



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

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

**TEMA: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE
PELADO Y CORTE DE PAPAS PARA LA EMPRESA LOS HOT
DOGS EL PORTÓN REAL.**

AUTORES: GALÁRRAGA CRUZ ANDRÉS ANTONIO

GUILLÉN MOYA ESTEBAN JOSÉ

DIRECTOR: ING. TAPIA, MELTON

SANGOLQUÍ

2016



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ii

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE PELADO Y CORTE DE PAPAS PARA LA EMPRESA LOS HOT DOGS EL PORTÓN REAL”, realizado por los señores: GALÁRRAGA CRUZ ANDRÉS ANTONIO y GUILLÉN MOYA ESTEBAN JOSÉ; ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores GALÁRRAGA CRUZ ANDRÉS ANTONIO y GUILLÉN MOYA ESTEBAN JOSÉ para que lo sustenten públicamente.

Sangolquí, 14 de julio del 2016

Ing. Melton Tapia
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, GALÁRRAGA CRUZ ANDRÉS ANTONIO con cédula de identidad N° 1722660196 y GUILLÉN MOYA ESTEBAN JOSÉ con cédula de identidad N° 0202089512 declaramos que este trabajo de titulación "DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE PELADO Y CORTE DE PAPAS PARA LA EMPRESA LOS HOT DOGS EL PORTÓN REAL" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 14 de julio del 2016

Galárraga Cruz Andrés Antonio

C.C. 1722660196

Guillén Moya Esteban José

C.C. 0202089512



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **GALÁRRAGA CRUZ ANDRÉS ANTONIO** y **GUILLÉN MOYA ESTEBAN JOSÉ**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE PELADO Y CORTE DE PAPAS PARA LA EMPRESA LOS HOT DOGS EL PORTÓN REAL**”, cuyo contenido, ideas y criterios es de nuestra autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 14 de julio del 2016

Galárraga Cruz Andrés Antonio

C.C. 1722660196

Guillén Moya Esteban José

C.C. 0202089512

DEDICATORIA

La elaboración del presente trabajo va dedicado a Dios por permitirme culminar una etapa muy importante en mi vida junto a las personas que siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo incondicional y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, mis Padres Antonio y Adriana, quienes con su cariño, entrega y amor han sido mi principal apoyo para conseguir esta nueva meta.

A mis hermanos Israel y Evelyn quienes siempre unidos y con sus palabras, me han brindado todo su apoyo en cada momento cuando los he necesitado.

Andrés Antonio Galárraga Cruz

DEDICATORIA

En esta etapa de mi vida en la que se acerca la culminación de mi carrera no puedo dejar de dedicar este trabajo y todo los esfuerzos inmersos en el mismo, a quien a pesar de no estar físicamente, siempre fue y será la fuerza impulsadora y motivadora para ser más y siempre querer más, este trabajo y esta meta alcanzada se la dedico a mi padre José Guillén que de una forma inmaterial hoy y siempre me acompaña.

Esteban José Guillén Moya

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado la familia que tengo porque gracias a mis padres, Antonio y Adriana quienes con su esfuerzo realizado día a día me han dado lo mejor e inculcando siempre en mi valores de honestidad, respeto y responsabilidad he logrado conseguir esta meta tan anhelada.

A mis hermanos Israel y Evelyn que me han enseñado que con sacrificio y entrega se puede obtener los objetivos planteados, gracias por su ejemplo.

A mis compañeros con los que he compartido varias experiencias en el transcurso de la vida universitaria, gracias por su amistad.

A ciertas personas que Dios ha puesto en mi camino como medio de apoyo que sin imaginarse llegaron a mi vida y de una u otra manera pusieron su granito de arena para que esto concluya de la mejor manera.

Al Ingeniero Melton Tapia que tuve el agrado de conocerlo desde los inicios de la carrera y hasta ahora que con su ayuda y apoyo riguroso como director se ha logrado la culminación satisfactoria del proyecto.

Andrés Antonio Galárraga Cruz

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por ser el apoyo incondicional y constante, que me ha empujado a avanzar en todos los aspectos de mi vida; a mi padre por sus sacrificios, por sus palabras y su enseñanza de vida, que hoy en día me mueven a buscar oportunidades y a no conformarme.

