selección de la solución

Selección de la alternativa	Tipo de mecanismo clasificador	Tipos de componentes para clasificación	Materiales económicos	Velocidad de ingreso del producto	Característica del sistema de la máquina	Geometría y dimensionamiento de la máquina	Automatización del sistema	Ajustes y tolerancias	Densidad de los materiales	Σ	Prioridad
Solución 1	0,077	0,048	0,032	0,040	0,064	0,021	0,024	0,010	0,014	0,329	2
Solución 2	0,052	0,048	0,095	0,040	0,064	0,021	0,008	0,004	0,042	0,373	1
Solución 3	0,026	0,048	0,063	0,040	0,026	0,042	0,016	0,010	0,028	0,298	3

La solución seleccionada luego de la evaluación es la número dos. Que es la que mayor prioridad tiene de entre las tres soluciones propuestas.

Figura 35

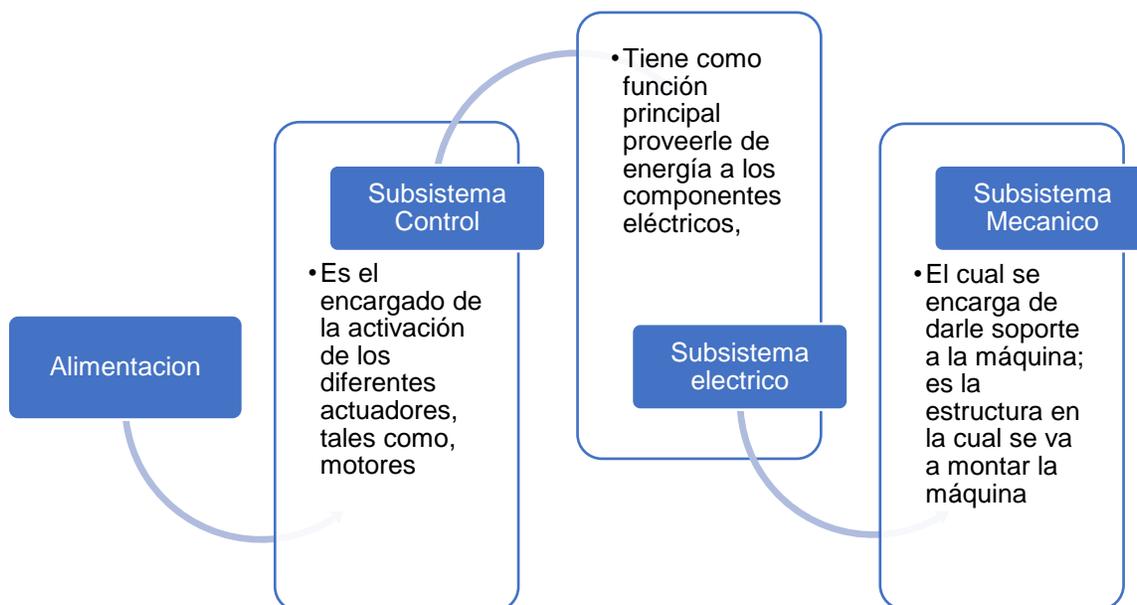
Flujograma general del proceso de alternativa seleccionada



Subsistema

Figura 36

Subsistemas del proceso



3.7 Análisis del entorno de cargas

3.7.1 Masa del tomate de riñón dentro del cilindro giratorio

Es necesario analizar en primera instancia sobre el dimensionamiento del sistema clasificador, el cual se basa por su capacidad, por ende, el objetivo de este proyecto es clasificar 1000 kg (50 cajas de producto) de tomate de riñón por hora, dato que se determinó mediante las encuestas realizadas y las pruebas de funcionamiento de la máquina en el Cantón Latacunga, sector Salache - Quilajaló.

3.7.2 Cálculo del flujo de tomate de riñón en base a la capacidad

En primer lugar, se tomará en cuenta la capacidad requerida en Kg/h que se planteó anteriormente:

$$C_{requerida\ Kg/h} = 1000 \frac{Kg}{h}$$

Es necesario determinar la capacidad en Kg/ min y lb/min:

$$C_{requerida\ Kg/min} = 1000 \frac{Kg}{h} * \left(\frac{1\ h}{60\ min} \right)$$

$$C_{requerida\ Kg/min} = 16.67 \frac{Kg}{min}$$

$$C_{requerida\ lb/min} = 16.67 \frac{Kg}{min} * \left(\frac{2.205\ lb}{1\ Kg} \right)$$

$$C_{requerida\ lb/min} = 36.75 \frac{lb}{min}$$

Entonces la máquina será capaz de clasificar 16.67 kilogramos de tomate de riñón por minuto, que es aproximadamente equivalente a 1 caja de producto que normalmente pesa entre 18 y 22 Kg en nuestro país.

3.7.3 Masa del cilindro giratorio

Para el cilindro giratorio se tomó la decisión de dividir en 3 secciones(partes), entre ellas existe 5 rangos o tamaños a clasificar según la necesidad vista en las encuestas, para lo cual cada rango consta de 800 mm de largo, por ello es necesario añadir ruedas de soporte internas para evitar la deformación de los cilindros y el pandeo de las planchas de tool galvanizada. Conociendo esto mediante el software SolidWorks versión estudiantil, se obtiene las siguientes estimaciones, las cuales se las puede verificar en los planos adjuntos.

$$M_{Sección\ 1} = 18.09\ Kg,$$

$$M_{Sección\ 2} = 16.19\ Kg,$$

$$M_{Sección\ 3} = 10.87\ Kg,$$

$$M_{Soportes\ internos} = 13.93\ Kg,$$

$$M_{Cilindro} = M_{Sección\ 1} + M_{Sección\ 2} + M_{Sección\ 3} + M_{Soportes\ internos}$$

$$M_{Cilindro} = 18.09\ Kg + 16.19\ Kg + 10.87\ Kg + 13.93\ Kg$$

$$M_{Cilindro} = 57.93\ Kg$$

Además, es necesario obtener la masa total, la cual es la suma de la masa del cilindro más la masa máxima del producto, para definir las cargas que interfieren sobre el eje. La masa máxima del producto se tomó en consideración un 30% del 100% del volumen total que dispone el cilindro giratorio por cuestiones de seguridad y correcto funcionamiento de la máquina.

$$M_{máxima\ producto} = 100\ Kg,$$

$$M_{Total} = M_{Cilindro} + M_{máxima\ producto}$$

$$M_{Total} = 57.93\ Kg + 100\ Kg$$

$$M_{Total} = 157.93\ Kg$$

3.7.4 Cargas axiales y radiales sobre el eje

Se procede a la obtención de la masa total en Newton, por lo que interfiere multiplicar la masa total por $9.807 \frac{m}{s^2}$, que es la constante gravitatoria de la tierra.

$$Carga_{Total} = M_{Total} * 9.807 \frac{m}{s^2}$$

$$Carga_{Total} = 157.93\ Kg * 9.807 \frac{m}{s^2}$$

$$Carga_{Total} = 1548.8\ N$$

Por razones de seguridad, acople de ruedas, pernos de sujeción, aumento en un 20% de producto y demás, se aumenta la carga dos terceras partes dando una carga total de:

$$Carga_{Total\ Seguridad} = Carga_{Total} + \left(\frac{2}{3}\right) Carga_{Total}$$

$$Carga_{Total\ Seguridad} = 1548.8\ N + \left(\frac{2}{3}\right) 1548.8\ N$$

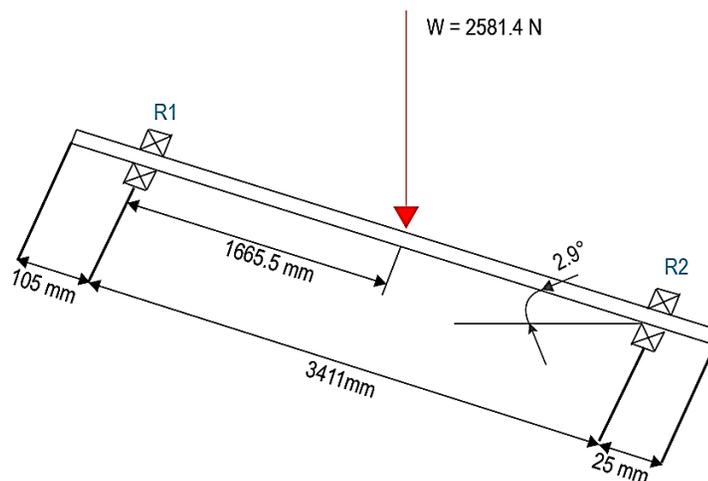
$$Carga_{Total\ Seguridad} = 2581.4\ N$$

El cilindro giratorio luego de varias pruebas realizadas, debe estar inclinado a un ángulo de 2.9° para que el tomate recorra por acción de la gravedad, hasta su destino que en este caso es la tolva de salida.

Entonces, una vez conocido que el eje tendrá un ángulo de inclinación, se determina que las cargas en los rodamientos tienen componentes radiales (R1 y R2) y axial (R3) en el extremo inferior y puramente radial en el rodamiento superior. Estas cargas se calcularán de acuerdo con las reacciones provocadas por la inclinación de la carga como se muestra en las Figuras 37 y 38.

Figura 37

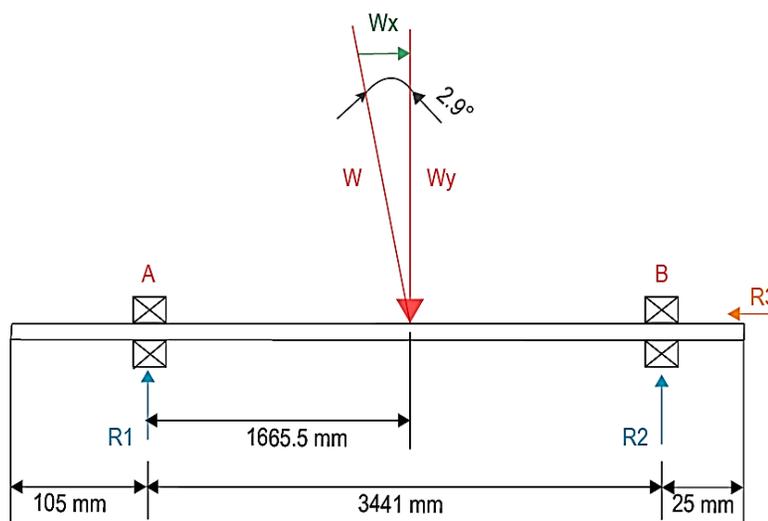
Fuerza ante carga en los rodamientos



Por tanto, los componentes de la carga son:

Figura 38

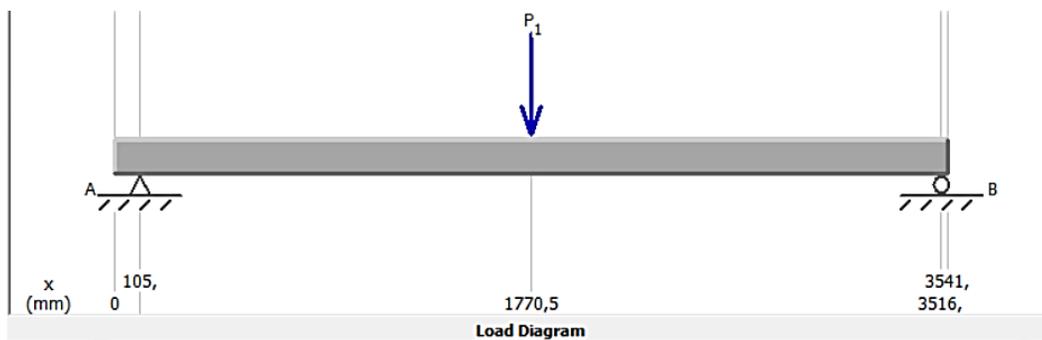
Descomposición de fuerzas ante carga en los rodamientos



Para validar los cálculos, es necesario simular en el software MDSolids versión estudiantil, así comprobar los resultados de los esfuerzos cortantes y momento flector que ejerce en el eje con dicha carga.

Figura 39

Diagrama de la carga actuante en el eje de la máquina



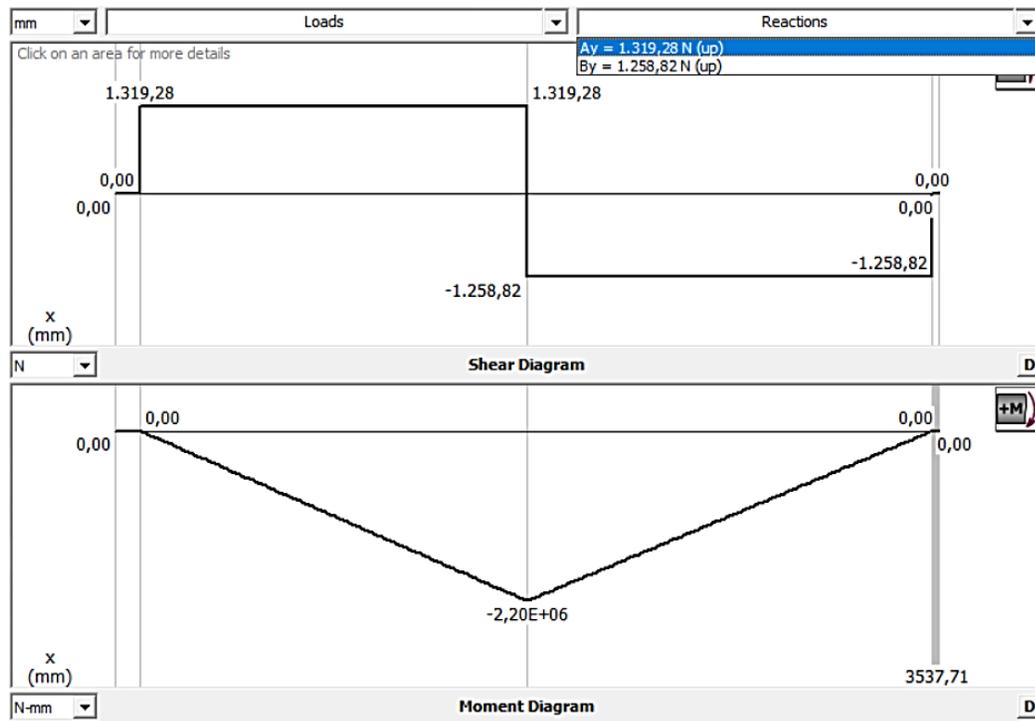
Nota. El gráfico representa la carga actuante sobre el eje de la máquina propuesta.

Tomado de (Educational Software MDSolids, 2021).

Una vez colocada la carga total que actuará en el eje, se obtiene lo siguientes diagramas:

Figura 40

Diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores del eje



Nota. Se observa las fuerzas cortantes y momentos flectores actuantes sobre el eje de la máquina. Tomado de (Educational Software MDSolids, 2021).

Entonces la carga presente actuará en 2 componentes, estos son W_x y W_y , se calcula de la siguiente forma:

$$W_x = \text{Sen} (2.9^\circ) * W$$

$$W = 2581.4 \text{ N},$$

$$W_x = \text{Sen} (2.9^\circ) * 2581.4 \text{ N}$$

$$W_x = 130.59 \text{ N}$$

$$W_y = \text{Cos} (2.9^\circ) * W$$

$$W_y = \text{Cos} (2.9^\circ) * 2581.4 \text{ N}$$

$$W_y = 2578.1 \text{ N}$$

Entonces las cargas radiales en los 2 rodamientos de las chumaceras serán:

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 - W_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = W_y$$

$$R_1 + R_2 = 2578.1 \text{ N}$$

Para los cálculos de la carga axial en el rodamiento inferior será:

$$\sum F_x = 0$$

$$W_x - R_3 = 0$$

$$R_3 = W_x$$

$$R_3 = 130.59 \text{ N}$$

Para establecer las fuerzas en los rodamientos, es necesario realizar sumatoria de momentos en el punto A:

$$\sum M_A = 0$$

$$W_y * (1665.5 \text{ mm}) - R_2 * (3411 \text{ mm}) = 0$$

$$W_y * (1665.5 \text{ mm}) = R_2 * (3411 \text{ mm})$$

$$R_2 = \frac{W_y * (1665.5 \text{ mm})}{(3411 \text{ mm})}$$

$$R_2 = \frac{2578.09 \text{ N} * (1665.5 \text{ mm})}{(3411 \text{ mm})}$$

$$R_2 = 1258.81 \text{ N}$$

Es necesario reemplazar R2 en el cálculo antes realizado, así se obtiene R1:

$$R_1 + R_2 = 2578.1 \text{ N}$$

$$R_1 = 2578.1 \text{ N} - R_2$$

$$R1 = 2578.1 N - 1258.81 N$$

$$R1 = 1319.28 N$$

3.8 Diseño del sistema clasificador

3.8.1 Diseño del cilindro giratorio

Las dimensiones generales del cilindro giratorio están compuestas de planchas de tool de acero galvanizado, las cuales están disponibles en el mercado con dimensiones definidas de 1 m x 2 m x 1.5 mm de espesor, por lo que se usaran estos 2 m para formar la circunferencia del tambor, por lo tanto, el diámetro del cilindro giratorio será de:

$$\varnothing = \left(\frac{\text{Circunferencia}}{\pi} \right)$$

Ecuación 1

Diámetro de una circunferencia (m)

Nota. (Corbacho, 2015).

Donde:

$$\text{Circunferencia} = 2 m$$

$$\varnothing = \left(\frac{2 m}{\pi} \right)$$

$$\varnothing = 0.65 m$$

Se tomó en cuenta que el cilindro giratorio tendrá disponible 4 clasificaciones por tamaño del fruto, por lo que el espacio recomendable para su instalación permite un largo de 3.5 metros aproximadamente.

También se debe tomar en cuenta que incluye el espacio necesario para el sistema motriz, los soportes para el eje y los componentes de sujeción.

3.8.2 Inercia de los componentes

Para la selección del motorreductor, es necesario partir desde el cálculo de las inercias de los componentes y elementos, para estimar la inercia que deberá superar para poner en funcionamiento el sistema clasificador. En la sección de planos de la máquina se podrá comprobar las medidas y cantidades tomadas para esta sección de análisis de cálculos.

3.8.2.1 Inercia del cilindro giratorio

En el cilindro giratorio, se debe tomar en cuenta un cilindro hueco, donde la inercia se obtiene de la siguiente manera:

$$I = \frac{m}{8} * (d_o^2 + d_i^2)$$

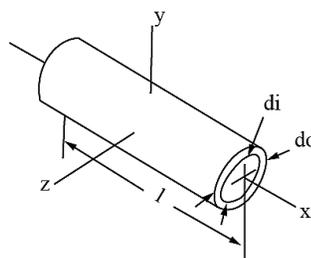
Ecuación 2

Inercia de cilindros huecos (Kg.m²)

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

Figura 41

Cilindro hueco



Nota. El gráfico representa las partes de un cilindro hueco. Tomado de (Budynas & Nisbett, 2012)

Donde:

$$m = M_{Cilindro} = 57.93 \text{ Kg},$$

$$d_0 = 0.65 \text{ m},$$

$$d_i = 0.647 \text{ m},$$

$$I = \frac{57.93 \text{ Kg}}{8} * (0.65 \text{ m}^2 + 0.647 \text{ m}^2)$$

$$I = 6.090 \text{ Kg.m}^2$$

3.8.2.2 Inercia del eje

El eje se divide en 3 partes, una de ellas es hueca y las dos restantes son sólidas. En este caso se tomará la medida del diámetro del eje: $d = 1 \frac{3}{4}$ pulgadas = 44.45 mm, este valor será recalculado en el apartado de diseño del eje, para así validar la selección:

Inercia del eje de transmisión de entrada

Este eje está compuesto de un material sólido de acero AISI 1020 por su alta dureza y resistencia, para ello se calcula con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{m * d^2}{8}$$

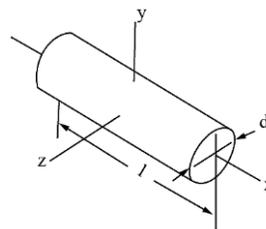
Ecuación 3

Inercia de cilindros sólidos (Kg.m²)

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

Figura 42

Cilindro sólido



Nota. El gráfico representa las partes de un cilindro sólido. Tomado de (Budynas & Nisbett, 2012)

$$m = M_{eje} = 1.85 \text{ Kg},$$

$$d = 0.0445 \text{ m},$$

$$I_{eje 1} = \frac{1.85 \text{ Kg} * 0.0445 \text{ m}^2}{8}$$

$$I_{eje 1} = 0.00045 \text{ Kg.m}^2$$

Inercia del eje de tubo central

En este caso, se utilizará la Ecuación 2, ya que se dispone de la misma geometría, pero distintas especificaciones:

$$I = \frac{m}{8} * (d_0^2 + d_i^2)$$

$$m = M_{cilindro} = 10.16 \text{ Kg},$$

$$d_0 = 0.0445 \text{ m},$$

$$d_i = 0.0385 \text{ m},$$

$$I_{eje 2} = \frac{10.16 \text{ Kg}}{8} * (0.0445 \text{ m}^2 + 0.0385 \text{ m}^2)$$

$$I_{eje 2} = 0.0044 \text{ Kg.m}^2$$

Inercia del eje de transmisión de salida

En este caso, se utilizará la Ecuación 3, ya que se dispone de la misma geometría y material, pero en este caso cambia sus características:

$$I = \frac{m * d^2}{8}$$

$$m = M_{eje} = 1.85 \text{ Kg},$$

$$d = 0.0445 \text{ m},$$

$$I_{eje 3} = \frac{1.85 \text{ Kg} * 0.0445 \text{ m}^2}{8}$$

$$I_{eje 3} = 0.00045 \text{ Kg.m}^2$$

Entonces al sumar las 3 inercias distintas que posee el eje, se obtendrá la inercia del eje total, teniendo así:

$$I_{Total\ eje} = I_{eje\ 1} + I_{eje\ 2} + I_{eje\ 3}$$

$$I_{Total\ eje} = 0.00045\ Kg.m^2 + 0.0044\ Kg.m^2 + 0.00045\ Kg.m^2$$

$$I_{Total\ eje} = 0.0053\ Kg.m^2$$

3.8.2.3 Inercia del tomate de riñón

Según las encuestas realizadas, se considera el tomate de riñón clase pietro por su mayor demanda, esta planta genera frutos que pesan entre 230 y 250 gramos. Para la obtención de la inercia del fruto de tomate de riñón, se tomará en cuenta una esfera sólida, ya que el tomate por su geometría, tendrá un mayor parentesco a esta figura geométrica:

$$I_{tomate\ riñón} = \frac{2}{5} * m * r^2$$

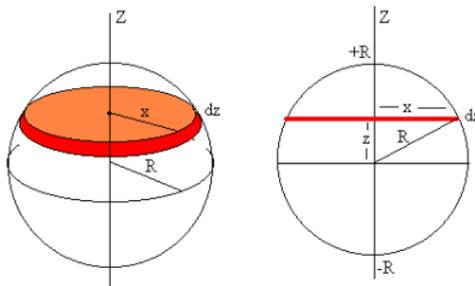
Ecuación 4

Inercia de una esfera (Kg.m²)

Nota.(Macias Zamora, 2013).