A mis hermanas por ser mis compañeras de vida, por su preocupación y ayuda en este proceso.

A la universidad, porque aquí me forme como profesional aquí conocí grandes amigos y muchos maestros que desinteresadamente han compartido su saber conmigo.

Esteban José Guillén Moya

ÍNDICE

DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
ÍNDICE.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación e importancia	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Alcance.....	4
1.5 Metodología.....	4
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEORICO	6
2.1 La papa	6
2.1.1 Papas nativas del Ecuador.....	7
2.2 Diagrama de flujo del proceso en general.....	10
2.3 Máquinas peladoras de papas	11
2.3.1 Peladora mecánica por abrasión.....	12

2.3.2	Peladora método cepillos de nylon	13
2.3.3	Peladora de cuchillas en continuo.....	14
2.4	Bandas transportadoras	15
2.4.1	Bandas de caucho y lona	15
2.4.2	Bandas sintéticas	16
2.4.3	Bandas modulares	17
2.4.4	Bandas de fibra de vidrio.....	18
2.5	Cortadoras de papas	19
2.5.1	Cortadora manual	19
2.5.2	Cortadora neumática.....	20
2.5.3	Cortadora de tambor	21
2.6	Línea continua para elaboración de papas fritas Incalfer	22
	CAPÍTULO III.....	25
3.1	Requerimientos del cliente	25
3.2	Diseño conceptual	25
3.3	Diagrama funcional	26
3.4	Modularidad del sistema:.....	27
3.5	Diseño de materialización.	28
3.5.1	Requerimientos limitadores.....	28
3.5.2	Alternativas de diseño y materialización preliminar.....	28
3.5.3	Evaluación y selección de las alternativas de diseño preliminar	50
3.6	Definición del diseño	59
3.6.1	Modulo I. Etapa de pelado y lavado de papas	59
3.6.2	Módulo II. Etapa de transporte y control de calidad de papas.....	75
3.6.3	Módulo III. Etapa de corte de papas	119
3.6.4	Módulo IV. Etapa de potencia y control del sistema.....	151

3.7	Control de calidad ejercido en el módulo II.....	166
CAPITULO IV		168
4.1	IMPLEMENTACION	168
4.1.1	Construcción etapa de pelado y lavado de papas.....	168
4.1.2	Construcción etapa de transporte de papas.....	171
4.1.3	Construcción etapa de corte de papas.....	175
4.1.4	Implementación etapa de potencia y control	178
4.2	Funcionamiento:.....	182
4.2.1	Pelado en modo manual:	182
4.2.2	Corte en modo manual:.....	182
4.2.3	Pelado semi - automático.....	183
4.2.4	Corte semi – automático	183
CAPITULO V		184
5.1	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	184
5.1.1	Pruebas etapa de pelado	184
5.1.2	Pruebas etapa de traslado	185
5.1.3	Pruebas etapa de corte	187
5.1.4	Pruebas eléctricas y electrónicas	187
5.2	Diseño robusto (Taguchi)	188
5.3	Análisis económico.....	191
5.3.1	Costos directos	191
5.3.2	Costos de manos de obra directa	193
5.3.3	Costos indirectos.....	194
5.3.4	Costo total del proyecto.....	194
5.3.5	Rentabilidad del equipo.....	195
6.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	200