Figura 43

Inercia esfera sólida



Nota. Se muestra la representación gráfica de una esfera sólida con sus respectivas estimaciones. Tomado de (Macias Zamora, 2013).

Se considerará una masa estándar para el fruto de 230 gr= 0.23 Kg y un radio de 2.5 cm = 0.025 m

$$m = M_{tomate} = 0.23 \text{ Kg},$$

$$r = 0.025 \text{ m},$$

$$I_{tomate \text{ riñón}} = \frac{2}{5} * 0.23 \text{ Kg} * 0.025 \text{ m}^2$$

$$I_{tomate \text{ riñón}} = 0.0000575 \text{ Kg. m}^2$$

El cálculo anterior fue para un solo tomate, entonces a continuación se considera la capacidad máxima de 100 Kg, entonces:

$$\text{Cantidad de tomates} = \frac{\text{Capacidad máxima}}{\text{Masa de un tomate}}$$

$$\text{Cantidad de tomates} = \frac{100 \text{ Kg}}{0.23 \text{ Kg}}$$

$$\text{Cantidad de tomates} = 434.78$$

Entonces, la inercia de un tomate se lo multiplica por la cantidad de tomates en su capacidad máxima establecida:

$$I_{Cap.max \text{ tomates riñón}} = 0.0000575 \text{ Kg. m}^2 * 434$$

$$I_{Cap.max \text{ tomates riñón}} = 0.0250 \text{ Kg. m}^2$$

3.8.3 Inercia total

Para la obtención de la inercia total, se hace la sumatoria de todas las inercias antes obtenidas, teniendo así:

$$\sum I_{Total} = I_{cilindro} + I_{Total \text{ eje}} + I_{Cap.max \text{ tomates riñón}}$$

$$\sum I_{Total} = 6.09 \text{ Kg. m}^2 + 0.0053 \text{ Kg. m}^2 + 0.0250 \text{ Kg. m}^2$$

$$\sum I_{Total} = 6.12 \text{ Kg. m}^2$$

3.8.4 Aceleración angular

En primera instancia se encuentra la velocidad angular que se ejerce en el motorreductor junto con el cilindro giratorio es de 13 RPM, valor considerado luego de varias pruebas de funcionamiento, entonces:

$$\omega = V * \frac{2\pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

Ecuación 5

Velocidad angular (rad/s)

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

$$V = 13 \text{ RPM},$$

$$\omega = 13 \frac{\text{revoluciones}}{\text{minuto}} * \frac{2\pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$\omega = 1.36 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La aceleración angular se considera que en un tiempo de 0.5 seg es el tiempo de posición de reposo a velocidad de trabajo del motorreductor, entonces:

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

Ecuación 6

Aceleración angular (rad/s²)

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

$$t = 0.5 \text{ s},$$

$$\alpha = \frac{1.36 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{0.5 \text{ s}}$$

$$\alpha = 2.73 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

3.8.5 Torque o par necesario para vencer la inercia

Es necesario calcular este punto, ya que con el resultado obtenido se estimará cuál es el torque mínimo que deberá disponer el motorreductor seleccionado, entonces se aplica la siguiente ecuación:

$$T = I * \alpha$$

Ecuación 7

Torque (N.m)

Nota. (Smith, D. W; Simis, B. G; O'Neil, 1994).

$$I = 6.12 \text{ Kg.m}^2,$$

$$T = 6.12 \text{Kg.m}^2 * 2.73 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$T = 16.67 \text{ N.m}$$

3.8.6 Potencia mínima del motor requerida

La potencia requerida para girar un objeto es:

$$P = T * n$$

Ecuación 8

Potencia motor (watt)

Nota. (Smith, D. W; Simis, B. G; O'Neil, 1994).

$$T = 16.67 \text{ N.m},$$

$$n = 1.36 \frac{\text{rad}}{\text{s}},$$

$$P = 16.67 \text{ N.m} * 1.36 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P = 22.68 \text{ watts}$$

Esta potencia requerida en Hp seria:

$$P_{HP} = \frac{P \text{ watt}}{745.7}$$

$$P_{HP} = \frac{22.68 \text{ watts}}{745.7}$$

$$P_{HP} = 0.030 \text{ Hp}$$

3.8.7 Par aplicado real

Considerando el criterio de rendimiento y fricción, se seleccionará un motorreductor SESAME® con una potencia de 200w=0.2KW, según catálogo la velocidad de giro de salida más aproximada es de 34 rpm. En el Anexo C, se puede apreciar el motor seleccionado y sus demás características.

Por lo tanto, el par entregado se podrá calcular con la Ecuación 8 ya presentada:

$$P = T * n$$

$$P = 200 \text{ w},$$

$$n = 34 \text{ rpm},$$

$$200 \text{ w} = T * 34 \frac{\text{revoluciones}}{\text{minuto}} * \frac{2\pi \text{ radianes}}{1 \text{ revolución}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$T = 56.17 \text{ N.m}$$

Par necesario para vencer la inercia < Par aplicado

Es evidente que se cumple y el motorreductor trabajará satisfactoriamente sin problemas. De esta manera, se concluye que se necesita un motor de 0,25 HP con una velocidad de entrada de 34 RPM y una relación de reducción de 2.42, dando como resultado una velocidad de salida de 13 RPM, la cual fue definida luego de varias pruebas de funcionamiento e inspección visual de la máquina en su respectivo protocolo de pruebas.

3.8.8 Diseño del Eje

Para el diseño del eje se tomó como material referencial al Acero 1020 con un límite de rotura “Su” = 379 MPa (55 Kpsi) y límite elástico(fluencia) “Sy” 207 MPa (30 Kpsi).

Utilizando el código ASME, la norma dice: La tensión admisible es el 30% de la tensión de fluencia, o el 18% de la tensión de rotura, se toma el menor valor.

$$S_u = 379 \text{ MPa},$$

$$S_y = 207 \text{ MPa},$$

$$\sigma_{adm1} = 0.30 * 379 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm1} = 113.70 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm2} = 0.18 * 207 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm2} = 37.26 \text{ MPa}$$

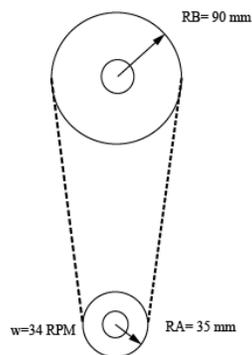
Se adopta el menor que sería el 37.26 MPa elegido como Esfuerzo admisible, según código ASME.

$$\sigma_{adm} = 37.26 \text{ MPa}$$

Es necesario conocer el escenario que se presenta a partir de la polea motriz ubicada en el eje, teniendo así:

Figura 44

Representación polea motriz y conducida del sistema clasificador



Torque transmitido desde la polea A (rueda ubicada en el eje del motorreductor) hacia la polea B (rueda acoplada en el eje máquina) es:

$$T_A = 56.17 \text{ N.m},$$

$$R_A = 35 \text{ mm},$$

$$R_B = 90 \text{ mm},$$

$$T_B = T_A * \left(\frac{R_B}{R_A}\right)$$

Ecuación 9

Torque transmitido de una polea a otra (N.m)

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

$$T_B = 56.17 \text{ N.m} * \left(\frac{90 \text{ mm}}{35 \text{ mm}}\right)$$

$$T_B = 144.43 \text{ N.m}$$

Se conoce que el eje está sometido tanto a flexión y torsión, entonces se escoge la teoría de la línea modificada de Goodman, la cual involucra a un diseño a los 2 tipos de criterios antes mencionados, se tomará en cuenta el punto más crítico para comprobar que el factor de seguridad sea el óptimo:

Figura 45

Fuerzas y momentos actuantes en el eje



Como ya se conocieron las reacciones anteriormente, partimos teniendo en cuenta lo siguiente:

$$R_2 = 1258.81 \text{ N},$$

$$T_z = 144.43 \text{ N.m} = 1278.31 \text{ lb.in},$$

$$D_{Z-L} = 0.038 \text{ m} = 1.49 \text{ in},$$

$$D_{L-Y} = 0.0445 \text{ m} = 1.75 \text{ in},$$

$$x = 0.078 \text{ m},$$

Es necesario obtener el momento en el punto Y:

$$M_y = R2 * x$$

$$M_y = 1258.81 N * 0.078 m$$

$$M_y = 98.18 N.m$$

$$M_y = 868.96 lb.in$$

Cálculo del límite de fatiga:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e$$

Ecuación 10

Límite a la fatiga (Kpsi)

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

K_a : Factor de condición superficial

$$K_a = a * S_u^b$$

Ecuación 11

Factor de condición superficial

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

En el caso presente, se ha elegido un acabado superficial maquinado o estirado en frío, por lo que sus factores serán los siguientes:

Figura 46

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{UT} kpsi	S_{UT} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Nota. Se observa algunos parámetros relacionados con el factor de condición superficial. Tomado de (Budynas & Nisbett, 2012).

En el caso, se tiene un acabado superficial maquinado del eje, entonces el factor a y el exponente b será los siguientes:

$$a = 4.51,$$

$$b = -0.265,$$

$$K_a = 4.51 * 379 \text{ MPa}^{-0.265}$$

$$K_a = 0.93$$

KB: Factor de modificación de tamaño

Dado el caso, se tiene un diámetro de 44.5 mm, en el cual se escogerá la tercera fila para el cálculo de este factor:

Figura 47

Factor de modificación de tamaño

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Nota. Se indica varios parámetros para obtención del factor de modificación de tamaño según el diámetro de diseño. Tomado de (Budynas & Nisbett, 2012)

$$K_b = \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.107}$$

Ecuación 12

Factor de modificación de tamaño

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

Donde:

$$d = 44.5 \text{ mm},$$

$$K_b = \left(\frac{44.5 \text{ mm}}{7.62} \right)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.82$$

c: Factor de carga

Cuando un eje está sometido tanto a torsión como a flexión al mismo instante, se debe tomar un valor de uno.

Figura 48

Factor de carga

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Nota. Se muestra valores establecidos para el factor de carga. Tomado de (Budynas & Nisbett, 2012).

$$K_c = 1$$

Para los otros factores K_d : factor de temperatura, K_e : factor de confiabilidad y K_f = factor de efectos varios se tomará valores igual al K_c , ya que son factores definidos en nuestro caso por el maquinado del componente:

$$K_c = K_d = K_e = K_f$$

Una vez obtenidos los factores, entonces se procede al cálculo del límite a la fatiga con la Ecuación 10, pero primero se procede a obtener el límite de fatiga del acero 1020:

$$S'_e = 0.5 * S_u$$

Ecuación 13

Límite de fatiga aceros (Kpsi)

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

$$S'_e = 0.5 * 55 \text{ Kpsi}$$

$$S'_e = 27.5 \text{ Kpsi}$$

Luego, queda reemplazar los valores en la Ecuación 10:

$$S_e = 0.93 * 0.82 * 1 * 1 * 1 * 1 * 27.5 \text{ Kpsi}$$

$$S_e = 21.289 \text{ Kpsi}$$

Es necesario encontrar el factor de concentración de esfuerzos:

Para flexión:

Primero se deberá obtener la relación r/d y D/d .

$$r/d$$

$$r = \text{radio de entalle} = 3 \text{ mm},$$

$$d = 38 \text{ mm} = 1.49 \text{ pulgadas},$$

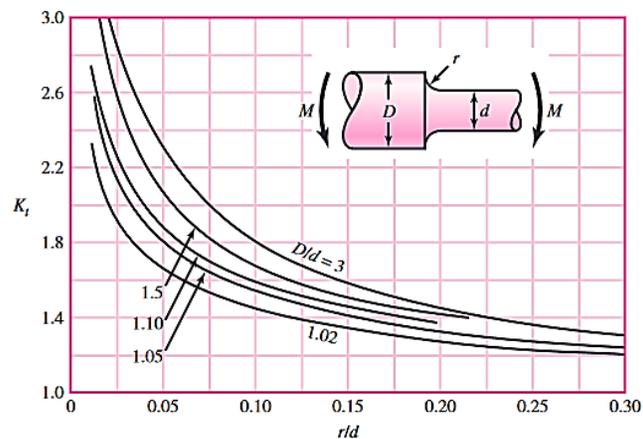
$$D = 44.5 \text{ mm} = 1.75 \text{ pulgadas},$$

$$\frac{r}{d} = \frac{3}{38 \text{ mm}} = 0.08$$

$$\frac{D}{d} = \frac{44.5 \text{ mm}}{38 \text{ mm}} = 1.17$$

Figura 49

Gráficas de factores teóricos de concentración del esfuerzo K_t



Nota. El gráfico representa la relación r/d y el factor K_t para una flecha. Tomado de (Budynas & Nisbett, 2012).

$$K_t = 1.7$$

$$\sigma_{max} = K_t \frac{M * C}{I}$$

Ecuación 14

Esfuerzo en eje redondo con filete en el hombro en flexión (psi)

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

Es necesario encontrar la inercia de la sección del eje con las especificaciones donde se va a evaluar su factor de seguridad ocupando la siguiente fórmula:

$$I = \frac{\pi * (D^4 - d^4)}{64}$$

Ecuación 15

Inercia de círculo hueco (Kg.m²)

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

Donde:

$$M = 868.96 \text{ lb. in,}$$

$$D = 1.75 \text{ in,}$$

$$d = 1.49 \text{ in,}$$

$$\sigma_{max} = 1.7 * \frac{868.96 \text{ lb. in} * \frac{1.75 \text{ in}}{2}}{\frac{\pi * (1.75 \text{ in}^4 - 1.49 \text{ in}^4)}{64}}$$

$$\sigma_{max} = 5917.26 \text{ psi}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{min}$$

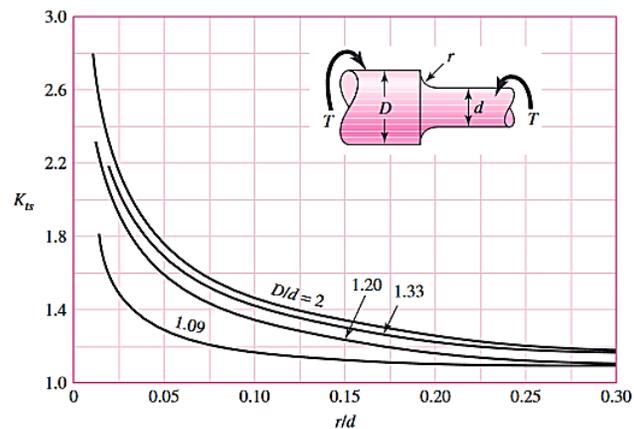
$$\sigma_{amplitud} = \frac{\sigma_{max} - (-\sigma_{min})}{2} = \sigma_{max}$$

$$\sigma_{medio} = \frac{\sigma_{max} + (-\sigma_{min})}{2} = 0$$

Para torsión:

Figura 50

Gráficas de factores teóricos de concentración del esfuerzo K_{ts}



Nota. El gráfico representa la relación r/d y el factor K_{ts} para una flecha. Tomado de (Budynas & Nisbett, 2012).

$$K_{ts} = 1.35$$

$$\tau_{max} = K_t \frac{T * C}{I}$$

Ecuación 16

Esfuerzo en eje redondo con filete en el hombro en torsión (psi)

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

$$C = \frac{d}{2}$$

Es necesario encontrar la inercia círculo hueco del eje con las especificaciones donde se va a evaluar, ocupando la siguiente fórmula:

$$I = \frac{\pi * (D^4 - d^4)}{32}$$

Ecuación 17

Momento polar de inercia de círculo hueco (psi)

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

$$\tau_{max} = 1.35 * \frac{1278.31 \text{ lb. in} * \frac{1.75 \text{ in}}{2}}{\frac{\pi * (1.75 \text{ in}^4 - 1.49 \text{ in}^4)}{32}}$$

$$\tau_{max} = 3456.30 \text{ psi}$$

$$\tau_{amplitud} = 0$$

$$\tau_{medio} = \tau_{max}$$

La teoría para la obtención de factor de seguridad con la recta de GOODMAN modificada, establece:

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_u}$$

Ecuación 18

Factor de seguridad, recta modificada de Goodman

Nota. (Budynas & Nisbett, 2012).

$$1/n = \left[\frac{\sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}}{S_e} + \frac{\sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}}{S_u} \right]$$

Reemplazamos valores y despejamos n, aquel resultado es el factor de seguridad del eje en la sección analizada, entonces:

$$n = \frac{1}{\left[\frac{\sqrt{5917.26 \text{ psi}^2 + 3 * 0^2}}{21289 \text{ psi}} + \frac{\sqrt{0^2 + 3 * 3456.30 \text{ psi}^2}}{55000 \text{ psi}} \right]}$$

$$n = 2.58$$

Factor de seguridad (n) es mayor que 1.5, entonces el diseño es satisfactorio si el eje es sometido a torsión y flexión como el caso del proyecto.

3.8.9 Sistema Banda y Polea

Se tiene como base un motorreductor eléctrico de 0,2 kW que funciona a 34 rpm debe accionar un cilindro giratorio a una velocidad de 13 rpm, este valor es definido luego de varias pruebas físicas del sistema clasificador. Es necesario seleccionar una

transmisión por correa trapezoidal para esta aplicación y especificar los tamaños de poleas y distancia entre ejes, el tipo de correa y criterios de diseño.

3.8.9.1 Potencia de diseño

De la Tabla 39 que a continuación se presenta, se selecciona el factor de servicio KA para elementos de transmisión de potencia:

Tabla 39

Factores de servicio para elementos de transmisión de potencia, KA

Fuentes de energía		Máquinas impulsadas			
		Uniforme	Impacto ligero	Impacto moderado	Fuerte impacto
		Agitadores, transportadores ligeros, compresores centrífugos	Herramientas mecánicas, bomba de engranajes, mezcladores	Compresores recíprocos, transportadores altamente resistentes	Máquinas de minería, máquinas pesadas
Uniforme	Motor eléctrico, turbinas a gas y vapor de velocidad uniforme y bajo torque	1.00~1.10	1.25~1.35	1.50~1.60	≥1.75
Impacto ligero	Motor eléctrico, turbinas a gas, hidro motor de alto y variable par	1.10~1.25	1.35~1.50	1.60~1.75	≥1.85
Impacto moderado	Motores de Combustión interna multicilindro	1.25~1.50	1.50~1.75	1.75~2.00	≥2.00
Fuerte impacto	Motores de combustión interna de un cilindro	≥1.50	≥1.75	≥2.00	≥2.25

Nota. Se compara distintos factores de servicio según las fuentes de energía y las máquinas impulsadas. Tomado de (Jiang, 2019).

En este caso, como se tiene un motor eléctrico de velocidad uniforme y bajo torque, se escoge $K_A = 1.1$, por lo tanto, la potencia de diseño se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$P_{CA} = K_A * P$$

Ecuación 19

Potencia de diseño (Kw)

Nota. (Jiang, 2019).

$$K_A = 1.1$$

$$P = 0.2 \text{ Kw}$$

$$P_{CA} = 1.1 * 0.2 \text{ Kw}$$

$$P_{CA} = 0.22 \text{ Kw}$$

3.8.9.2 Relación de transmisión

Para obtener la relación de transmisión, se utiliza la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{D2}{D1}$$

Ecuación 20

Relación de transmisión

Nota. (Jiang, 2019).

i: es la relación de transmisión.

n: son las revoluciones por minuto (rpm) de la polea menor.

N: son las revoluciones por minuto (rpm) de la polea mayor.

D2: es el diámetro de la polea mayor.

D1: es el diámetro de la polea menor.

n = 13 RPM,

$$i = \frac{34 \text{ RPM}}{13 \text{ RPM}}$$

$$i = 2.62$$

3.8.9.3 Determinación del diámetro de la polea Conductora

Para obtener la relación de transmisión, se utiliza la siguiente ecuación: Es necesario seleccionar el diámetro de la polea de conducción como $D_1=70$ mm de acuerdo a la Tabla 40.

Tabla 40

Diámetros y longitudes de referencia de poleas y correas trapezoidales

Tipo de Banda	Diámetro de referencia, D	Longitudes de referencia de la correa trapezoidal estándar, Ld
A	70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 106, 112, 118, 125, 132, 140, 150, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800	630, 700, 790, 890, 990, 1100, 1250, 1430, 1550, 1640, 1750, 1940, 2050, 2200, 2300, 2480, 2700
B	125, 132, 140, 150, 160, 170, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 600, 630, 710, 750, 800, 900, 1000, 1120	930, 1000, 1100, 1210, 1370, 1560, 1760, 1950, 2 180, 2300, 2500, 2700, 2870, 3 200, 3600, 4050, 4430, 4820, 5 370, 6070
C	200, 212, 224, 236, 250, 265, 280, 300, 315, 335, 355, 400, 450, 500, 560, 600, 630, 710, 750, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 2000	1565, 1760, 1950, 2195, 2420, 2715, 2880, 3080, 3 520, 4060, 4600, 5380, 6100, 6815, 7600, 9100, 10700

Nota. Se muestra los diámetros y longitudes para poleas trapezoidales comerciales utilizados en diversas maquinarias. Tomado de (Jiang, 2019).

Para el caso se escoge la relación de deslizamiento (ε) = 1.5%, el diámetro de la polea conducida, se puede calcular mediante la ecuación siguiente:

$$D_2 = i(1 - \varepsilon)D_1$$

Ecuación 21

Diámetro polea conducida(mm)

Nota. (Jiang, 2019).

$$\varepsilon = 0.015,$$

$$D_1 = 70 \text{ mm},$$

$$D_2 = 2.61(1 - 0.015) * 70 \text{ mm}$$

$$D_2 = 179.27 \text{ mm}$$

En este caso, se selecciona $D_2 = 180 \text{ mm}$ de acuerdo con la Tabla 40 (polea conducida)

3.8.9.4 Velocidad de la correa

Para hallar la velocidad de la banda o correa, se utiliza la siguiente ecuación:

$$v = \frac{\pi * D_1 * n}{60 * 1000}$$

Ecuación 22

Velocidad de la correa(m/s)

Nota. (Jiang, 2019).

$$n = 34 \text{ RPM},$$

$$v = \frac{\pi * 70 \text{ mm} * 34 \text{ Rpm}}{60 * 1000}$$

$$v = 0.12 \frac{m}{s}$$

$$0.12 \frac{m}{s} < 25 \frac{m}{s}$$

Cumple con la condición de seguridad y protección de la banda, entonces se determina que la velocidad de la correa es aceptable.

3.8.9.5 Confirmación de la distancia entre centros y la longitud de referencia

En el caso presente, se selecciona la distancia inicial del centro de:

$$a_0 = 650 \text{ mm},$$

Así, la longitud preliminar de la correa, se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$L_d' = 2 * a_0 + \frac{\pi}{2} (D1 + D2) + \frac{(D1 + D2)^2}{4 * a_0}$$

Ecuación 23

Longitud preliminar de la polea(mm)

Nota. (Jiang, 2019).

$$L_d' = 2 * 650 \text{ mm} + \frac{\pi}{2} (70 \text{ mm} + 180 \text{ mm}) + \frac{(70 \text{ mm} + 180 \text{ mm})^2}{4 * 650 \text{ mm}}$$

$$L_d' = 1697.4 \text{ mm}$$

Se selecciona la longitud de referencia de la correa de la Tabla 40 como:

$L_d=1750 \text{ mm}$, entonces se selecciona una BANDA TIPO V - BELT A-67 (Calibre Delgada) que más se ajusta al diseño realizado. Consulte el Anexo D para obtener mayor detalle del tipo de banda seleccionada.

3.8.9.6 Distancia entre centros verdadera

La distancia entre centros verdadera se calcula a partir de la ecuación siguiente:

$$a = a_0 + \frac{L_d - L_d'}{2}$$

Ecuación 24

Distancia entre centros verdadera (mm)

Nota. (Jiang, 2019).

$$a = a_0 + \frac{1750 \text{ mm} - 1697.4 \text{ mm}}{2}$$

$$a = 676.32 \text{ mm}$$

3.8.9.7 Distancia entre centros mínima y máxima

La distancia entre centros mínima y máxima, se calcula a partir de la ecuación siguiente:

Para la distancia mínima:

$$a_{min} = a - 0.015 * L_d$$

Ecuación 25

Distancia entre centros mínima (mm)

Nota. (Jiang, 2019).

$$a_{min} = 676.32 \text{ mm} - 0.015 * 1750 \text{ mm}$$

$$a_{min} = 650.07 \text{ mm}$$

Para la distancia máxima:

$$a_{max} = a + 0.03 * L_d$$

Ecuación 26

Distancia entre centros máxima (mm)

Nota. (Jiang, 2019).

$$a_{max} = 676.32 \text{ mm} + 0.03 * 1750 \text{ mm}$$

$$a_{max} = 728.82 \text{ mm}$$

3.8.9.8 Angulo de contacto en la polea de conducción

Se tiene la siguiente ecuación:

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{D2 - D1}{a} * 57.3^\circ$$

Ecuación 27

Ángulo de contacto en la polea de conducción (rad)

Nota. (Jiang, 2019).

$$\alpha_1 = 180^\circ * \frac{\pi}{180} - \frac{180 \text{ mm} - 70 \text{ mm}}{676.32 \text{ mm}} * 57.3^\circ * \frac{\pi}{180^\circ}$$

$$\alpha_1 = 2.97 \text{ radianes}$$

$$\alpha_1 = 2.97 \text{ radianes} * \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$\alpha_1 = 170.69^\circ$$

$$90^\circ < 170.69^\circ < 180^\circ$$

Así se verifica que el ángulo de contacto en la polea es aceptable, por lo que está entre el rango permitido por diseño mecánico.

3.8.9.9 Número de bandas requerido para transmitir la potencia de diseño

Se tiene la ecuación:

$$z = \frac{P_{CA}}{(P_0 + \Delta P_0) * K_a * K_L}$$

Ecuación 28

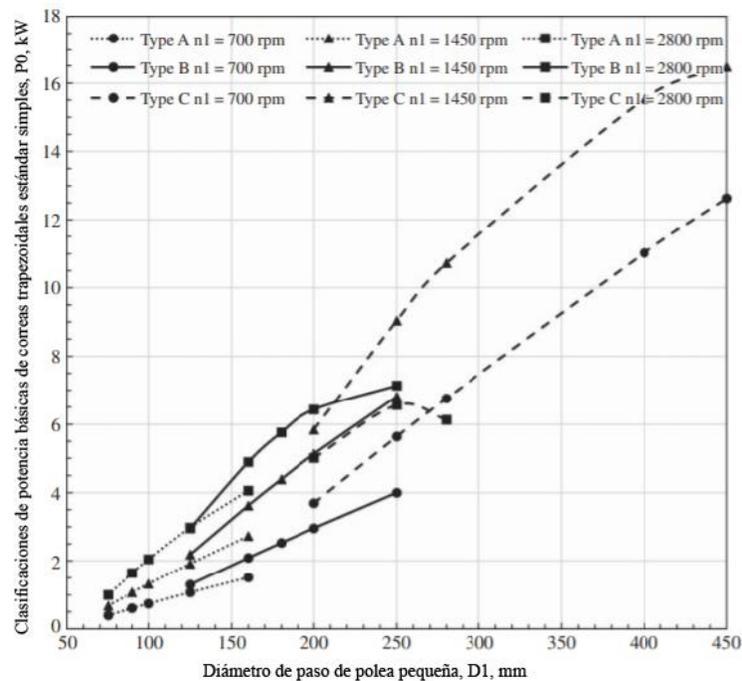
Número de bandas requerido para transmitir la potencia de diseño

Nota. (Jiang, 2019).

Con la siguiente Figura 51, se obtiene un $\Delta P_0 = 0.3$

Figura 51

Potencias nominales básicas de las correas trapecoidales estándar



Nota. El gráfico representa las potencias nominales estimadas para bandas del tipo A,B y C. Tomado de (Jiang, 2019).

Donde:

P_0 = potencia nominal real de una sola correa trapezoidal estándar

ΔP_0 = incremento de potencia nominal básica de única correa trapezoidal estándar

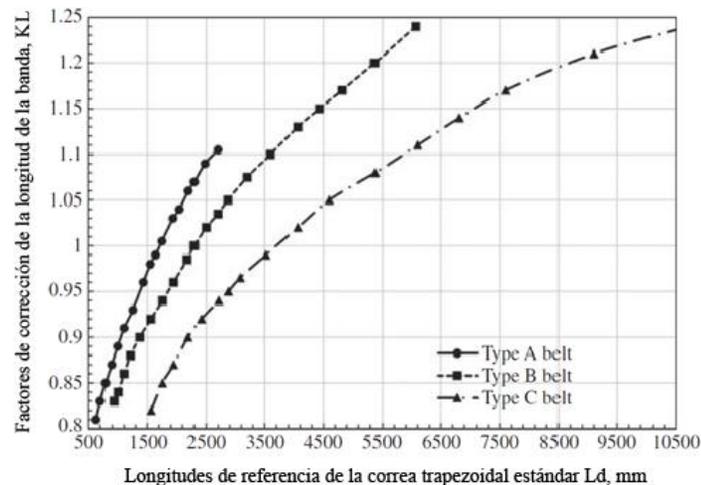
K_a = factor de corrección por ángulo de contacto

K_L = factor de corrección para la longitud de la correa

Además, se adjunta la Figura 52 para la verificación de $K_L = 1.01$, tomando en cuenta el $L_d = 1750$ mm calculado anteriormente.

Figura 52

Longitudes de correas trapezoidales vs factores de corrección de longitud



Nota. Se muestra las longitudes establecidas en bandas trapezoidales vs el factor de corrección de la perteneciente. Tomado de (Jiang, 2019).

$$K_L = 1.01$$

Una vez obtenido estos factores, se procede a reemplazar en la ecuación 29:

$$z = \frac{0.22 Kw}{(0.2 Kw + 0.3 Kw) * 1.1 * 1.01}$$

$$z = 0.38 \text{ bandas}$$

Se selecciona un valor nominal de 1 banda, $z=1$ para la transmisión de la potencia de diseño.

3.8.9.10 Tensión de banda inicial F_0

Se tiene la siguiente expresión:

$$F_0 = 500 * \frac{P_{ca}}{z * v} * \left(\frac{2.5}{K_a} - 1 \right) + q * v^2$$

Ecuación 29

Tensión de banda inicial(N)

Nota. (Jiang, 2019).

Se considera para el estudio el valor de $q = 0.105 \text{ Kg/m}$, característico de una banda para transmisión de poleas de aluminio y bajas RPMS.

$$F_0 = 500 * \frac{0.22 \text{ Kw}}{1 * 0.12 \frac{\text{m}}{\text{s}}} * \left(\frac{2.5}{1.1} - 1 \right) + 0.105 \text{ Kg} * \left(0.12 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2$$

$$F_0 = 1123.4 \text{ N}$$

3.8.9.11 Factor de seguridad de la banda

Se tiene la siguiente expresión: Es necesario buscar mediante catálogos las especificaciones técnicas que poseen el tipo de banda seleccionada, esos valores se indican a continuación en la Tabla 41:

Tabla 41

Esfuerzos máximos de bandas trapezoidales

Esfuerzo máximo admisible de Bandas trapezoidales									
Tipo	Perfil trapezoidal					Perfil curvilíneo			
	Z	A	B	C	D, E	3mm	5mm	8mm	14mm
Esfuerzo máximo (N)	110	200	300	750	1400-1800	50	130	850	2400

Nota. Se indica valores establecidos para esfuerzos máximos según el tipo de banda trapezoidal seleccionada. Tomado de (Rodríguez Galbarro, 2021).

El esfuerzo máximo admisible de la banda tipo A-67 es de 200 N. Por lo que el factor de diseño se obtiene mediante:

$$n = \frac{F_0}{R_s}$$

Ecuación 30

Factor de seguridad de la banda

$$R_s = 200 \text{ N},$$

$$n = \frac{1123.4 \text{ N}}{200 \text{ N}}$$

$$n = 5.61$$

El factor de seguridad mayor a 1 garantiza la vida útil de la banda

Diseño estructural de poleas y correas trapezoidales:

$$D1 = 70 \text{ mm}$$

$$D2 = 180 \text{ mm}$$

$$L_d = 1750 \text{ mm}$$

$$a = 650 \text{ mm}$$

3.8.10 Selección de rodamientos

La selección de rodamientos depende del diámetro del eje y la capacidad de carga dinámica. Para calcular la capacidad de carga dinámica se utiliza la siguiente ecuación:

$$C = P * \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

Ecuación 31

Capacidad de carga dinámica de rodamiento (KN)

Nota. (Mott, 2006).

En donde:

C: Capacidad de carga dinámica,

P: Carga a la que está sometido el rodamiento. Determinada en el diseño del eje,

k: Factor que depende del tipo de rodamiento,

L_d: Duración de diseño en revoluciones,

$P = 2.581 \text{ KN}$, para rodamientos de bolas $K = 3$,

Tabla 42

Duración recomendada para rodamientos

Aplicación	Duración de diseño L, h
Electrodomésticos	1000-2000
Motores de aviación	1000-4000
Equipo agrícola	1500-5000
Automotores	3000-6000
Elevadores, ventiladores industriales, transmisiones de usos múltiples	8000-15 000
Motores eléctricos, sopladores industriales, máquinas industriales en general	20 000-30 000
Bombas y compresores	40 000-60 000
Equipo crítico en funcionamiento durante 24 h	100 000-200 000

Nota. Se observa las duraciones de diseño recomendadas para rodamientos según la aplicación requerida. Tomado de (Mott, 2006).

L: Horas de duración recomendada para rodamientos. Según la Tabla 42 para una máquina agrícola y tomando en cuenta que el sistema clasificador será utilizado para trabajo intermitente, se selecciona un valor:

$$L = 1650 \text{ horas,}$$

Para el cálculo de *L_d* se tiene:

$$L_d = L * rpm * 60 \frac{\text{min}}{\text{h}}$$

Ecuación 32

Número de revoluciones de diseño para rodamiento (rev)

Nota. (Mott, 2006).

$$L_d = 1650 \text{ h} * 13 \frac{\text{revoluciones}}{\text{minuto}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{h}}$$

$$L_d = 1287000 \text{ revoluciones} = 1,2 * 10^6 \text{ revoluciones}$$

Es necesario retomar la Ecuación 31, entonces se obtiene:

$$C = 2.815 \text{ KN} * \left(\frac{1.2 * 10^6}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 3 \text{ KN}$$

Una vez determinada la capacidad de carga se selecciona el tipo de rodamiento, para un eje de 38 mm el tipo de rodamiento seleccionado es UCP - P206 de bolas que soporta una carga dinámica $C = 19.5 \text{ KN}$, por lo que el rodamiento seleccionado es satisfactorio. (ver Anexo E)

3.8.11 Diseño de la chaveta

La cuña o chaveta es un elemento utilizado para transmitir el par de torsión entre el eje y el componente acoplado, para el caso de estudio, se considerará para acoplar la polea del sistema de transmisión y el eje del sistema clasificador.

El material óptimo para estos dispositivos, en general es el acero generalmente del mismo material del eje, para el caso AISI 1020, hay que tomar en cuenta que para la elaboración de las chavetas es un acero de bajo contenido de carbón, con resistencia a la cizalladura; por lo que el material elegido es muy utilizado para este tipo de aplicación. La selección de la cuña se efectuará en función del diámetro del eje, para ejes hasta 6 ½ pulgadas de diámetro se recomienda la selección de cuñas cuadradas, mientras que la cuña rectangular se recomienda para ejes mayores; tomando en cuenta esta consideración, para un diámetro de eje 27 mm (1.06 pulgadas) se selecciona una chaveta cuadrada como se indica en la Figura 53, que tenga una longitud mínima de 50 mm, esto por seguridad de buen acople de la polea hacia en eje. (Mott, 2006)

Figura 53

Chavetas Opac Components



Ø eje d mm desde-hasta	Medida chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo		Medidas chavetero del eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda	
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1	Chaveta de cuña S/DIN 6886, 6887	t ₁ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m	Ø m/m desde-hasta	Tol.H-7 m/m
6-8	2x2	d+0,9	-	1,1	-	6-10	+0,015 0
8-10	3x3	d+1,3	-	1,7	-		
10-12	4x4	d+1,6	d+1,4	2,4	-0,1	10-18	+0,018 0
12-17	5x5	d+2,1	d+1,9	2,9			
17-22	6x6	d+2,6	d+2,1	3,5	-0,1	18-30	+0,021 0
22-30	8x7	d+3,0	d+2,4	4,1			
30-38	10x8	d+3,4	d+2,8	4,7	-0,1	30-50	+0,025 0
38-44	12x8	d+3,2	d+2,8	4,9			
44-50	14x9	d+3,6	d+2,9	5,5	-0,1	50-80	+0,030 0
50-58	16x10	d+3,9	d+3,2	6,2			

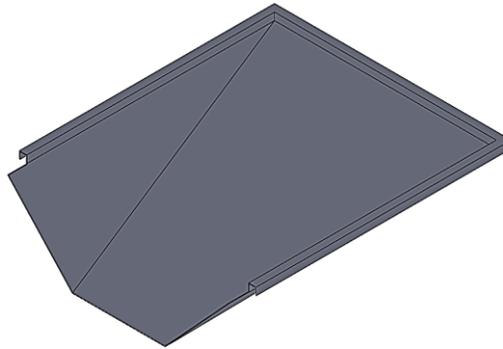
Nota. El gráfico representa la selección de la chaveta según el diámetro del eje establecido en el diseño. Tomado de (OPAC COMPONENTS, n.d.).

3.8.12 Diseño de la tolva de ingreso de producto

El ingreso de los tomates de riñón se sabe que es manual, por ende, se diseñó una geometría que ayude a desplazarse al fruto por sí solo, dando una inclinación de caída, cumpliendo así la función transportar los tomates al cilindro clasificador, para lo cual cuenta con un ángulo de inclinación 14.76 grados como se observa en la Figura 54 y en la sección de planos.

Figura 54

Tolva de ingreso del producto



La tolva debe ser diseñada para cumplir con los requerimientos de la máquina, que es la capacidad de clasificar 1000 Kg de tomates por hora. Es así que, para cumplir con este requerimiento, la tolva debe ser capaz de almacenar 16.66 Kg en un minuto. Para calcular el volumen que representa los 16.66 Kg se emplea la Ecuación 33:

$$V = \frac{m}{\partial}$$

Ecuación 33
Volumen (m^3)

Donde:

$V = \text{Volumen}$,

$m = \text{Masa}$,

$\partial = \text{Densidad del tomate}$, (ver Anexo F)

En (Jahanbakhshi et al., 2019), determina que la densidad del tomate es de $470 \frac{Kg}{m^3}$.

Reemplazando los datos en la Ecuación 33:

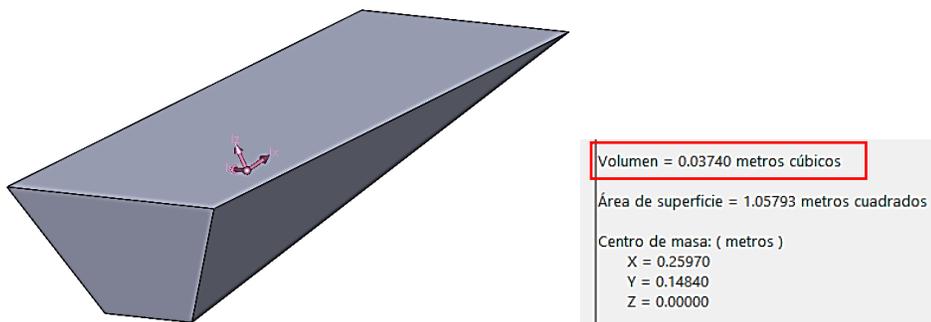
$$V = \frac{16.66Kg}{470 \frac{Kg}{m^3}}$$

$$V = 0.03544 m^3$$

Por lo tanto, la tolva debe tener ser capaz de almacenar los 0.03544 m^3 . En la Figura 54 se puede apreciar la geometría de la tolva diseñada, para calcular el volumen que logra almacenar, primero se realizó su modelo geométrico, el cual representa al volumen que contendrá la tolva (suponiendo que se encuentra completamente llena). Para posteriormente con el software SolidWorks versión estudiantil, obtener su volumen. (Ver Figura 55)

Figura 55

Geometría que representa la tolva a su máxima capacidad (y su volumen)



De tal forma el volumen que puede contener la tolva es de 0.03740 m^3 , que es mayor que el volumen requerido para almacenar los 16.66 Kg que fue de 0.03544 m^3 . Por lo tanto, la geometría de la tolva a diseñada cumplirá con los requerimientos de la máquina.