6.1.1	Conclusiones.....	200
6.1.2	Recomendaciones.....	201
	BIBLIOGRAFÍA.....	202

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Especificaciones técnicas peladora por abrasión	12
Tabla 2	Especificaciones técnicas peladora con cepillos de nylon.....	13
Tabla 3	Especificaciones técnicas peladora con cuchillas	14
Tabla 4	Requerimientos del cliente	25
Tabla 5	Módulos para el diseño.....	27
Tabla 6	Requerimientos limitadores	28
Tabla 7	Matriz de criterios de ponderación.....	51
Tabla 8	Criterio de costo en el análisis de las posibles soluciones	51
Tabla 9	Criterio de ciclo de trabajo en el análisis de las posibles soluciones	51
Tabla 10	Criterio de facilidad de uso en el análisis de las posibles soluciones	51
Tabla 11	Criterio de velocidad de trabajo análisis de las posibles soluciones	51
Tabla 12	Criterio de fuerza en el análisis de las posibles soluciones.....	52
Tabla 13	Conclusiones	52
Tabla 14	Matriz de criterios de ponderación.....	52
Tabla 15	Criterio de costo en el análisis de las posibles soluciones	53
Tabla 16	Criterio de durabilidad en el análisis de las posibles soluciones .	53
Tabla 17	Criterio de disponibilidad en el mercado en el análisis de las posibles soluciones	53
Tabla 18	Conclusiones	53
Tabla 19	Matriz de criterios de ponderación.....	54
Tabla 20	Criterio de costo en el análisis de las posibles soluciones	54
Tabla 21	Criterio de ciclo de trabajo en el análisis de las posibles soluciones	55
Tabla 22	Criterio de disponibilidad en el mercado en el análisis de las posibles soluciones	55
Tabla 23	Conclusiones	55
Tabla 24	Matriz de criterios de ponderación.....	56
Tabla 25	Criterio de costo en el análisis de las posibles soluciones	56

Tabla 26	Criterio de acondicionamiento de la señal en el análisis de las posibles soluciones	56
Tabla 27	Criterio de disponibilidad en el análisis de las posibles soluciones	57
Tabla 28	Conclusiones	57
Tabla 29	Matriz de criterios de ponderación.....	58
Tabla 30	Criterio de costo en el análisis de las posibles soluciones	58
Tabla 31	Criterio de programabilidad en el análisis de las posibles soluciones	58
Tabla 32	Criterio de robustez en el análisis de las posibles soluciones	58
Tabla 33	Criterio de disponibilidad en el mercado en el análisis de las posibles soluciones	59
Tabla 34	Conclusiones	59
Tabla 35	Función de los elementos del módulo I	60
Tabla 36	Especificaciones técnicas peladora de papas por abrasión	62
Tabla 37	Especificaciones técnicas electroválvula	67
Tabla 38	Especificaciones técnicas cilindro neumático puerta	73
Tabla 39	Función de los elementos del módulo II	76
Tabla 40	Especificaciones técnicas banda PVC.....	87
Tabla 41	Coeficientes de fricción de materiales	99
Tabla 42	Ángulos de contacto tambores con cinta transportadora.....	101
Tabla 43	Factor de transmisión K.....	102
Tabla 44	Especificaciones técnicas motorreductor.....	106
Tabla 45	Función de los elementos del módulo II	121
Tabla 46	Especificaciones técnicas sensor infrarrojo	139
Tabla 47	Toma de datos de masa de las papas.....	141
Tabla 48	Diagrama de esfuerzos de la papa con el mecanismo carrusel .	141
Tabla 49	Especificaciones técnicas motor a pasos	143
Tabla 50	Resultado de pruebas de corte de papas	144
Tabla 51	Especificaciones técnicas cilindro neumático cortadora.....	146
Tabla 52	Especificaciones técnicas compresor	149
Tabla 53	Especificaciones técnicas unidad de mantenimiento.....	150

Tabla 54	Especificaciones técnicas electroválvula	151
Tabla 55	Datos motor peladora	152
Tabla 56	Datos motor banda transportadora	152
Tabla 57	Especificaciones técnicas interruptor termomagnético	153
Tabla 58	Especificaciones técnicas contactor peladora	154
Tabla 59	Especificaciones técnicas contactor banda transportadora	154
Tabla 60	Especificaciones técnicas relé térmico peladora	156
Tabla 61	Especificaciones técnicas relé térmico banda transportadora ...	156
Tabla 62	Especificaciones técnicas módulo de relés	157
Tabla 63	Especificaciones técnicas arduino Nano	159
Tabla 64	Especificaciones técnicas módulo L298N.....	161
Tabla 65	Especificaciones técnicas convertidor DC - DC.....	164
Tabla 66	Consumo por elementos.....	165
Tabla 67	Consumo de energía	165
Tabla 68	Especificaciones técnicas fuente eléctrica.....	166
Tabla 69	Parámetros para el control de calidad en el módulo II.....	167
Tabla 70	Componentes cuadro de potencia y su función.....	179
Tabla 71	Componentes cuadro de control y su función.....	180
Tabla 72	Entradas y salidas controlador arduino NANO 1	181
Tabla 73	Entradas y salidas controlador arduino NANO 2	181
Tabla 74	Pruebas de control de calidad realizado en el módulo II	186
Tabla 75	Tabla comparativa de pruebas realizadas en el control de calida	186
Tabla 76	Factores y niveles de diseño robusto	188
Tabla 77	Arreglo ortogonal L4	189
Tabla 78	Cálculos importancia de factores tabla Anova.....	189
Tabla 79	Costos materiales mecánicos.....	192
Tabla 80	Costos materiales eléctricos y electrónicos	193
Tabla 81	Costos de fabricación y ensamblaje	194
Tabla 82	Costos materiales indirectos.....	194
Tabla 83	Costo total del proyecto	195
Tabla 84	Costos por operación y mantenimiento	197