Cálculo del peso de los tomates que ejercen sobre la bandeja, por medio de la Ecuación 34:

$$W = m * g$$

Ecuación 34

Peso (N)

Donde:

W = Peso de tomates en la tolva,

$m = \text{masa},$

$g = 9.81 \frac{m}{s^2},$

$$W = 16.66 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 163.43 \text{ N}$$

3.8.13 Diseño de Componentes Eléctricos

El sistema eléctrico es simple, el cual es el método de arranque directo para un motor trifásico. La parte de potencia del circuito eléctrico consta de los siguientes elementos: un interruptor termomagnético (protegerá al motor ante cortocircuitos y sobrecargas) además cumple la función de desconexión de todo el circuito aguas abajo para mantenimiento del motor, contactor y el relé térmico (protegerá al motor ante sobrecargas). Para la selección de los elementos de protección, se debe conocer los parámetros eléctricos del motorreductor. Los mismos que se obtuvo de los datos de placa del motorreductor:

- Tipo de alimentación eléctrica: Corriente Alterna
- Número de fases: Trifásico
- Frecuencia de la red: 60Hz
- Potencia: 200 W
- Tensión nominal: 220 V
- RPM de salida: 34 rpm
- Corriente nominal: 1.03 A

3.8.13.1 Selección del interruptor termomagnético.

Para seleccionar el interruptor, se determina a partir de las características eléctricas del motorreductor obtenidos en la placa del motor, de tal forma se tiene:

Corriente nominal: 1.03 A

Según la ecuación 35, la corriente del interruptor termomagnético seleccionado, debe ser mayor o igual que la corriente nominal del motor y menor o igual que la corriente admisible.

$$I_n \leq I_{T-M} \leq I_{m\acute{a}x}$$

Ecuación 35

Rango operación del interruptor termomagnético (A)

Nota.(Bermeo, 2014).

Donde:

I_{T-M} : Corriente nominal del interruptor termomagnético

I_n : Corriente nominal del motor

$I_{m\acute{a}x}$: Máxima corriente admisible

Y reemplazando en la corriente nominal en la Ecuación 36

$$I_{m\acute{a}x} = 1.5 * I_n$$

Ecuación 36

Corriente máxima (A)

Nota. (Bermeo, 2014).

$$I_{m\acute{a}x} = 1.5 * 1.03 A$$

$$I_{m\acute{a}x} = 1.54 A$$

Por lo tanto:

$$1.03 A \leq I_{T-M} \leq 1.54 A$$

A partir de conocer el rango permitido de corriente para el interruptor, y por tratarse de motorreductor de conexión trifásica, se selecciona de los catálogos un interruptor termomagnético de tres polos de la marca EBASEE con capacidad de 2 A, ya que es el valor de corriente más cercano en el catálogo. En el Anexo G, se presenta todas las características del elemento.

Los principales parámetros eléctricos del interruptor termomagnético se presentan en la Tabla 43

Tabla 43

Parámetros eléctricos del interruptor termomagnético

Características	Imagen
Marca: EBASEE	
Corriente: 2A	
Número de polos: 3	
Voltaje: 220V	

Nota. Se aprecia los parámetros del interruptor termomagnético. Tomado de (EBASEE, 2012).

3.8.13.2 Selección del contactor

Para la selección del contactor, se toma en cuenta varios parámetros, aunque principalmente se analiza los siguientes aspectos; las características del motor (como por ejemplo debe tener la capacidad de soportar la corriente y voltaje nominal del motor) y la categoría, el mismo que se encuentra en tablas de los catálogos de fabricantes y distribuidores.

Según el Anexo H del catálogo de contactores, se selecciona un contactor MC-9b 200-240 V AC de categoría AC 3 (ya que es la que más se adecua al presente estudio de aplicación), con una capacidad de hasta 11 A.

Los principales parámetros eléctricos del contactor se presentan en la siguiente Tabla 44

Tabla 44*Parámetros eléctricos del contactor*

Características	Imagen
Marca: Metasol	
Corriente: 11A	
Número de polos: 3	
Voltaje: 200/240V	
Clase: AC3	

Nota. Se indica los parámetros eléctricos del contactor. Tomado de (Metasol, n.d.).

3.8.13.3 Selección del relé térmico

Para la selección del relé térmico se debe conocer el valor de corriente nominal del motorreductor, el cual es de 1.03 A. Por lo cual se selecciona de los catálogos de relés térmicos en el mercado, un relé térmico MT-32 con un rango de intensidad de: 1 - 1.6 A ya que en dicho rango se encuentra, la intensidad del motorreductor a proteger. En el Anexo I se presenta todas las características del relé.

Los principales parámetros eléctricos del relé térmico se presentan en la Tabla 45.

Tabla 45*Parámetros eléctricos del relé termomagnético*

Características	Imagen
Marca: Metasol	
Corriente: 10A	
Número de polos: 3	
Voltaje nominal: 690V	
Rango de corriente: 1-1.6 A	

Nota. Se muestra los parámetros eléctricos del relé termomagnético. Tomado de (Metasol, n.d.).

3.8.13.4 Selección del conductor

La selección del conductor se realiza a partir de los siguientes aspectos: la corriente y temperatura de trabajo. La corriente de trabajo se determina con la corriente nominal del motorreductor de 1.03 A, más un 30% adicional de la corriente nominal por posible presencia de corrientes armónicas. Reemplazando los datos en la Ecuación 37

$$I_{trabajo} = I_n + 30\% * I_n$$

Ecuación 37

Corriente de trabajo (A)

Nota. (Bermeo, 2014).

$$I_{trabajo} = 1.03 + 0.3 * 1.03$$

$$I_{trabajo} = 1.609 \text{ A}$$

La temperatura de trabajo en este caso se considera una temperatura de 60°C , ya que es la temperatura que más se acerca a las condiciones que va a estar expuesta. Con la corriente de trabajo y la temperatura, se selecciona el conductor (ver Figura 56).

Figura 56

Calibres de cable de cobre

AMPERAJE - CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW,THW, THWN	THHN,XHHW-2 THWN-2
Nivel de temperatura	60°C	75°C	90°C
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

Nota. El gráfico representa el amperaje soportado según el calibre de cable seleccionado.

Tomado de (Construyendo.co, 2021).

El conductor seleccionado es un conductor de cobre calibre: 14 AWG, tipo TW (T: es el aislante termoplástico, W: resistente al agua)

3.8.13.5 Selección de pulsadores de marcha y paro

Para seleccionar los pulsadores, tanto de marcha y paro se toma en cuenta las características, y su disponibilidad en el mercado. Por lo cual se seleccionó los siguientes pulsadores

- Pulsador de marcha, normalmente abierto de color verde
- Pulsador de paro normalmente cerrado de color rojo

3.8.13.6 Selección de lámparas de señalización

Para seleccionar las lámparas de señalización, se toma en cuenta las características, y disponibilidad en el mercado. Se seleccionó lámparas de un consumo de 15 mA:

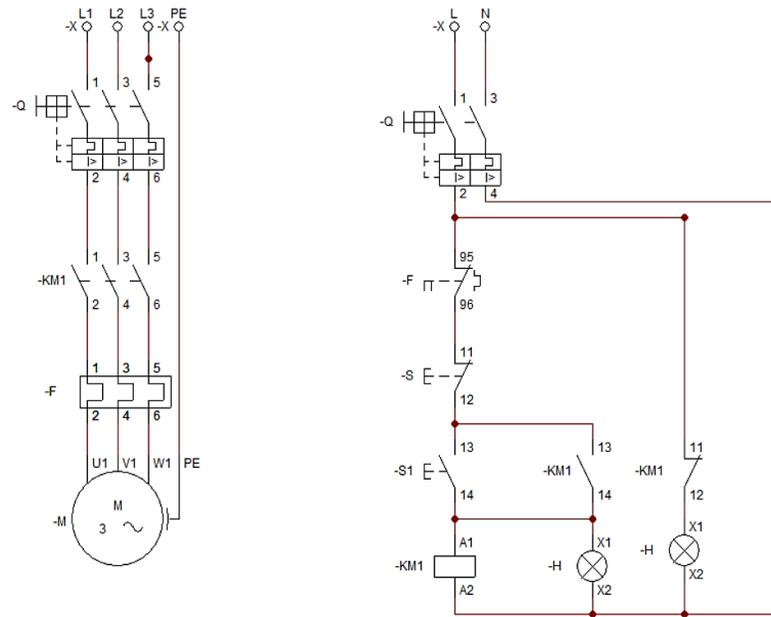
- Lámpara de color verde de 220 V a 60 HZ
- Lámpara color rojo de 220 V a 60 HZ

3.8.13.7 Esquema Eléctrico

El circuito empleado es el método de arranque directo de un motor trifásico y está constituido por los siguientes elementos: el circuito de potencia (interruptor termomagnético, contactor, relé térmico y motorreductor). El circuito de control está constituido de: contactos del relé térmico, contactor y del interruptor termomagnético, todos ellos con los parámetros y características antes mencionadas en el diseño eléctrico de los componentes o dispositivos. El esquema eléctrico para el sistema clasificador, se muestra a continuación en la Figura 57 y el de funcionamiento en la Figura 58.

Figura 57

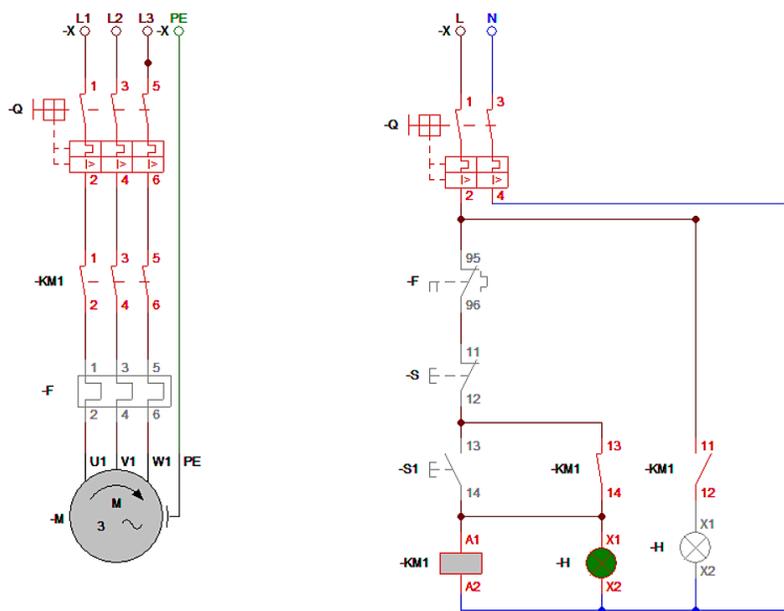
Esquema eléctrico



3.8.13.8 Esquema Eléctrico en funcionamiento

Figura 58

Esquema eléctrico de funcionamiento



3.9 Virtualización 3D del sistema clasificador

En este apartado se realiza los croquis de los elementos, para posteriormente obtener sus modelos geométricos en 3D, los mismos que serán ensamblados para comprobar que no existan interferencias entre elementos, y de existir corregir fácilmente el modelo geométrico, de tal manera evitar colisiones o interferencias entre los demás elementos diseñados.

Además, la virtualización 3D permite obtener propiedades importantes como; la masa, volumen, momentos de inercia, entre otros de cada elemento diseñado. Otra gran ventaja de la virtualización 3D, es que favorece la presentación a nivel estético, por la flexibilidad y facilidad de agregar diferentes combinaciones de colores que mejora el aspecto global del producto, que es un parámetro apreciado por el público en general. En las siguientes figuras se aprecia las diferentes vistas de todo el sistema clasificador diseñado y elaborado por los autores del proyecto:

Figura 59

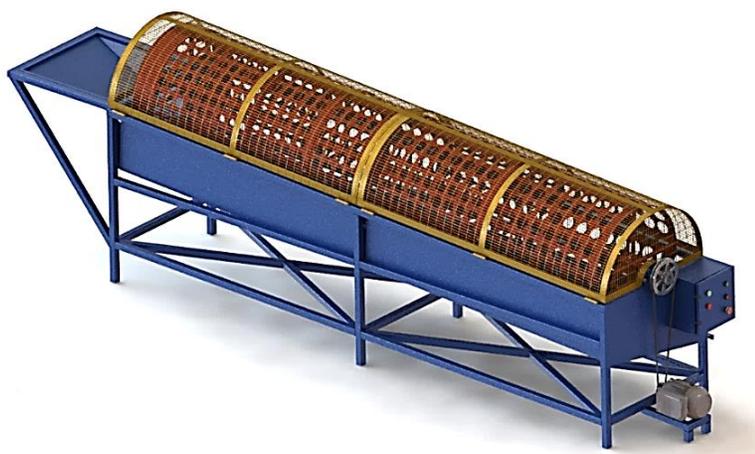
Vista isométrica de la máquina clasificadora de tomate



Como se muestra en la Figura 59, La máquina clasificadora puede clasificar hasta cinco diferentes tamaños de tomate de riñón (primera a quinta), las cuales son transportadas por la bandeja de salida y es diseñada con una ligera inclinación.

Figura 60

Vista isométrica de la máquina clasificadora de tomate



En la Figura 60, se puede apreciar los elementos diseñados y su ubicación en forma general. También se comprueba que no existirá colisiones entre elementos.

Figura 61

Vista isométrica de la máquina clasificadora de tomate



En la Figura 61, se puede apreciar de mejor manera la polea, gabinete y el motorreductor.

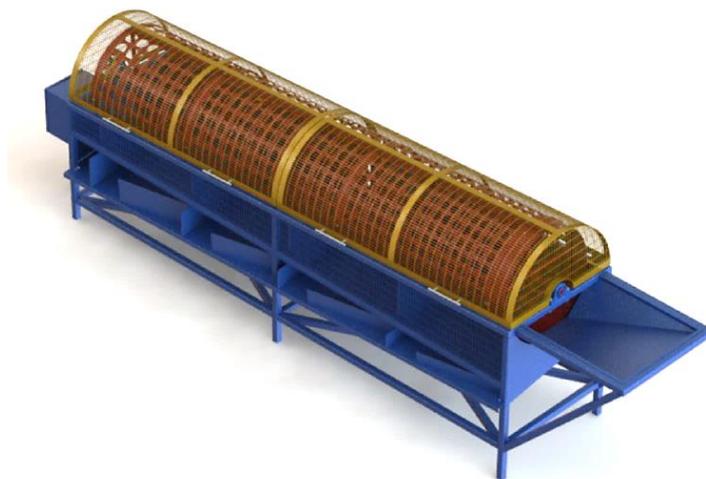
Figura 62

Vista lateral de la máquina clasificadora de tomate



Figura 63

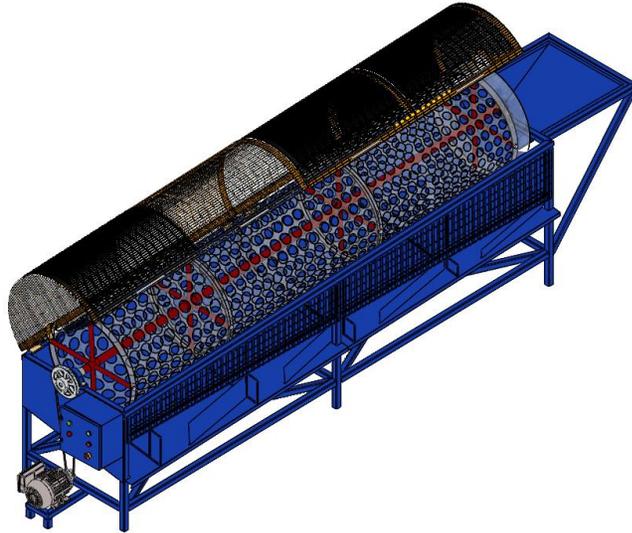
Vista isométrica de la máquina clasificadora de tomate



En la Figura 63, se puede apreciar de forma general toda la máquina clasificadora con sus elementos. Además, a fin de que sea más estético para su presentación, se agregó diferentes tonalidades.

Figura 64

Máquina clasificadora de tomate



Por medio de la Figura 64, se aprecia la ubicación de las crucetas (que sirven de soporte del cilindro), a lo largo del eje de transmisión

3.10 Análisis y validación computacional de la máquina

3.10.1 Análisis por el Método de elementos finitos (MEF) para la tolva de ingreso

Se realiza el análisis de MEF por medio del Software Ansys Academic – Static Structural. En el software se ingresa el material de la tolva es el ASTM A 653 que es un acero galvanizado que se encuentra con facilidad en el mercado. El cual tiene una resistencia a la fluencia de $S_y = 292.2 \text{ MPa}$ y resistencia última de $S_u = 393.3 \text{ MPa}$. Se importa la geometría previamente diseñada. El siguiente paso es definir un criterio para evaluar la calidad del mallado, para las simulaciones se utilizó el criterio de Orthogonal Quality como se observa en la Figura 65.

Tabla 46

Calidad de mallado en función de Orthogonal Quality

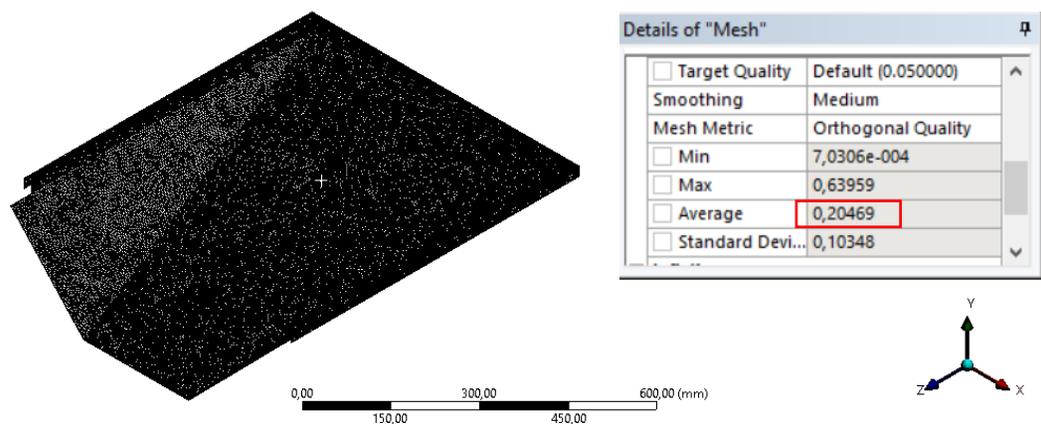
<i>Orthogonal Quality</i>	Calidad de la malla
0 – 0.001	Inaceptable
0.001 – 0.14	Mala
0.15 – 0.20	Aceptable
0.20 – 0.69	Buena
0.70 – 0.95	Muy Buena
0.95 - 1	Excelente

Nota. Se indica la calidad de mallado para simulaciones según el orthogonal quality para diseño mecánico. Tomado de (Andrade, 2021).

El average debe estar en los rangos definidos en la Tabla 46, para así determinar en qué calidad se encuentra la malla. El valor obtenido fue de 0.20469 que se encuentra en el rango de 0.20 - 0.69 que es una calidad de mallado buena.

Figura 65

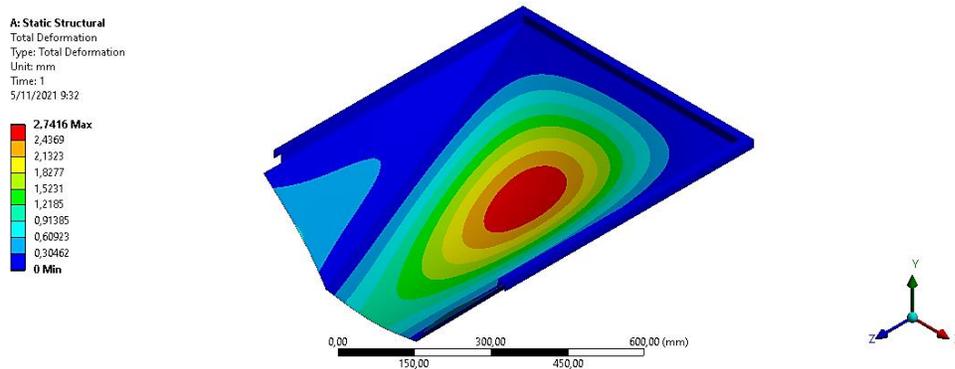
Calidad de la malla de la tolva de ingreso



La Tolva diseñada tiene un espesor de 1.1 mm y se encuentra sometida a una fuerza distribuida de 163.43 N en la cara interior base de la tolva. Con todos los datos ya ingresados se obtiene los siguientes resultados:

Figura 66

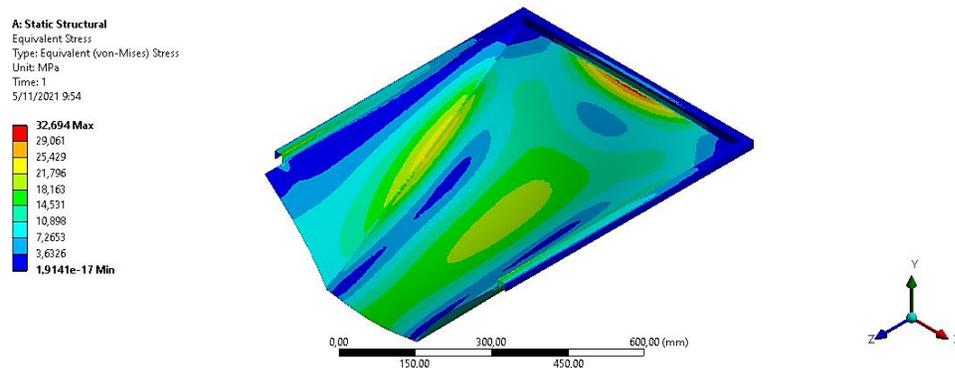
Desplazamientos en la tolva de ingreso de tomates



En la Figura 66 se observa que los desplazamientos en la tolva de ingreso de tomate de riñón, no presenta deformaciones considerables debido a la carga a la que está sometida, ya que la máxima deformación que se da es apenas de 2.7416 mm.

Figura 67

Esfuerzos principales máximos en la tolva de ingreso de tomates

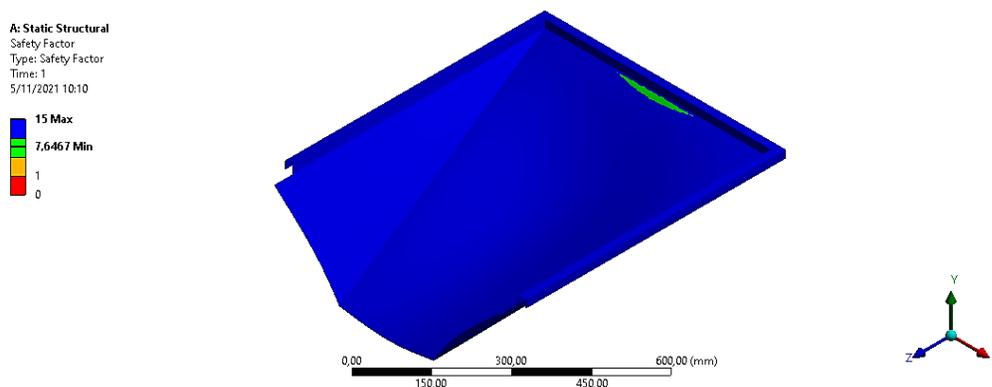


En la Figura 67 se presenta las zonas donde se producen mayor concentración de esfuerzos que son en la base de la tolva y la cara lateral cerca donde se encuentra

sujetada la tolva con la estructura. El máximo esfuerzo de Von Mises presente es de 32.694 MPa que es menor al límite elástico del material de 292.2 MPa.

Figura 68

Factor de seguridad de la tolva de ingreso de tomates



El factor de seguridad se seleccionó conforme a las recomendaciones de (Mott, 2006), en la que se presenta a continuación (ver Tabla 47).

Tabla 47

Factores de Seguridad para Materiales Dúctiles

Factor de seguridad	Característica
N= 1.25 a 2.0	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño (como cargas determinadas con certeza, o materiales más confiables)
N= 2.0 a 2.5	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño
N= 2.5 a 4.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente
N= 4.0 a más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente

Nota. Se muestra diversos factores de seguridad y sus características junto con sus modos de aplicaciones en diseño mecánico. Tomado de (Mott, 2006).

En el diseño de la máquina clasificadora de tomate se consideró un factor de seguridad de mayor a 1.25.

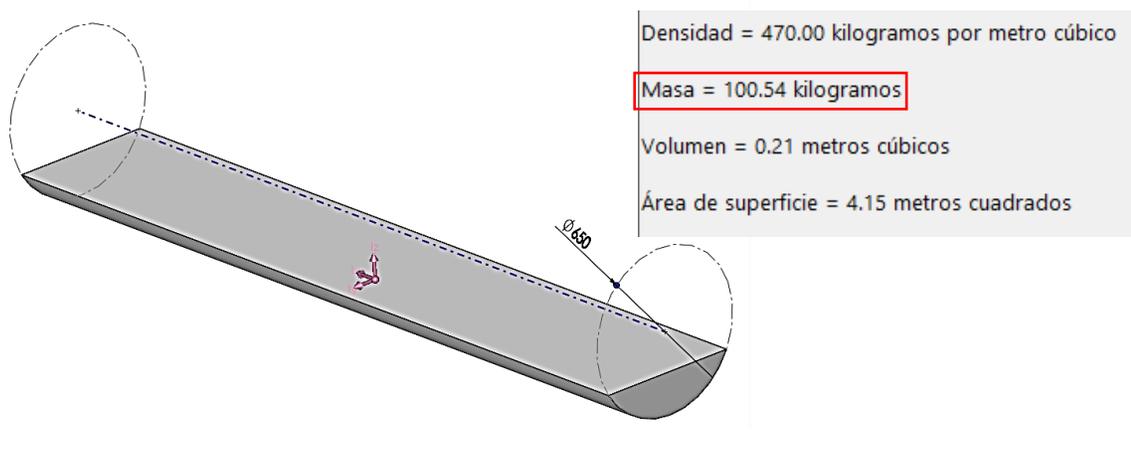
En la Figura 68 se observa que el factor de seguridad mínimo presente en la tolva es de 7.64, siendo un factor aceptable en el diseño de la máquina clasificadora, ya que es mayor al 1.25. Con lo cual el elemento resistirá la carga aplicada en la tolva de entrada del fruto.

3.10.2 Análisis por el Método de elementos finitos (MEF) del cilindro

El material empleado para el diseño del cilindro es el acero galvanizado ASTM A653 de 1.5mm de espesor. La carga que debe soportar es el peso que produce los tomates, asumiendo que el producto se encuentra ocupando un volumen cercano al 30% de la capacidad del cilindro. Para obtener la masa que representa esos 30%, se obtiene con la ayuda del software SolidWorks versión estudiantil, para lo cual se ingresa previamente el valor de la densidad del tomate que es de $470 \frac{Kg}{m^3}$. De tal manera que se obtuvo una masa de 100.54 Kg como se observa en la Figura 69.

Figura 69

Masa que representa los tomates en el cilindro



Para el cálculo del peso, se redondeará la masa a 100 Kg, dando como resultado:

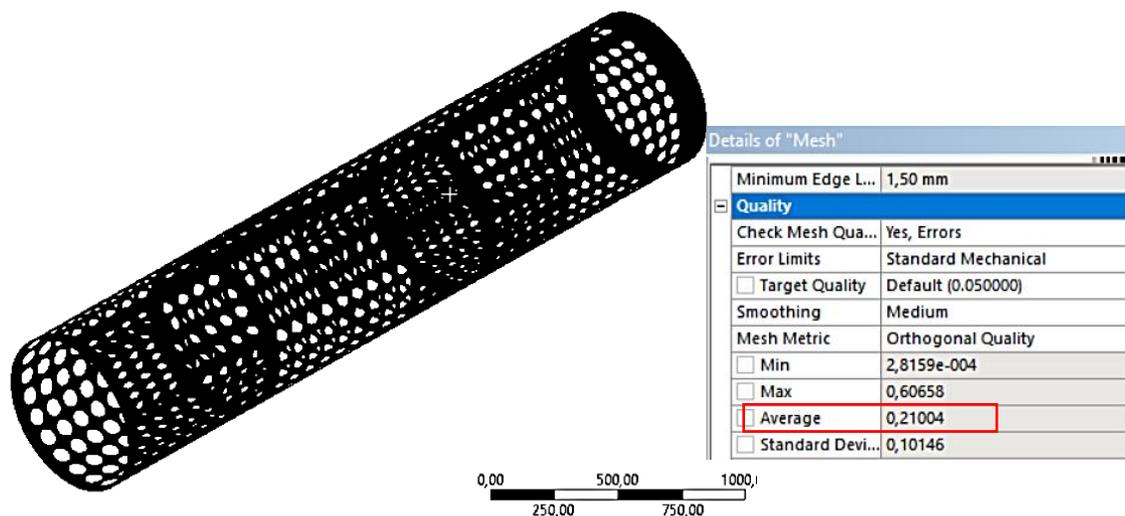
$$W = m * g$$

$$W = 100 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 981 \text{ N}$$

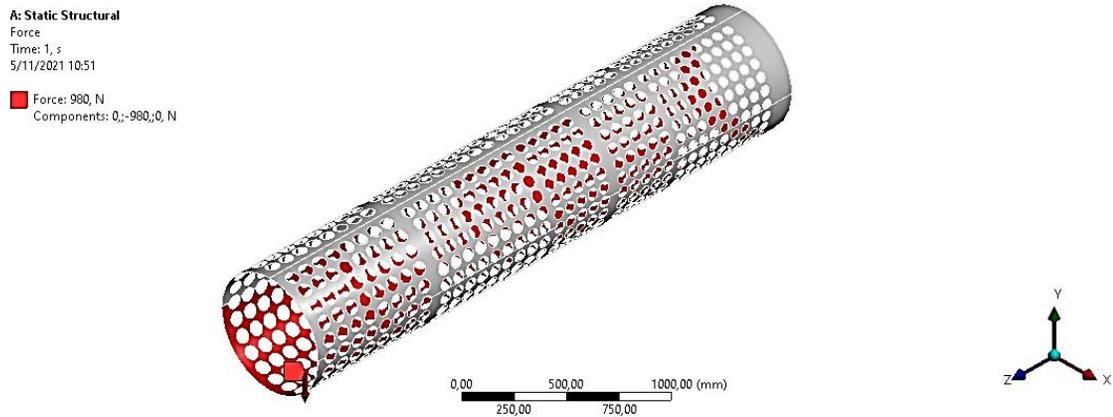
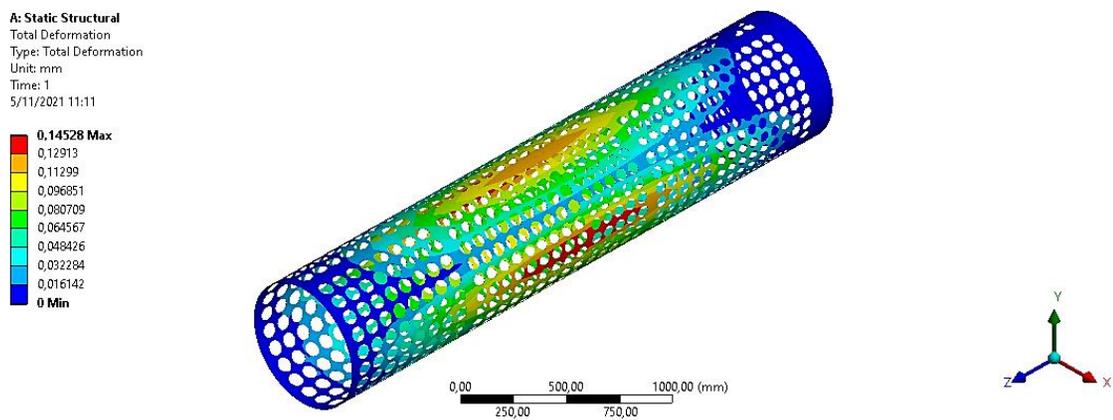
Posteriormente se realiza el mallado, para mejorar la calidad de la malla se utiliza la opción de Sizing y se compara el valor promedio obtenido de 0.21004, con los rangos de calidad correspondiente al criterio de Orthogonal Quality. Por consiguiente, el valor obtenido es considerado un mallado calificado como bueno, como se observa en la Figura 70).

Figura 70

Calidad de la malla del cilindro clasificador



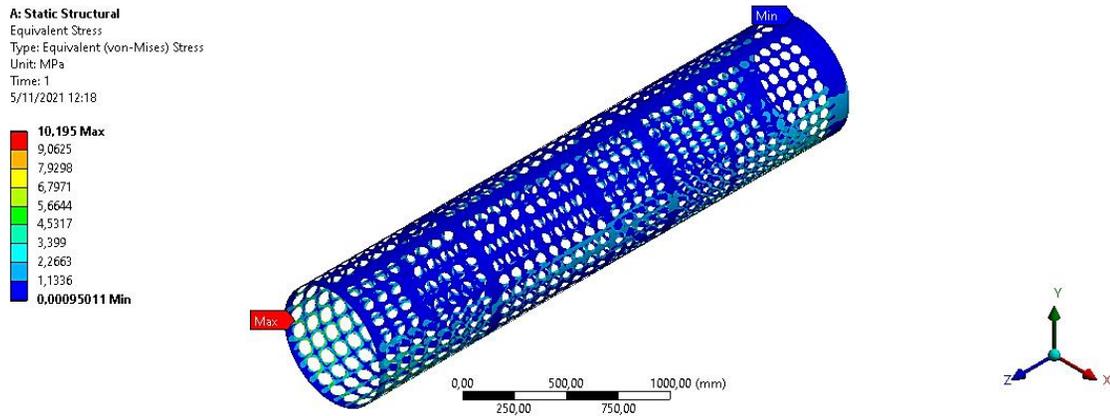
La carga que debe soportar el cilindro es de 980 N obtenida por el cálculo previo, esta carga actúa en toda la cara del cilindro clasificador interior como se muestra en la Figura 71:

Figura 71*Carga aplicada en el cilindro clasificador***Figura 72***Desplazamientos en el cilindro clasificador*

En la Figura 72 se observa que los desplazamientos en el cilindro clasificador, no presenta deformaciones considerables producidas por el peso de los tomates, ya que el máximo desplazamiento presente es apenas de 0.14528 mm y se encuentra en la parte rojiza de la imagen.

Figura 73

Esfuerzos principales máximos en el cilindro clasificador



A partir de la Figura 73 se presenta las zonas donde se producen mayor concentración de esfuerzos. El máximo esfuerzo de Von Mises presente en el cilindro clasificador es de 10.195 MPa que es menor al límite elástico del material de 292.2 MPa.

El factor de seguridad se obtiene como la división de dos cantidades con las mismas unidades para lo cual se aplicará a la siguiente Ecuación 38:

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

Ecuación 38

Factor de seguridad

Nota. (Mott, 2006).

Donde:

$S_y =$ Resistencia del material a la fluencia

$\sigma_d =$ Esfuerzo de diseño o permisible

Por lo tanto, se determina un factor de seguridad de:

$$n = \frac{292.2 \text{ MPa}}{10.195 \text{ MPa}}$$

$$n = 28.66$$

Dicho factor de seguridad es mayor a 1.25 que se considera para el diseño de la máquina, por lo cual está sobre dimensionado. Por tanto, no presentará ningún problema para soportar la presencia de las cargas que estará sometida y ante vibraciones o perturbaciones, en su funcionamiento dado el caso.

3.10.3 Análisis por el Método de elementos finitos (MEF) del eje de transmisión

El eje de transmisión está constituido de tres partes, la primera parte que es el eje sólido que se encuentra ubicado en la parte de ingreso del producto, la segunda parte un tubo hueco y la tercera parte es un eje sólido y es en el cual se encuentra colocado la polea. Tanto la primera como la tercera parte son de acero AISI 1045. Y el tubo de sección hueca es el acero AISI 1020 las demás propiedades mecánicas se muestran en el Anexo J.

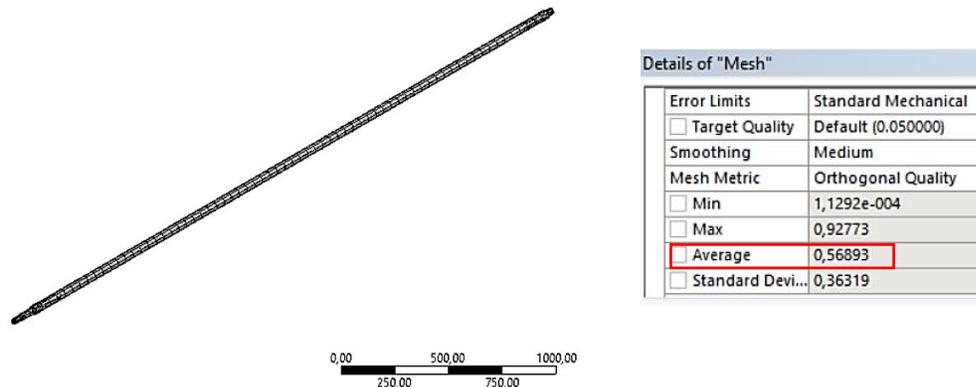
Las principales propiedades mecánicas se presentan a continuación:

- AISI 1045 rolado en frío: Resistencia a la fluencia: 531 MPa, Resistencia última: 627 MPa
- AISI 1020 rolado en frío: Resistencia a la fluencia: 207 MPa, Resistencia última: 379 MPa

Posteriormente se realiza el mallado, para perfeccionar la calidad del mallado se utiliza la opción de Sizing y se compara el valor promedio obtenido de 0.56893, con los rangos de mallados correspondiente al criterio de Orthogonal Quality. Por consiguiente, el valor obtenido es considerado un mallado bueno (ver Figura 74).

Figura 74

Calidad de la malla del eje de transmisión



Las fuerzas que actúan en el eje es la fuerza de 2578.0941N determinado anteriormente en la sección de cálculos. pero se divididas en cuatro ya que son cuatro cruces o ruedas que están en contacto entre el cilindro clasificador con el eje, por tanto, la fuerza en cada punto del eje tiene el valor 645N. Se realiza el mismo procedimiento para la otra fuerza que se encuentran en dirección axial al eje, dividiendo la fuerza de 130.6 N. Por otro lado, el torque presente en el eje son las calculadas en el apartado anterior. El resumen de todas las fuerzas que el eje debe soportar se presenta a continuación:

$$\text{Fuerzas en el punto A: } F_x = 33 \text{ N}, F_y = -645 \text{ N}, F_z = 0 \text{ N}$$

$$\text{Fuerzas en el punto B: } F_x = 33 \text{ N}, F_y = -645 \text{ N}, F_z = 0 \text{ N}$$

$$\text{Fuerzas en el punto C: } F_x = 33 \text{ N}, F_y = -645 \text{ N}, F_z = 0 \text{ N}$$

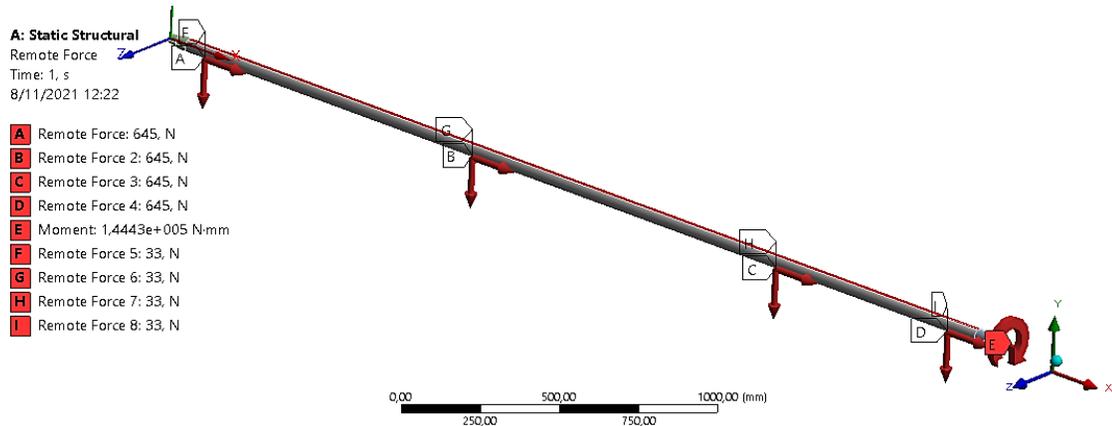
$$\text{Fuerzas en el punto D: } F_x = 33 \text{ N}, F_y = -645 \text{ N}, F_z = 0 \text{ N}$$

$$\text{Torque en el punto I: } T = 144.43 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

A continuación, se muestra la distribución de las fuerzas y momentos a lo largo del eje

Figura 75

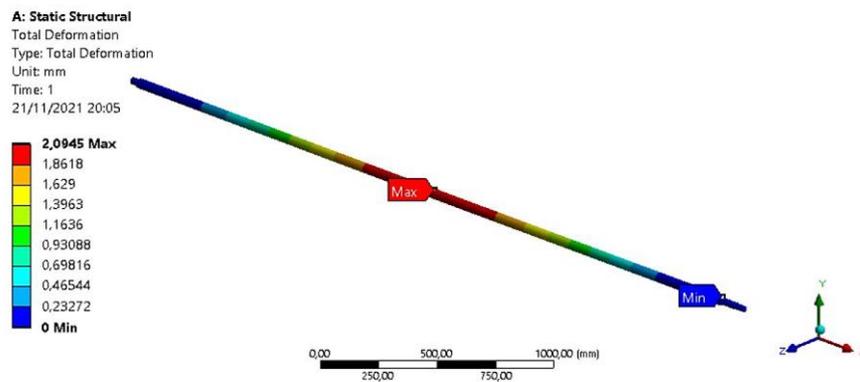
Cargas aplicadas en el eje de transmisión



Con todos los datos ya ingresados se obtiene los siguientes resultados

Figura 76

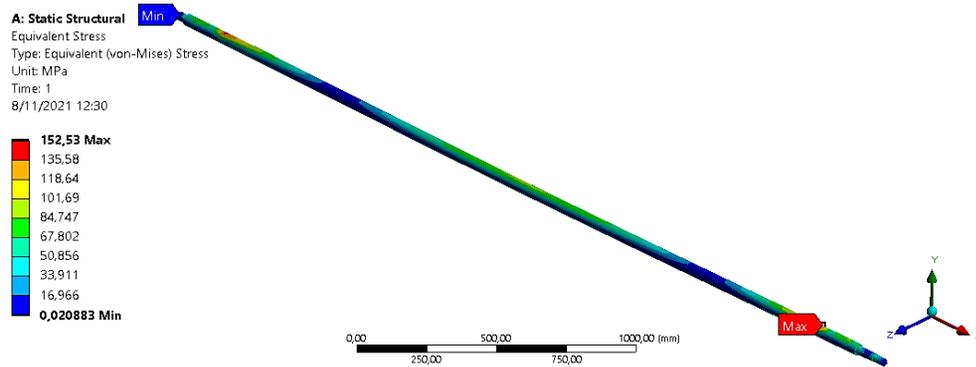
Desplazamientos en el eje de transmisión



En la Figura 76, se aprecia la deflexión máxima a lo largo del eje Y, se encuentra presente en el centro del eje de sección hueca y es de 2.0945 mm, que representa un desplazamiento bajo comparado con todo el largo de este que es 3541 mm. Por lo cual es un desplazamiento despreciable y por tanto no existe falla en el diseño.