Tabla 85 Costo de producción para la venta	197
Tabla 86 Resumen de costos anuales	198
Tabla 87 Egresos e ingresos	198

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta de papas y sus partes.....	6
Figura 2 Vitaminas y proteínas de la papa.....	7
Figura 3 Tipos de papas nativas del Ecuador.....	8
Figura 4 Diagrama de flujo del proceso en general.....	10
Figura 5 Peladora de papas por abrasión.....	13
Figura 6 Peladora de papas con cepillos de nylon.....	14
Figura 7 Peladora de papas con cuchillas.....	15
Figura 8 Banda de caucho.....	16
Figura 9 Bandas Sintéticas.....	17
Figura 10 Bandas Modulares.....	18
Figura 11 Bandas de fibra de vidrio.....	19
Figura 12 Cortadoras de papas manual.....	20
Figura 13 Cortadoras de papas neumática.....	21
Figura 14 Cortadora de papas de tambor.....	21
Figura 15 Línea continua de papas fritas.....	22
Figura 16 Estación saborizado (izq.) banda transportadora (dcha.).....	24
Figura 17 Diagrama General del Proceso.....	26
Figura 18 Diagrama refinamiento que muestra subfunciones.....	27
Figura 19 Actuador lineal eléctrico.....	29
Figura 20 Cilindro neumático.....	30
Figura 21 Cilindro hidráulico.....	31
Figura 22 Banda de PVC.....	32
Figura 23 Banda sintética de PU.....	33
Figura 24 Banda modular.....	35
Figura 25 Actuador lineal eléctrico.....	36
Figura 26 Cilindro Neumático.....	37
Figura 27 Cilindro hidráulico.....	38
Figura 28 Mecanismo biela manivela.....	39
Figura 29 Mecanismo de leva.....	40
Figura 30 Tornillo de potencia.....	41
Figura 31 Sensor ultrasónico.....	42

Figura 32 Sensor infrarrojo	43
Figura 33 Sensor Capacitivo	44
Figura 34 Controlador Lógico Programable Delta	46
Figura 35 Arduino Mega.....	47
Figura 36 Raspberry	48
Figura 37 Beagle Bone	49
Figura 38 Esquema general modulo I	60
Figura 39 Peladora por abrasión.....	61
Figura 40 Dimensiones estructura peladora.....	63
Figura 41 Resultado tensión axial y flexión.....	64
Figura 42 Resultado desplazamiento producido por la carga	64
Figura 43 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida	65
Figura 44 Electroválvula para agua.....	66
Figura 45 Esquema y ubicación de electroválvula para agua	67
Figura 46 Esquema y ubicación del cilindro neumático	68
Figura 47 Diagrama apertura y cierre de puerta peladora	69
Figura 48 Diagrama de desplazamiento de una puerta	69
Figura 49 Diagrama de desplazamiento puerta peladora	69
Figura 50 Diagrama de desplazamiento puerta peladora	70
Figura 51 Fuerza vs Diámetro para la selección del cilindro neumático	72
Figura 52 Cilindro neumático	72
Figura 53 Esquema y ubicación del canal de salida de papas	74
Figura 54 Esquema y ubicación del nivelador.....	74
Figura 55 Esquema general módulo II a	75
Figura 56 Esquema general módulo II b	76
Figura 57 Dimensiones estructura banda transportadora	77
Figura 58 Resultado de tensión axial y de flexión	78
Figura 59 Resultado desplazamiento producidos por la carga	79
Figura 60 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida	79
Figura 61 Esquema y ubicación del bastidor.....	80
Figura 62 Dimensiones bastidor.....	81
Figura 63 Resultado de tensión axial y de flexión	82