Figura 77

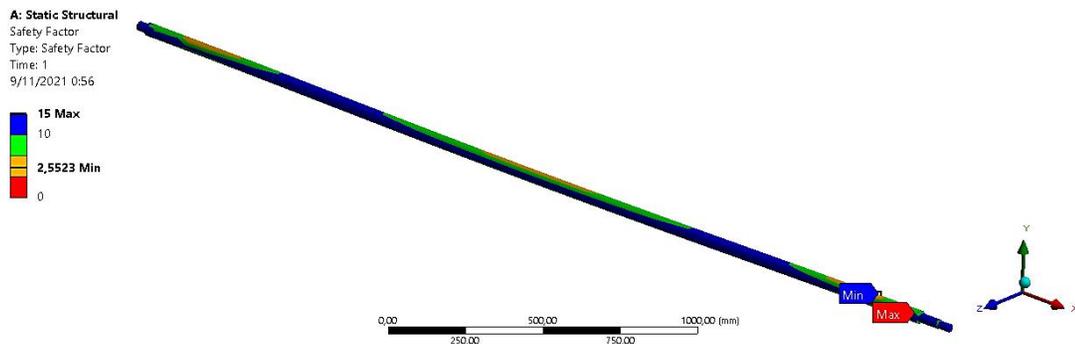
Esfuerzos principales máximos en el cilindro clasificador



A partir de la Figura 77 se determina las regiones donde el eje sufrirá el máximo esfuerzo generado por las cargas. Que es la zona de color roja, ubicada cerca del eje solido donde se encuentra la polea con un valor de esfuerzo de 152.53 MPa que es menor al límite elástico del material de 207 MPa. Lo que quiere decir que el eje recuperará su forma sin llegar a deformarse permanentemente.

Figura 78

Factor de seguridad del eje de transmisión



En la Figura 78 se aprecia que el factor de seguridad mínimo presente en el eje de transmisión es de 2.5523, siendo un factor aceptable en el diseño de la máquina

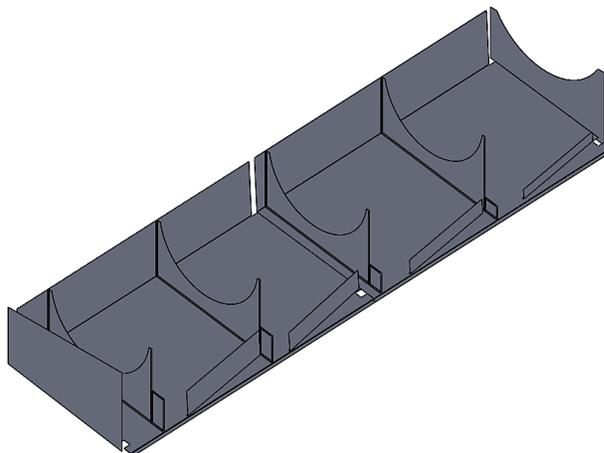
clasificadora, ya que es mayor al 1.25. Con lo cual el elemento va a resistir a las cargas a las cuales se encuentra sometido.

3.10.4 Análisis por el Método de elementos finitos (MEF) de la bandeja de salida

La bandeja de salida está constituida por dos planchas de acero galvanizado ASTM A653 de 1.1 mm de espesor y divididas en secciones para separar las diferentes clases o tamaños de los tomates. Como se puede apreciar en la Figura 79.

Figura 79

Bandeja de salida



Para el análisis por MEF solo se toma en cuenta las dos planchas de la base que conforma la bandeja salida, las cuales son de acero galvanizado, ya que ellas serán las que soportan toda la carga.

Para determinar la carga que la bandeja de salida del producto está sometida, se partirá de los requerimientos de la máquina, la cual es la capacidad de clasificar 1000 Kg/h, por lo cual la máquina debe ser capaz de clasificar 83.33 Kg en 5 minutos para cumplir con dicha capacidad.

Asumiendo que en la bandeja permanece los 83.33 kg durante esos 5 minutos, caso que durante el funcionamiento de la máquina difícilmente sucederá ya que la

bandeja tiene un ángulo de inclinación de 8.5° , para que fluya de manera constante los tomates hacia las cajas u otro contenedor del producto, para su posterior comercialización.

Con esos 83.33 Kg de masa se calcula la fuerza que la bandeja debe soportar, con la Ecuación 39:

$$W = m * g$$

Ecuación 39

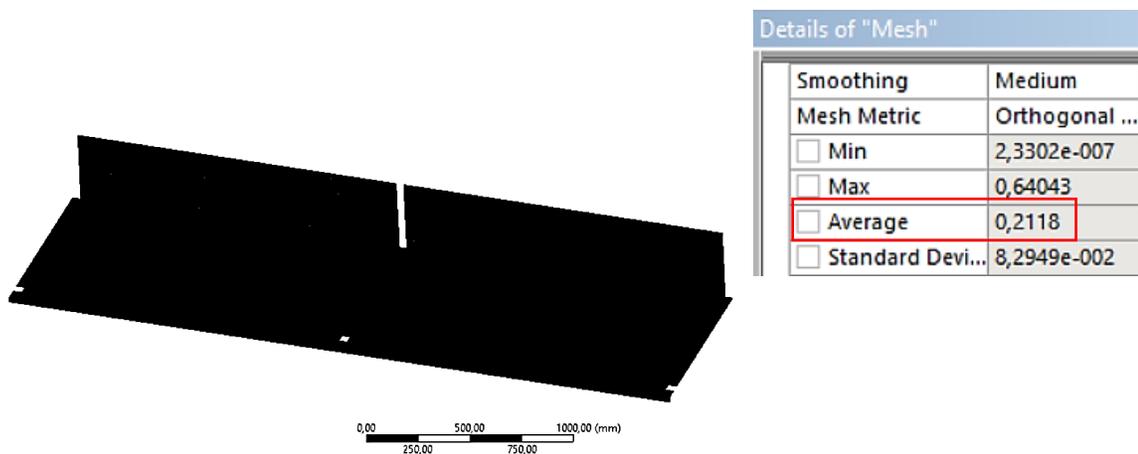
Carga(N)

$$W = 83.33kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 817.467N$$

Se realiza el mallado, para perfeccionar la calidad de la malla se utiliza la opción de Sizing y se compara el valor promedio obtenido de 0.2118, con los rangos de calidad correspondiente al criterio de Orthogonal Quality. Por consiguiente, valor obtenido es considerado un mallado bueno para las bandejas de salida del fruto, como se puede observar en la Figura 80.

Figura 80

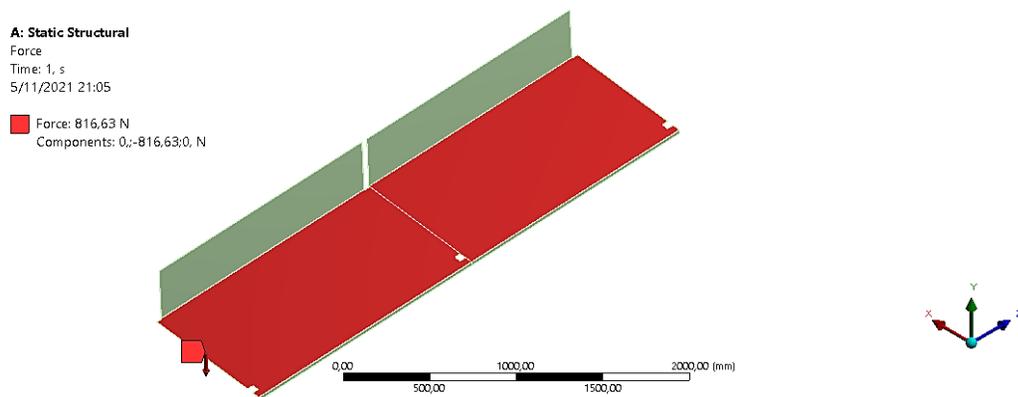
Calidad de la malla de la bandeja de salida



La carga que debe soportar la tolva es de es de 817.467 N obtenida por cálculos, esta carga actúa en toda la cara inclinada de la bandeja de salida como se aprecia en la Figura 81.

Figura 81

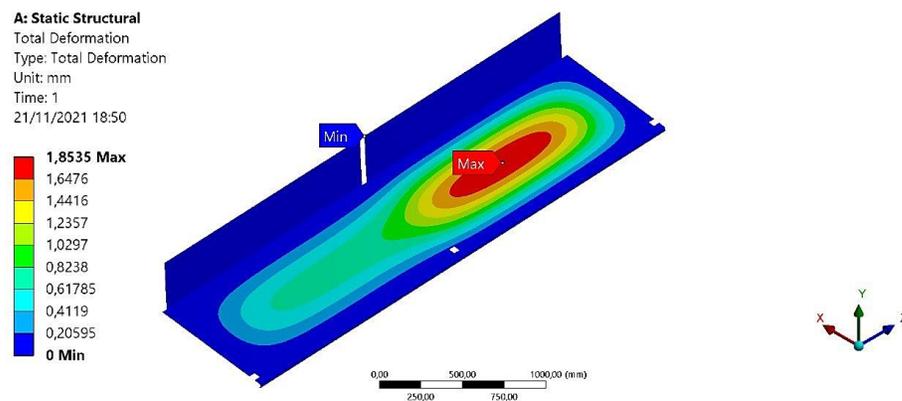
Carga aplicada en la bandeja de salida



Con todos los datos ya ingresados se obtiene los siguientes resultados:

Figura 82

Desplazamientos en la bandeja de salida

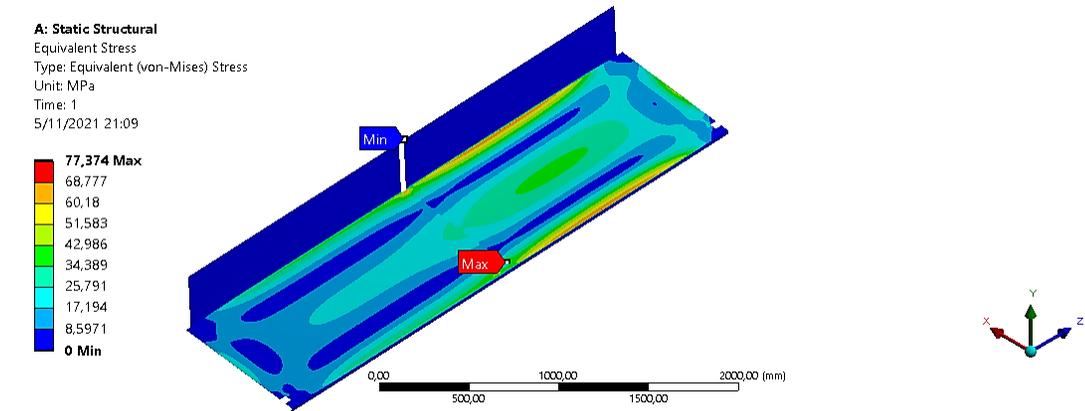


La carga que debe soportar la bandeja es de es de 817.467 N. Como se puede apreciar en la Figura 82, la deflexión máxima a lo largo del eje Y, se presenta en la zona de color roja, es de 1.8535 mm. Por lo cual es un desplazamiento es mínimo y solo se

presentaría en el caso de que los tomates se encuentren sobre la bandeja durante 5 minutos. Por lo tanto, no existe falla en el diseño.

Figura 83

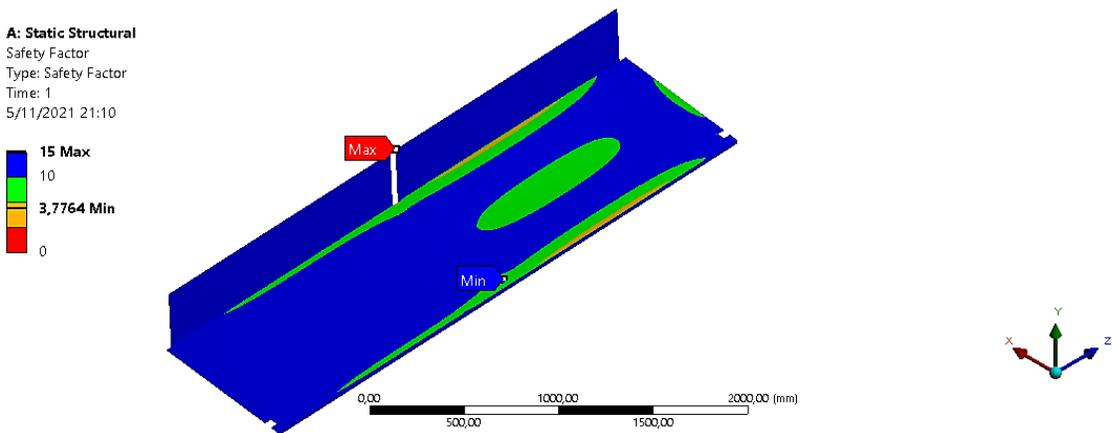
Esfuerzos principales máximos en la bandeja de salida



En la Figura 83 se presenta las zonas donde se producen mayor concentración de esfuerzos El máximo esfuerzo de Von Mises presente es de 77.374 Mpa que es menor al límite elástico del material de 292.2 MPa . Lo que quiere decir que la bandeja recuperara su forma sin deformarse permanentemente

Figura 84

Factor de seguridad de la bandeja de salida



En la Figura 84 se observa que el factor de seguridad mínimo presente en la tolva es de 3.7764, siendo un factor aceptable en el diseño de la máquina clasificadora, ya que es mayor al 1.25. Con lo cual el elemento va a resistir a las cargas a las cuales se encuentra sometida.

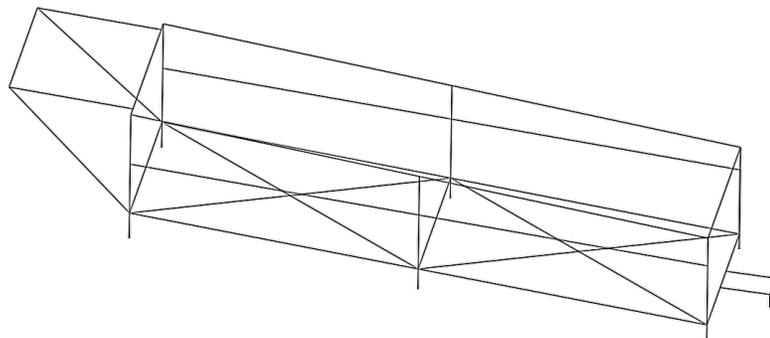
3.10.4 Análisis por el Método de elementos finitos (MEF) de la estructura

Para evaluar la seguridad de la estructura, se realizó de la siguiente manera:

Primero se realiza el modelo de la estructura con la ayuda del software AutoCAD versión estudiantil, es necesario diseñar una geometría de una sola dimensión (líneas), es decir se realiza la estructura unifilar (ver Figura 85).

Figura 85

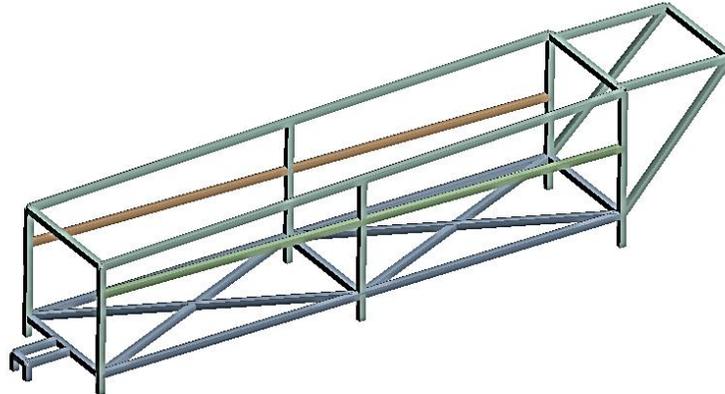
Diagrama estructural unifilar



Se realizó el modelo 1D para ahorrar recursos a la computadora y para una mayor velocidad de procesamiento de resultados. Dicho modelo se lo exporta como un archivo IGES, para posteriormente abrirlo con el software Ansys Academic– Static Structural. Ya en el software se asigna los perfiles a cada línea de la geometría 1D como se puede ver en la Figura 86, Los perfiles asignados a cada línea fueron de las siguientes dimensiones 40x40x2 mm y 40x40x1.5 mm, las mismas que se pueden apreciar de mejor manera en el Anexo K en el plano de la estructura.

Figura 86

Perfiles asignados a la estructura



Luego se verifica que todos los elementos estén conectados, evitando errores al momento de dibujar las líneas, para posteriormente exportar esta geometría al Ansys Academic – Static Structural para su análisis. Las cargas que soportan la estructura son las siguientes:

Cargas de 2578.09 N que se descompone en las reacciones presentes en los dos rodamientos con fuerzas de: $R_1=1258.814$ N (Carga A) y $R_2=1319.28$ N (Carga B): Las mismas que están compuestas por el peso del: cilindro, eje, las ruedas, tuercas, pernos y la carga de los tomates, todas estas cargas se encuentran en los extremos de la estructura donde se encuentra colocado las chumaceras.

Carga C de 215.174 N: Que es el peso de la carga tomates en la tolva 163.43 N, más el propio peso de la tolva de 51.744 N (el valor de esa masa de 5.28 Kg se obtuvo con la ayuda del software SolidWorks versión estudiantil). Esta fuerza está ubicada en los soportes exteriores de la estructura.

Carga D de 124.46 N: La masa del motor es de 12.7kg, por lo tanto, el peso es de 124.46 N

Carga E de 196.2 N: La cual está compuesta por la suma del peso total de las dos cubiertas de la máquina de 196.196 N (el valor de la masa de la cubierta de 20.02 Kg se obtuvo con la ayuda del software SolidWorks versión estudiantil). Esta carga se encuentra ubicada en los extremos de la parte donde va colocado la cubierta de protección o de seguridad.

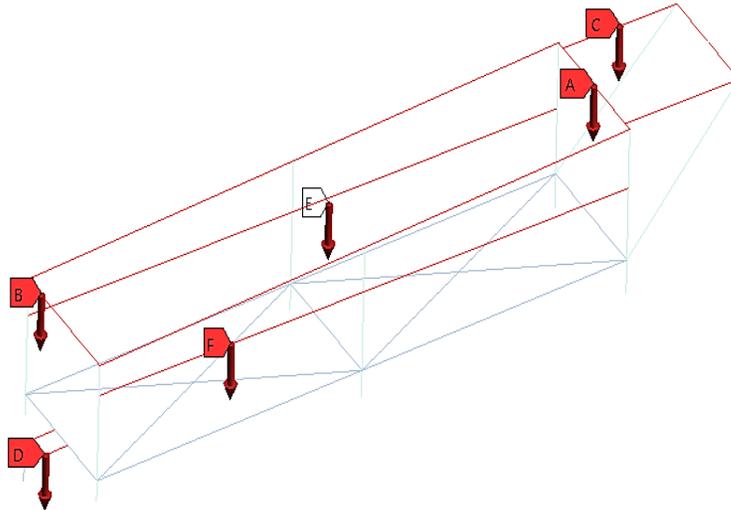
Carga F de 1317.27 N: Que es el peso de la carga de los tomates en la bandeja de salida de 817.467N, más el propio peso de la bandeja de 499.8 (el valor de la masa de toda la bandeja de 51 Kg se obtuvo con la ayuda del software SolidWorks versión estudiantil). A continuación, se presenta las cargas y su ubicación en la estructura (ver Figura 87).

Figura 87

Ubicación de cargas que soporta la estructura

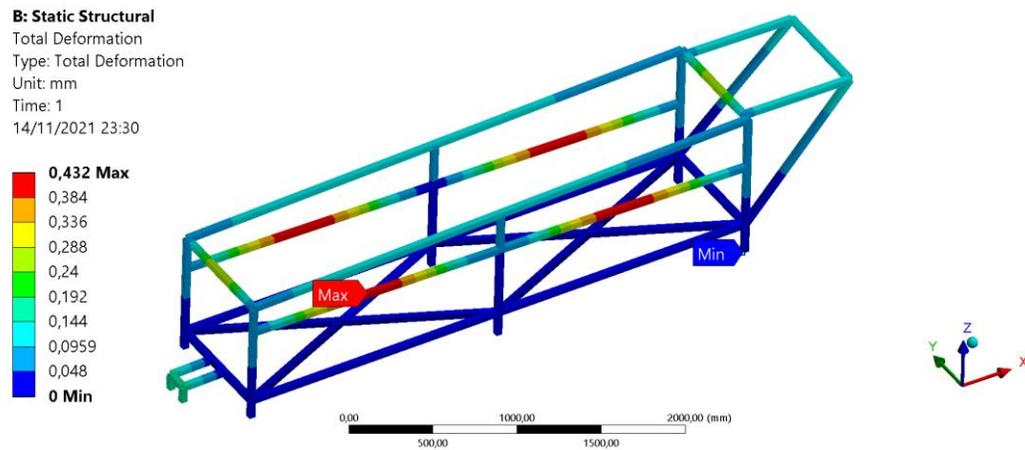
B: Static Structural
Force
Time: 1, s
14/11/2021 23:13

- A** Force: 1258,8 N
- B** Force 2: 1319,3 N
- C** Force 3: 215,17 N
- D** Force 5: 124,46 N
- E** Remote Force: 196,2 N
- F** Force 6: 1317,3 N



El material para el diseño de la estructura es el acero ASTM A36. El cual tiene las siguientes propiedades; resistencia a la fluencia de $S_y = 250 \text{ MPa}$ y resistencia última de $S_u = 400 \text{ MPa}$

Con todos los datos ingresados se obtiene los siguientes resultados:

Figura 88*Desplazamientos en la estructura*

En la Figura 88 se observa que la región más crítica se encuentra en la parte roja con un desplazamiento de 0.432 mm, por tanto, no presenta deformaciones considerables producidas por el peso de todas las cargas presentes (de elementos de la máquina y los tomates), este valor además se lo comprueba mediante el criterio de deflexión con la Ecuación 40, en el perfil estructural que presenta mayor deformación

$$\delta_r < [\delta]$$

$$\delta_r < [\delta] = \frac{L}{800}$$

Ecuación 40*Deflexión(mm)*

Nota.(Andrade, 2021).

Donde:

 $\delta_r =$ *deflexión de la viga* $\delta =$ *deflexión permisible, criterio típico* $L =$ *longitud del componente estructural*

Remplazando:

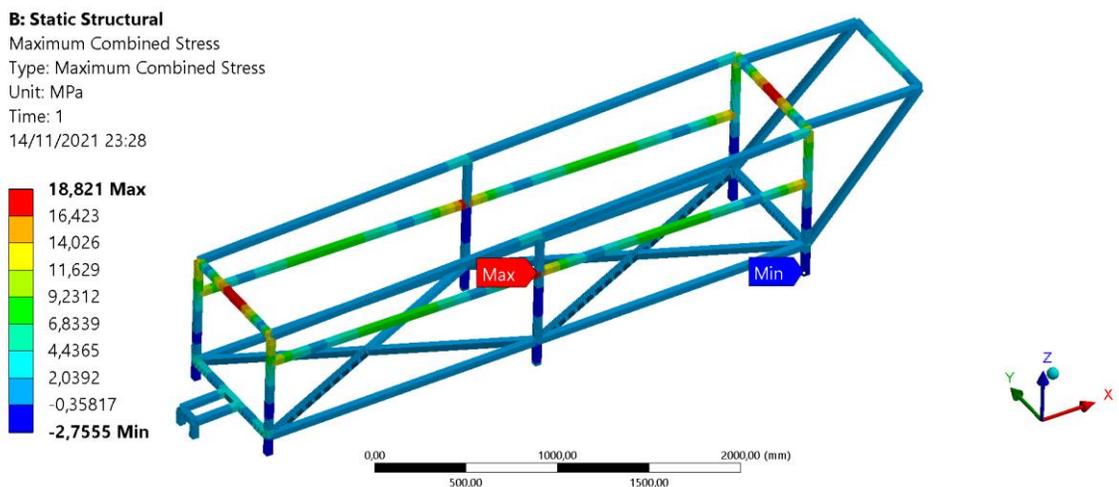
$$0,432\text{mm} < \frac{1700}{800}$$

$$0,432\text{mm} < 2.125 \text{ mm}$$

Por tanto, el desplazamiento máximo en la estructura es un valor adecuado para las condiciones que está expuesto.

Figura 89

Esfuerzos principales máximos en la estructura



En la Figura 89 se presenta las zonas donde se producen mayor concentración de esfuerzos. El máximo esfuerzo presente es de 18.821 MPa que es menor al límite elástico del material de 250 MPa. Lo que quiere decir que la bandeja recuperara su forma sin deformarse permanentemente.

Para encontrar el factor de seguridad, se reemplaza el valor de esfuerzo principal máximo en la Ecuación 38:

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

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{18.821 \text{ MPa}}$$

$$n = 13.283$$

Por lo tanto, se garantiza que la estructura resistirá a las cargas que se encuentra sometida, sobre todo a las cargas que pueden ocurrir en un momento determinado y ante eventuales vibraciones.

3.11 Implementación de la máquina

Para la implementación y construcción de la máquina clasificadora de tomate de se realizarán los planos mecánicos y los planos eléctricos, para ir efectuando cambios, mejoras y nuevas ideas al sistema.

Luego, se procederá a realizar las simulaciones de los diseños y elementos para dar validación y efectividad de funcionamiento. La simulación nos permitirá observar los errores, estos se podrán corregir antes de la implementación, lo cual es una gran ventaja y beneficio para ahorrar tiempo y dinero. Una vez realizado lo anterior, con mucha cautela se procederá a la construcción de la parte mecánica. Una vez finalizada la parte mecánica se pone en marcha los diagramas eléctricos (control y potencia) junto con su gabinete de control, en esta etapa hay que tener en cuenta los espacios disponibles que existe en la máquina, de este modo poder acoplar y ensamblar los elementos eléctricos sin ningún problema.

Para la construcción de la máquina clasificadora de tomate de riñón se adquirieron tubos cuadrados con las características adjuntas en los planos, estos se cortaron y soldaron siguiendo las medidas ya establecidas en el diseño, en la Figura 90 se indica los tubos cortados para la estructura y su proceso de ensamble en la Figura 91.

Figura 90

Cortes de tubo cuadrado para armar la estructura del sistema clasificador

**Figura 91**

Proceso de armado y soldado de la estructura



A continuación, en la Figura 92 se puede apreciar el armado final de la estructura de la máquina:

Figura 92*Armado final de estructura*

Luego se compró láminas metálicas de tool galvanizadas de 1.5 mm de espesor, a continuación se procede a realizar el corte mecanizado, se puede observar el corte electroplasma CNC que se realizó para obtener los orificios huecos diseñados para los rangos a ser clasificados los tomates, una vez realizada esta actividad, se procede a dar acabados de pulido, limado y lijado en las paredes donde se presentan restos del corte mecanizado, así como también para luego proceder al ensamblado de las mismas.

Figura 93*Corte Electroplasma CNC orificios diseñados*

Figura 94

Acabados: Pulido de las planchas mecanizadas

**Figura 95**

Acabados: Limado de las planchas mecanizadas



Es inevitable, realizar los acabados de pulido y limado de los orificios como se observa en las Figuras 94 y 95, ya que así salvaguardar que no se dañe el fruto de ninguna manera.

Luego, se procede a soldar y ensamblar las secciones del cilindro giratorio como se muestra en la Figura 96.

Figura 96

Soldadura de las secciones del cilindro giratorio



A continuación, se realiza el ensamble y armado de las 3 secciones diseñadas como se muestra en la Figura 97

Figura 97

Ensamblaje del cilindro giratorio



Seguidamente, se procede a armar las paredes internas de la estructura, armando las tolvas de salida del producto, separación de secciones para la clasificación por rangos establecidos como se indica en la Figura 98.

Figura 98

Ensamblaje del cilindro giratorio



Luego, se procede a dar acabados superficiales y acabados de protección, seguridad e higiene mediante el UNIPRIMER, usado básicamente para dar protección contra la oxidación en estructuras metálicas ferrosas, y da resistencia como base para pinturas, así se aplicó la sustancia anticorrosiva cromato de zinc (color verde) que es la correcta para protección a nivel industrial, este proceso se indica en las Figuras 99 y 100:

Figura 99

Aplicación de UNIPRIMER con aire comprimido, capa de protección



Figura 100

Aplicación de UNIPRIMER con aire comprimido al cilindro giratorio



A continuación, se procede aplicar una capa de pintura anticorrosiva de varios colores especial para material ferroso, así se obtuvo una mejor estética y acabado agradable de la máquina como se observa en las Figuras 101, 102 y 103.

Figura 101

Aplicación de capa de pintura anticorrosiva con aire comprimido al eje



Figura 102

Aplicación de capa de pintura anticorrosiva con a varios elementos

**Figura 103**

Aplicación de capa de pintura anticorrosiva a la estructura y gabinete



Finalmente, antes de ensamblar los elementos de la máquina clasificador de tomate de riñón, se procede a pegar con un pegamento especial llamado “Adhesivo en Spray Super 77™”, se adhiere una capa de un material esponjoso biodegradable, el cual ayuda a cuidar de cortes y aplastamientos en los frutos como se muestra a continuación en la Figura 104:

Figura 104

Aplicación de capa esponjosa de protección, e higiene del producto



Finalmente, se ensamblan todos los componentes de la máquina con pernos y tornillos, obteniendo el siguiente resultado final de la máquina diseñada por los autores:

Figura 105

Ensamblaje de todos los componentes de la máquina

**Figura 106**

Presentación de la máquina clasificadora de tomate de riñón



Capítulo IV

4. Resultados de la investigación

4.1 Simulación computacional del funcionamiento de la máquina

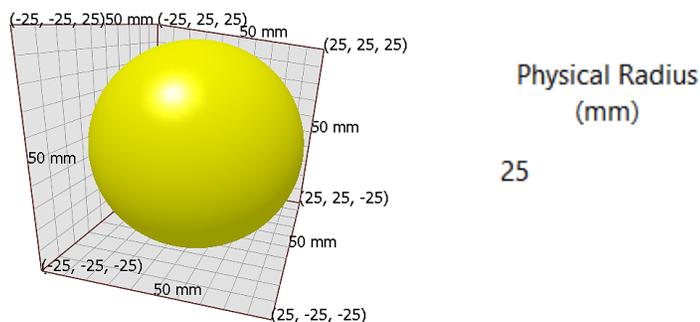
Para tener un aproximado a la realidad del funcionamiento de la máquina antes de la construcción, para tener una mayor certeza del comportamiento de los tomates dentro de la máquina, a fin de cumplir con los requerimientos técnicos. Para lo cual se opta por utilizar el Software Altair Student Edition.

El Software Altair Student Edition es una aplicación de alto rendimiento en simulación de diferentes partículas sólidas como: minerales, granos, fibras, rocas, tierras, polvos químicos y más. De manera precisa para el análisis del comportamiento de materiales granulares, para la evaluación del rendimiento de equipos industriales como: equipos de agricultura, químico, petróleo, minería, procesamiento de minerales. (Altair, 2021)

Primero se modela la geometría del tomate, se seleccionó partículas de forma esférica ya que se asemeja a la forma de un tomate, además permitirá reducir los recursos computacionales y reducir tiempo de simulación

Figura 107

Geométrica de la partícula

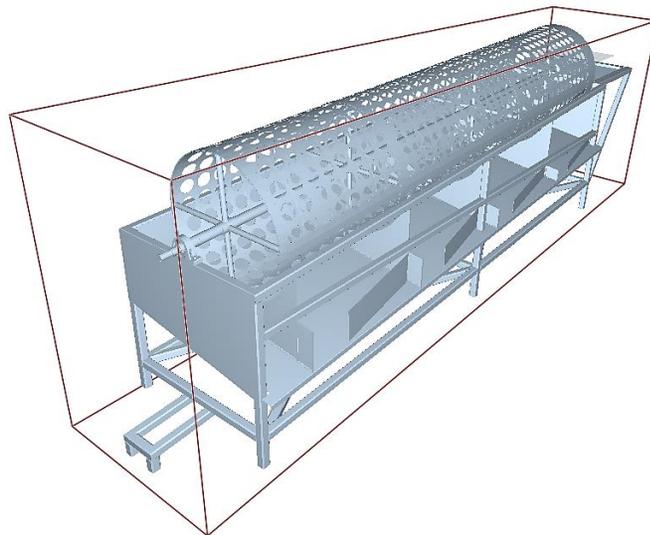


En la Figura 107, se observa el diámetro de la partícula de 50 mm (el cual pertenece al rango de un calibre de un tomate de quinta clase). Del mismo modo se ingresa los demás calibres de los tomates de menor a mayor diámetro; la cuarta (57 mm), tercera (62 mm), segunda (68 mm) y una partícula de primera clase de un diámetro de 85 mm.

Posteriormente, se importó al Altair Student Edition el modelado de la máquina clasificadora en formato STEP (Diseñado en el software SolidWorks versión estudiantil previamente) como se observa en la Figura 108

Figura 108

Modelado de la máquina clasificadora de tomate



El cilindro clasificador debe tener una velocidad de rotación adecuada para que la clasificación se realice de manera efectiva sin que sufra daños el tomate de riñón y el proceso sea lo más rápido posible. La ventaja del software también radica en que se puede determinar mediante prueba y error la velocidad de rotación más adecuada, la cual se obtuvo que es de alrededor de 13 rpm o menor. En la Figura 109, se ingresa una rotación de 13 rpm, con estos datos se realizará el análisis de la máquina.

Figura 109

Configuración de la velocidad de rotación del cilindro

Initial Velocity: 13 rpm

Acceleration: 0 rad/s²

Reference Space

Local Global

Asimismo, se configura los parámetros de generación de partículas, como es la masa total de 22 kg que representa aproximadamente una caja de tomates y la velocidad de generación de 2,7 Kg/s (ver Figura 110).

Figura 110

Generación de partículas

Total Mass: 22 kg

Generation Rate

Target Number (per second) Target Mass

2,7 kg/s

4.1.1 Análisis de resultado con la ayuda de software Altair EDEM Student Edition

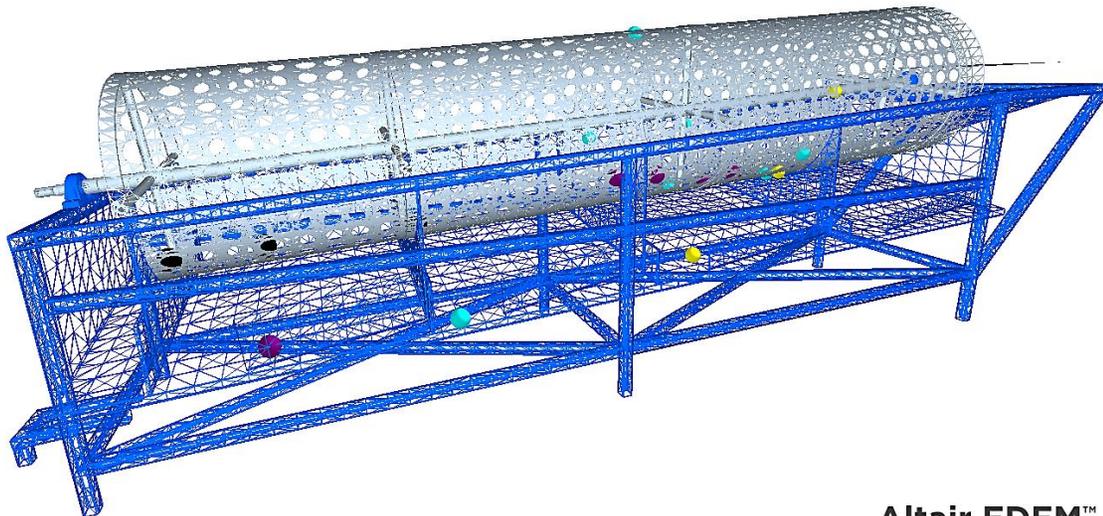
Los resultados más importantes que se obtuvo con el software fueron:

Se analizó el comportamiento de las partículas esféricas(tomates) dentro de la máquina, la cual es correcta ya que se observa con la simulación que las partículas ingresan de forma adecuada a la tolva, luego son transportados hacia el cilindro clasificador, ya allí con la velocidad de rotación de 13 rpm los tomates en su mayoría suben hasta casi la mitad de la superficie interior del cilindro la cual es adecuada, ya que se evita que los tomates sufran daños por la caída, igualmente se comprueba como los tomates ingresan por los distintos niveles (orificios de diferentes tamaño de acuerdo a la clase que pertenece) y de esta manera clasificando los tomates en sus cinco

tamaños, posteriormente estos tomates caen a la bandeja que tiene una inclinación adecuada ya que se observa que los tomates circulan de manera constante sin problemas. (ver Figuras 111, 112, 113).

Figura 111

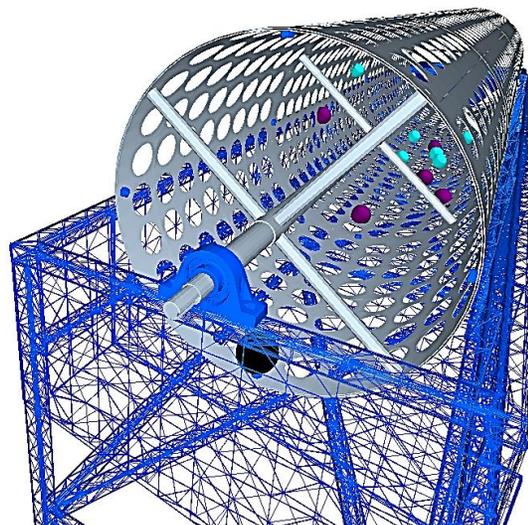
Simulación del funcionamiento de la máquina clasificadora



Altair EDEM™

Figura 112

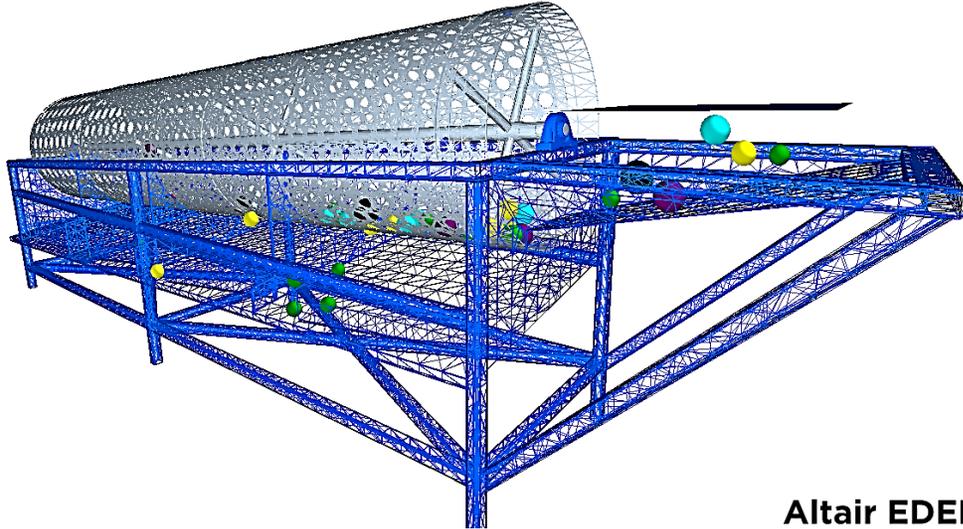
Comportamiento de las partículas en el interior del cilindro



Altair EDEM™

Figura 113

Simulación del funcionamiento de la máquina clasificadora

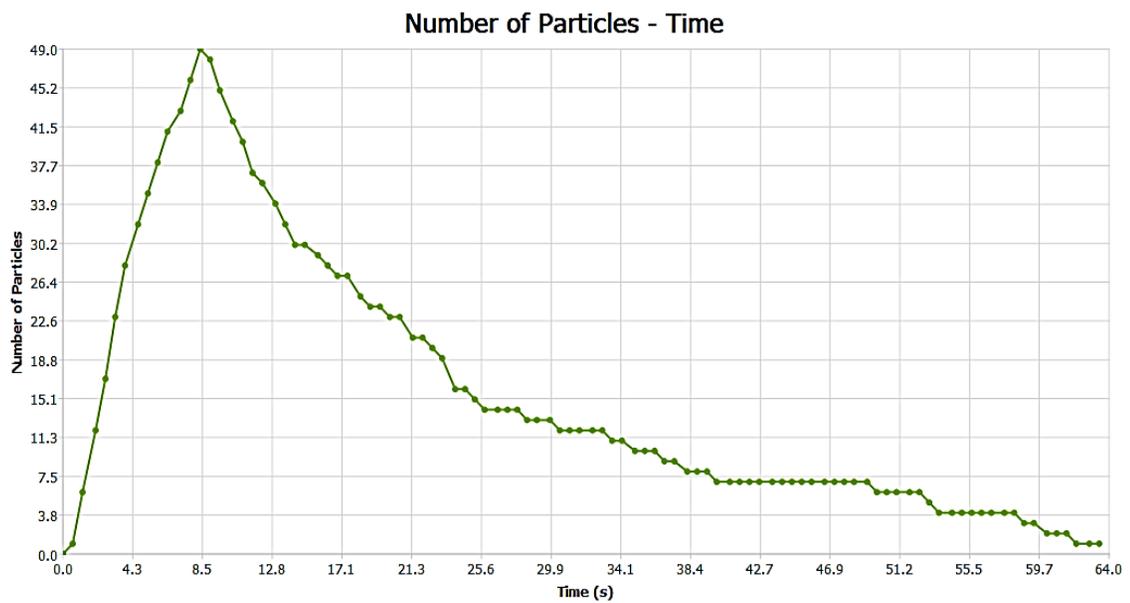


Altair EDEM™

Capacidad de la máquina: Con el software Altair EDEM Student Edition, se obtuvo el gráfico de línea (número de partículas vs tiempo).