Figura 64 Resultado desplazamiento producidos por la carga	82
Figura 65 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida	83
Figura 66 Esquema y ubicación del nivelador.....	84
Figura 67 Esquema para calcular longitud de banda	85
Figura 68 Cinta transportadora transportadora	86
Figura 69 Dimensiones de guías laterales	88
Figura 70 Esquema y ubicación de guías laterales.....	88
Figura 71 Dimensiones del separador	89
Figura 72 Esquema y ubicación del separador	89
Figura 73 Dimensiones del soporte.....	90
Figura 74 Esquema y ubicación del soporte	90
Figura 75 Resultado de tensión de Von Mises.....	91
Figura 76 Resultado desplazamiento producidos por la carga	92
Figura 77 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida	92
Figura 78 Dimensiones placa motorreductor.....	93
Figura 79 Esquema y ubicación placa motorreductor	94
Figura 80 Resultado de tensión de Von Mises.....	94
Figura 81 Resultado desplazamiento producidos por la carga	95
Figura 82 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida	96
Figura 83 Zonas de corte y pelado módulo II.....	97
Figura 84 Esquema banda transportadora.....	97
Figura 85 Diagrama de fuerzas en la cinta transportadora	98
Figura 86 Fórmula para el cálculo del reductor.....	104
Figura 87 Eficiencia del reductor.....	105
Figura 88 Motorreductor.....	106
Figura 89 Esquema y ubicación de tambores	107
Figura 90 Dimensiones de tambor motriz y de cola	107
Figura 91 Dimensiones longitudinales del tambor en [mm].....	108
Figura 92 Distribución de fuerzas en el tambor.....	108
Figura 93 Diagrama de tensiones en el tambor plano X-Y.....	109
Figura 94 Distribución de fuerzas en el plano Y-Z	109
Figura 95 Diagrama de fuerzas en el plano Y-Z.....	110

Figura 96	Distribución de fuerzas en el plano X-Z	110
Figura 97	Diagrama de fuerzas en el plano X-Z.....	111
Figura 98	Dimensiones longitudinales del tambor.....	111
Figura 99.	Distancia del apoyo hacia el centro del cilindro	112
Figura 100	Resolución con la ayuda de software WolframAlpha	115
Figura 101	Partes del sistema de tensado.....	116
Figura 102	Esquema y ubicación del sistema de tensado	117
Figura 103	Resultado tensión axial y flexión.....	117
Figura 104	Resultado desplazamiento producido por la carga.....	118
Figura 105	Resultado análisis del factor de seguridad distribuida	119
Figura 106	Esquema general módulo III	120
Figura 107	Dimensiones estructura cortadora	121
Figura 108	Esquema general cortadora.....	122
Figura 109	Esquema estructura cortadora.....	122
Figura 110	Esquema ejes cortadora	123
Figura 111	Esquema base papas cortadora	123
Figura 112	Esquema rejilla con cuchillas	124
Figura 113	Resultado de tensión axial y de flexión	124
Figura 114	Resultado desplazamiento producidos por la carga.....	125
Figura 115	Resultado análisis del factor de seguridad distribuida	126
Figura 116	Ejes sujetos a base del cilindro neumático	127
Figura 117	Resultado de tensión axial y de flexión	127
Figura 118	Resultado desplazamiento producidos por la carga.....	128
Figura 119	Resultado análisis del factor de seguridad distribuida	128
Figura 120	Dimensiones generales del canal	130
Figura 121	Esquema y ubicación del canal.....	130
Figura 122	Dimensiones generales de la guía banda transportadora.....	131
Figura 123	Esquema y ubicación de la guía banda transportadora	131
Figura 124	Esquema y ubicación nivelador cortadora	132
Figura 125	Dimensiones generales soporte cilindro cortadora	133
Figura 126	Esquema y ubicación del soporte cilindro cortadora	133
Figura 127	Tensión axial y de flexión (Von Mises).....	134