Figura 114

Diagrama del número de partículas vs tiempo, presentes en el cilindro



A partir de la Figura 114, se observa que la mayor cantidad de partículas que permaneció en el cilindro fue 49 esto cuando la máquina está funcionando durante 8.5 segundos. Y luego disminuye la cantidad de partículas en el tambor producto de que los tomates son clasificados a medida que se desplazan a lo largo del cilindro perforado. Además, se determina que el tiempo total en que clasifica los tomates (los 22 Kg que se ingresó en la Figura 110) es de 64 segundos (0.017 h)

Y por lo tanto aplicando una regla de tres, se calcula la capacidad de clasificación de la máquina (Kg/h)

$$22 \text{ Kg} \rightarrow 0.017 \text{ h}$$

$$x \rightarrow 1 \text{ h}$$

$$x = \frac{22 \text{ Kg} \times 1 \text{ h}}{0.017 \text{ h}}$$

$$x = 1294.117 \text{ Kg}$$

$$\text{Capacidad} = 1294.117 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Es decir, la máquina clasificadora cumple con los parámetros establecidos para su diseño, que fue la capacidad de clasificar a 1000 Kg/h (1 Tonelada/h). Con lo cual la máquina podría clasificar incluso a una mayor capacidad que la establecida en sus características técnicas.

4.2 Validación de la máquina clasificadora de tomate.

Una vez culminada la implementación del sistema clasificador de tomate de riñón, se debe validar y verificar su adecuado funcionamiento, para lo cual se analiza cada proceso individualmente, es necesario también estudiarlo en su forma globalizada, todo esto con el objetivo de identificar cualquier falla, error o perturbación existente y establecer una solución para que cumpla con las funciones necesarias y establecidas.

Es necesario primeramente verificar la velocidad satisfactoria de giro del cilindro giratorio y su ángulo de inclinación establecido de 2.9° anteriormente, así como el adecuado deslizamiento por acción de la gravedad de los frutos de distintos tamaños.

Personal a cargo:

- Fundación “AYLLU APU FFA”
- Freddy León
- Alex Moreta

La comprobación y verificación del correcto funcionamiento de la máquina clasificadora de tomate de riñón se realizó de la siguiente manera:

Encender el sistema clasificador mediante el gabinete de control establecido y verificar la puesta en marcha del sistema motriz junto con todos sus elementos, una vez que se encuentra en movimiento el cilindro giratorio, es necesario ingresar manualmente los frutos a clasificar por medio de la tolva de alimentación, lo que permite un adecuado y continuo ingreso satisfactorio del producto. Es necesario, mediante inspección visual ver la correcta clasificación y precisión durante al menos 20 minutos.

Figura 115

Comprobación y correcto funcionamiento de la máquina



Figura 116

Clasificación satisfactoria de la máquina clasificadora



La aprobación de la Máquina clasificadora de tomate de riñón, se realiza a través de un check list realizado por la fundación, agricultores y emprendedores de la Fundación “AYLLU APU FFA”.

Tabla 48

Consideraciones protocolo de pruebas

Requerimientos	Aprobación
Encendido (Puesta en marcha) / Apagado	Cumple
Ingreso correcto de los frutos por la tolva de ingreso	Cumple
Cuidado y protección del producto	Cumple
Capacidad de clasificación	Cumple
Precisión de clasificación en 5 rangos establecidos	Cumple
Salida correcta de los frutos por las tolvas de salida	Cumple
Correcto funcionamiento de la instalación eléctrica	Cumple

Nota. Se muestra las consideraciones planteadas por la fundación para la funcionalidad satisfactoria de la máquina. Tomado de *AYLLU APA FFA*.

Mediante las pruebas realizadas se puede observar que no existe problema con la clasificación en 5 rangos de tomate de riñón a través del cilindro giratorio, se verificó

que la velocidad de capacidad de clasificación cumple ya que se probó ingresando una caja entera de tomates de 20 Kg varias veces y el tiempo de clasificación hasta el último tomate presente en el cilindro que se obtuvo es cerca de 1 minuto por lo cual la capacidad es de 20 Kg/min o que es lo mismo decir 1200 Kg/h.

Por otra parte, el valor de 1200 Kg/h (que representa 60 cajas por hora) de obtenido de manera real con el valor de capacidad de clasificación obtenido por medio del Software que es 1294.117 Kg/h (que representa 65 cajas por hora), que son valores con lo cual se cumple el requerimiento que se planteó que es la capacidad de clasificar tomates riñón a razón de 1000 Kg/h.

Además, tanto el cilindro como las bandejas son forrados de un material esponjoso que suaviza la caída y deslizamiento de los frutos en las partes internas donde tienen contacto, brindado cuidado y protección además se pudo verificar lo siguiente:

Figura 117

Aplicación de un recubrimiento protector para el cuidado del producto



Con el recubrimiento protector mostrado en la Figura 117, el ingreso y salida de los tomates de riñón clasificados es satisfactoria y no sufren cortes ni aplastamientos los frutos, esto fue comprobado una vez revisados en las gavetas de salida.

4.3 Implementación del protocolo de pruebas.

El protocolo de pruebas sirve para comprobar el correcto funcionamiento del sistema clasificador de tomate de riñón, en caso de falla, se realiza un rediseño, cambios, mejoras y así comprobar un buen funcionamiento del mecanismo.

Tabla 49

Consideraciones protocolo de pruebas

Consideraciones para el protocolo de pruebas	
Itmens	Destreza
Función del sistema clasificador	El funcionamiento será satisfactorio si la máquina clasifica en cuatro diferentes tamaños a los tomates de riñón, también deberá ser preciso en ello, con un mínimo rango de error. El funcionamiento no será apropiado si el sistema clasificador clasifica una cantidad diferente a 4 tamaños de tomates o no clasifica los tomates.
Capacidad de tolva de alimentación	Es correcto si en la tolva de entrada se puede alimentar aproximadamente 17 kg de tomates de riñón sin ningún inconveniente. Sería incorrecto si en la tolva no es posible la colocación de 17 kg del fruto.
Capacidad del sistema clasificador	Funcionamiento visual en una hora de puesta en marcha del sistema clasificador. Es satisfactorio si la máquina clasifica 1000 kg/h de tomates de riñón sin ningún inconveniente. No es satisfactorio si la capacidad de clasificación es menor a los 1000 kg/h.
Peso y transportable	El sistema será el apropiado si el peso no sobrepasa de los 800 kg, esto para su fácil transporte de un sitio a otro. Sería insatisfactoria si la máquina pesa más de los 800 kg y no se pueda transportar.
Materiales	Inspección visual de las superficies donde existan contactos directos con la materia prima. Es correcto si los terminados y los materiales empleados son los adecuados para la higiene y salubridad del producto. No es correcto si los materiales no son los adecuados o no poseen un material de recubrimiento que lo justifique.
Instalación elementos y dispositivos eléctricos	Es satisfactorio si la instalación eléctrica del motor y sus elementos seleccionados son adecuados, el motor debe estar protegido para evitar fallos, recalentamiento y daños. Si la instalación eléctrica del motor es incorrecta no es satisfactorio.

4.3.1 Formato de protocolo de pruebas

El protocolo de pruebas se tomará en cuenta los aspectos vistos anteriormente anterior, para así determinar el correcto cumplimiento, recomendaciones u

observaciones para satisfacer con el usuario y la funcionalidad de la máquina, el formato se muestra a continuación:

Figura 118

Formato de protocolo de prueba máquina clasificadora

PROTOCOLO DE PRUEBA: MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE DE RIÑÓN			Nº:
Realizada por:		Fecha:	
Nombre del equipo:		Lugar:	
ÍTEMS	Correcto	Incorrecto	Observaciones y Recomendaciones
FUNCIÓN DEL SISTEMA CLASIFICADOR			
Clasifica en 4 tamaños y de forma precisa			
Capacidad de la tolva de alimentación			
CAPACIDAD DE CLASIFICACIÓN			
Clasifica 1000 Kg/h			
PESO Y TRANSPORTABLE			
800 Kg y fácil transporte			
MATERIALES			
Materiales, acabados e higiene			
INSTALACIÓN ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS			
Conexión de protecciones y motor			

Capítulo V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se diseñó e implementó la metodología de la ingeniería concurrente, la cual contribuye al prototipo del sistema de proceso de clasificación de tomate de riñón por su tamaño, aportando así un diseño para la fabricación, calidad y montaje que requirió el cliente y tomando en cuenta sus necesidades como prioridad para que la persona encargada o profesional contribuya ideas y soluciones innovadoras como evitar la fatiga y cansancio al realizar la actividad de la selección del fruto manualmente, ahorro de recursos, cuidado y protección del producto, relación hombre-máquina de manera que todos estos puntos alarguen la vida útil de la misma y dar un valor agregado al análisis del proceso.
- Se realizó un análisis y diseño mecánico del prototipo del sistema clasificador, de forma que se estudió diagramas de cuerpo libre, esfuerzos cortantes, momentos flectores, deformaciones y factores de seguridad de los componentes como tolvas de alimentación y salida, eje, estructura, cilindro giratorio, poleas y banda por medio de la versión académica del software Ansys Academic – Static Structural, todo lo anterior para validar y garantizar un diseño de calidad para que la máquina trabaje a condiciones normales dado el caso que se de una sobrecarga de producto por los operadores, afín de no presentar y evitar perturbaciones, desalineaciones, fallas o rupturas en los elementos los cuales afectarán a la clasificación del producto.
- Se efectuó un análisis de factibilidad para la construcción del sistema clasificador por medio de encuestas, conversaciones con los miembros de la

comunidad Salache-Quilajaló de Latacunga junto con la fundación “AYLLU APU FFA”, para incentivar a los agricultores hacia la industrialización de la región central del Ecuador, así como también facilitar el proceso y ahorrar recursos.

- Se llevó a cabo una minuciosa selección y adaptación de los elementos eléctricos a implementarse en el proyecto, los cuales fueron diseñados bajo parámetros de cargas, corrientes y voltajes para evitar cortocircuitos, sobre corrientes que afecten a la clasificación del producto, es por eso que se trabaja con un control de arranque directo trifásico con sus debidas protecciones de paro normal y de emergencia, los cuales garantizan la vida útil del motorreductor y el sistema motriz propuesto.
- Se logró visualizar el sistema clasificador 3D mediante el software sofisticado, lo cual se obtuvo un modelo casi perfecto a la realidad, para así cumplir con todos los parámetros de diseño mecánico y estética del mismo.
- Gracias al protocolo de pruebas de funcionamiento de la máquina, se validó el correcto cumplimiento del check-list establecido por la fundación y agricultores “AYLLU APU FFA”, dando a conocer que el sistema trabaja en óptimas condiciones al incrementar la capacidad máxima para por cualquier circunstancia, se pueda comprobar y prevenir errores de maltrato o pérdida de calidad de los frutos. Además, se verificó los factores de seguridad estén sobre los valores óptimos establecidos mediante normativas existentes de diseño elementos de máquinas.

5.2 Recomendaciones

- Establecer una buena calidad de mallado para los estudios y análisis de simulación, para así obtener resultados verídicos en cuanto a esfuerzos, deformaciones, factores de seguridad que estén más cercanos a la realidad.
- Establecer conversaciones con el grupo beneficiado para obtener los requerimientos y cumplir las necesidades de diseño y funciones, con el propósito de ahorrar recursos económicos, humanos y tiempo, junto con la seguridad, protección e higiene del producto una vez clasificado.
- Tomar en cuenta la selección de elementos, componentes y materiales de catálogos que garanticen una larga duración y que estén disponibles en el mercado local por cualquier situación que se presente.

Bibliografía

- Alcalde, C. F., & Bone, E. G. (2013). *Diseño de una máquina clasificadora de tomates de 700 [Kg/h] de capacidad.*
- Altair. (2021, January). *Discrete Element Modeling - DEM Software Altair EDEM.*
Recuperado el 11 de Noviembre de 2021, de <https://www.altair.com.es/edem/>
- Andrade, D. (2021). *Implementación de la Ingeniería Concurrente para el Diseño de un Sistema de Ensayo a Carga de Impacto IK en Luminarias de Alumbrado Público de Acuerdo a la Norma IEC 60068-2-75 para el Instituto de Investigación Geológico y Energético del Ecuador.* ESPE.
- Angos, M. F., & Calvopiña, H. A. (2013). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRUTOS POR SU TAMAÑO.*
- ANSI. (n.d.). *American National Standards Institute - ANSI.* Recuperado el 13 de Julio de 2021, de <https://ansi.org/>
- AWS. (n.d.). *American Welding Society.* Recuperado el 13 de Julio de 2021, de <https://www.aws.org/>
- Beltrán Rico, M., & Marcilla Gomis, A. (2012). *Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades.*
- Bermeo, D. (2014). *Diseño y construcción de un molino de martillos triturador de granos para granjas avícolas.*
- Bonifaz, C. F., & Pallasco, M. A. (2017). *Diseño y construcción de una máquina clasificadora de fresas a razón de 100 kg/hora.* ESPOCH.
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.*
- Canonico, D. A., Balkey Kenneth, P. E., Guzmán, Á. L., ASME, N. de, Mark Webster, P., & Weinman, S. (2014). *ASME Normas y certificación. Ejemplos de uso de códigos y normas para los estudiantes de ingeniería mecánica y otros campos. Una Mirada*

- Al Código ASME Para Calderas y Recipientes a Presión*, 36. Recuperado el 15 de Julio de 2021, de [https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/who we are/standards_and_certification/scstudentbr_aug15r3-\(002\).pdf](https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/who-we-are/standards_and_certification/scstudentbr_aug15r3-(002).pdf)
- Casallas, H. R., & Muñoz, C. E. (2020). *Diseño de una máquina para la clasificación de tomate chonto Lycopersicum Esculentum Mill*No Title.
- Construyendo.co. (2021). *Cables eléctricos*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2021, de <https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php>
- Corbacho, G. (2015). *Circunferencias y Círculos*.
- EBASEE. (2012). *Technical Parameter*.
- El Comercio. (2011). *Ocho variedades de tomate riñón están en los mercados locales*.
- Escobar, H., & Lee, R. (2009). *Manual de producción de tomate bajo invernadero* (Segunda).
- FAO Dixie. (1992). *La comercialización de productos hortícolas: manual de consulta e instrucción para extensionistas*.
- Fiorella, J. (2006). *Cultivo y producción de Tomate*. Ripalme.
- Guaragno, E. (2016). *Técnico electricista 21*.
- Herrera, B. R., & Fernández, D. S. (2020). *Diseño y construcción de máquina clasificadora para zanahoria Nantesa*. Recuperado el 20 de Julio de 2021, de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9378>
- Humphrey, L. M. (1937). *A cytological and morphological analysis of tomato species*. *Cytologia*. 306–3018.
- InfoAgro. (n.d.). *Maquina clasificadora, calibradora de frutos secos*. Recuperado el 20 de Agosto de 2021, de <https://www.infoagro.com/compraventa/oferta.asp?id=66069>
- Jahanbakhshi, A., Rasooli Sharabiani, V., Heidarbeigi, K., Kaveh, M., & Taghinezhad, E.

- (2019). Evaluation of engineering properties for waste control of tomato during harvesting and postharvesting. *Food Science and Nutrition*, 7(4), 5–9. Recuperado el 15 de Agosto de 2021, de <https://doi.org/10.1002/fsn3.986>
- Jiang, W. (2019). *ANALYSIS AND DESIGN OF MACHINE ELEMENTS* (John Wiley).
- López, L. M. (2016). Manual técnico del cultivo de tomate. *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia En Tecnología Agropecuaria (Inta)*, 1–130. Recuperado el 18 de Agosto de 2021, de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf><http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf><http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3143/1/BVE17079148e.pdf><http://www.inta.go.cr><http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3143/1/BVE1707>
- Luján, R. (1963). *Maquinaria frutihortícola*.
- Macias Zamora, J. C. (2013). *Dinámica de la rotación*. 56.
- Maldonado, J. Luis. (1996). Aceros y sus Aplicaciones [Universidad Autonoma de Nuevo León]. In *Universidad Autonoma de Nuevo Leon*. Recuperado el 15 de Agosto de 2021, de <http://eprints.uanl.mx/421/1/1020118272.PDF>
- Mamani, D. H. (2013). Diseño de máquina clasificadora de tunas teniendo en cuenta como parámetro su peso específico. In *UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA*. Recuperado el 21 de Julio de 2021, de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1073><http://www.unjbg.edu.pe/institucion/historia.php>
- Metasol. (n.d.). *Table of specifications Magnetic contactors*. 10–13.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). *Boletín Situacional Tomate riñón*.
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de Maquinas* (Pearson Educación (Ed.); 4 ed). Prentice Hall Mexico.
- Norton, R. L. (2011). Diseño de máquinas: un enfoque integrado. In *Diseño de*

Elementos de Máquinas (Cuarta).

OPAC COMPONENTS. (n.d.).

Pasen Machine. (2009).

Pazos Peinado, N. (2006). *Tecnología de los metales y procesos de manufactura.*

Pulupa, C. A. (2013). *Evaluación del rendimiento y calidad del tomate riñon (Lycopersicum Esculentum. Mill) a la aplicación de policrilaminicos polimericos orgánicos Puenbo, Pichincha, Ecuador (Bachelor's thesis, Universidad Estatal de Bolívar. Universidad Estatal de Bolivar.*

Riba, C. (2008). *Selección de materiales en el proceso de diseño de maquinas.*

(Primera). Recuperado el 24 de Agosto de 2021, de

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36844/9788498804065.pdf>

Rodríguez Galbarro, H. (2021). *Correas de Transmisión Cálculo y Diseño.*

Rodríguez, H., Muñoz, S., & Alcorta, E. (2006). *El tomate rojo: sistema hidropónico.*

Rodríguez, J., Cerdá, L. M., & Sánchez-Horneros, R. B. (2014). *Automatismos industriales.*

Roselló I Oltra, J., & Porcuna, J. L. (2012). *Cultivo Ecológico del Tomate y del Pimiento.*

Recuperado el 18 de Agosto de 2021, de

https://www.icia.es/icia/download/Agroecología/Material/Cultivo_ecologico.pdf

Sánchez, J., Sánchez, A., Rodríguez Díaz, F. de A., Amate Salvador, L., Guzmán

Sánchez, J., & Muñoz Rodríguez, J. (2010). *Máquina clasificadora de frutas y hortalizas portátil.* Recuperado el 23 de Julio de 2021, de

<http://repositorio.ual.es:8080/bitstream/handle/10835/4380/P200602228.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Shigley. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica (Novena).*

SIPA. (n.d.). *Cifras Agroproductivas.* Recuperado el 21 de Julio de 2021, de

<http://sipa.agricultura.gob.ec/>

Smith, D. W; Simis, B. G; O'Neil, D. H. O. de las N. U. para la A. y la A. (1994).

Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas.

Tene, D. C., & Villagrán, J. L. (2017). *Diseño y construcción de una máquina clasificadora de tomate riñon–variedad daniela de 80 cartones de 23 [kg/h] de capacidad.* ESPOCH.

TOMRA. (2020). *Máquina Clasificadora y Seleccionadora De Maíz Y Semillas Zea De Tomra.*

UNE. (2015). *Norma española UNE-EN ISO 4017.*

Vallejo, F. A. (1999). *Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia.*

Venturo, W. J. (2019). Diseño de una máquina clasificadora de tamaño para la mejora de la precisión en el proceso de selección de duraznos, de la empresa Frutos Colca ubicado en el valle Fortaleza, Bolognesi-Ancash. In *Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur* (Vol. 1). Recuperado el 22 de Julio de 2021, de <http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/166>

Anexos