Figura 128	Desplazamiento producidos por la carga	134
Figura 129	Resultado análisis del factor de seguridad distribuida	135
Figura 130	Dimensiones generales canal de salida	136
Figura 131	Esquema y ubicación del canal de salida	136
Figura 132	Dimensiones generales tolva cortadora	137
Figura 133	Sensor infrarrojo	138
Figura 134	Esquema eléctrico del sensor pololu carrier de distancia	138
Figura 135	Esquema y ubicación del sensor	139
Figura 136	Esquema y ubicación del motor a pasos.....	140
Figura 137	Motor a pasos	142
Figura 138	Fuerza vs Diámetro para selección cilindro neumático	145
Figura 139	Cilindro neumático	146
Figura 140	Diagrama y ubicación del cilindro corntadora	146
Figura 141	Compresor	149
Figura 142	Filtro regulador lubricador	150
Figura 143	Electroválvula.....	151
Figura 144	Interruptor Termomagnético.....	153
Figura 145	Contacator	154
Figura 146	Relé Térmico.....	155
Figura 147	Módulo de relés	157
Figura 148	Arduino Nano	159
Figura 149	Módulo L298N.....	161
Figura 150	Convertidor DC - DC	164
Figura 151	Fuente Eléctrica	165
Figura 152	Estructura máquina peladora	169
Figura 153	Colocación electroválvula (izquierda), manguera en forma de arco (derecha).....	169
Figura 154	Mecanismo apertura puerta máquina peladora.....	170
Figura 155	Canal de unión máquina peladora – banda transportadora	171
Figura 156	Estructura banda transportadora	172
Figura 157	Trazado de medidas bastidor de la banda transportadora.....	172
Figura 158	Guías chumaceras tensoras	173

Figura 159 Tambor motriz y de cola.....	174
Figura 160 Separador banda transportadora	174
Figura 161 Ensamble final banda transportadora	175
Figura 162 Estructura cortadora de papas.....	176
Figura 163 Canal de unión banda transportadora - cortadora	176
Figura 164 Ejes cortadora.....	177
Figura 165 Ensamble final cortadora	178
Figura 166 Diagrama modular de funcionamiento	178
Figura 167 Cableado gabinete de potencia	179
Figura 168 Cableado gabinete de control	181
Figura 169 Secuencia Modo Manual Pelado	182
Figura 170 Secuencia modo manual corte.....	182
Figura 171 Secuencia modo semi-automático pelado	183
Figura 172 Secuencia modo semi-automático corte	183
Figura 173 Canal peladora (izq.) Canal peladora con ranura (dcha.)	185
Figura 174 Tipo I (izq.) Tipo II (dcha.)	188
Figura 175 Gráfica del efecto de cada factor	191

RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolló el diseño y construcción de un sistema automatizado para el proceso de pelado y corte de papas de la empresa Los Hot Dogs El Portón Real a quienes les surge la idea de ir a la par con el avance de la tecnología con el fin de aumentar el desempeño en su producción y mejorar el ambiente laboral para sus trabajadores. El sistema fue automatizado a partir de una máquina peladora a la que se le añadió una electroválvula que permitió el control del suministro de agua para realizar el pelado y lavado de las papas, además de un cilindro neumático para realizar la evacuación de papa pelada. A continuación una siguiente etapa que consta del diseño e implementación de una banda transportadora que sirve como medio para realizar el control de calidad de las papas realizado por un trabajador, también sirve como medio de comunicación entre la etapa de pelado y corte. Finalmente la etapa de corte, donde cada papa ingresa de forma automática a la cortadora y por medio de la señal de un sensor digital de distancia se logra realizar la activación de un cilindro neumático para realizar el corte deseado. Por medio de un cuadro de pulsadores se puede realizar la maniobra de los procesos que se encuentra bajo el control de un microcontrolador.

PALABRAS CLAVE:

- **SISTEMA AUTOMATIZADO**
- **PROCESO PELADO**
- **PROCESO CORTE**
- **MÁQUINA**
- **PAPAS**

ABSTRACT

In this project developed the design and construction of an automated system for the process of peeling and cutting potatoes Company's Hot Dogs El Portón Real, whom emerge the idea to advance with technology with the purpose to increase production performance and improve the work environment for employees.

System was automated from a peeler machine which was added a solenoid valve which allowed control of the water supply for washing and peeling potatoes, besides a pneumatic cylinder to make peeling and washing potatoes. Then a next step involve design and implementation of a conveyor belt that serves as a means for quality control of potatoes by an employer, also serves as a communication medium between the stage of peeling and cutting.

Finally cutting stage, where each potato automatically enters in the cutter and through a digital signal sensor, gets done the activation of pneumatic cylinder for required cutting.

By a push button box you can execute the maneuver of the processes under the control of a microcontroller.

KEYWORDS:

- **AUTOMATED SYSTEM**
- **PEELING PROCESS**
- **CUTTING PROCESS**
- **MACHINE**
- **POTAOES**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se aborda el procesamiento de alimentos para el caso específico de la papa, solicitada por el local El Portón Real. El procesamiento tiene como operaciones las siguientes: pelado, control de calidad y corte.

Para analizar el problema es necesario mencionar que la reducción del tiempo de procesamiento de la papa y el esfuerzo físico realizado por los trabajadores; son los principales motivos para la elaboración de este proyecto. Por esta razón se propone la construcción de sistema automatizado para realizar el proceso de pelado y corte de papas.

1.1 Antecedentes

El mundo ha vivido en los últimos años un constante proceso de cambios, desarrollo y transformaciones en diferentes campos de acción, permitiendo así que se impulsara de una mejor manera actividades de gran importancia para la sociedad.

En consecuencia dichos avances tecnológicos han traído consigo el apareamiento novedoso de nuevas áreas de aplicación dentro del campo de la ingeniería como es en el área de la industria alimenticia, específicamente en la producción de comida rápida como son las papas fritas.

Para solucionar dicho problema se ha creado máquinas automáticas, semiautomáticas que realizan dichos trabajos repetitivos y dificultosos para el hombre, todo esto se ha logrado debido a que varias empresas han visto la forma de satisfacer las necesidades del cliente tomando en cuenta normas y consideraciones como la higiene y la contaminación del producto.

En nuestro país existen grandes empresas que cuentan con recursos económicos para disponer de maquinaria y procesos para realizar el pelado y corte de papa, pero en su mayoría las microempresas no poseen el capital para adquirir dichos sistemas automáticos. Es aquí donde la empresa Los Hot Dogs El Portón Real tiene la visión y capacidad para empezar una nueva etapa e ir de la mano con la evolución tecnológica que conlleva a obtener un

sistema automatizado para realizar dicho proceso, con la gran ventaja de aumentar la producción por medio de la disminución de tiempo en la preparación de los productos y eliminación de trabajos repetitivos y dificultosos para el hombre, que es muy importante para toda empresa.

Los Hot Dogs El Portón Real es un local de comida rápida que abrió sus puertas en el año 2012 por el Ingeniero Cristian Gonzales y desde entonces se ha convertido en uno de los más importantes negocios del sector, con proyección a expandirse por toda la ciudad e incluso el país.

El éxito del negocio radica principalmente en implantar experiencias que satisfagan las necesidades del cliente, fundamentándose en un producto de calidad con excelente servicio y sobre todo limpieza.

Uno de sus productos más destacados son las papas fritas; cuyo proceso de preparación consta de 3 etapas: lavado, pelado y corte. La empresa ha generado la necesidad de automatizar este proceso para incorporar un sistema completo el cual realice todas las etapas en una sola línea de producción.

1.2 Justificación e importancia

El proceso que existe en la actualidad inicia colocando 12 [Kg] de papas en una máquina peladora que mediante el movimiento rotacional por alrededor de 2 minutos, desprende la cascara del tubérculo. Posterior se procede a un control de calidad que consiste en la extracción de los residuos de cascara por parte de un trabajador. Una vez terminado este proceso se procede a la siguiente etapa.

El corte, se encuentra funcionando de forma totalmente manual por medio del esfuerzo físico de un trabajador el cual realiza las siguientes actividades: toma una papa (pelada), la coloca en el cortador y ejerce fuerza en la barra del mecanismo, el cual fragmenta la papa en el corte deseado. Este proceso es realizado cientos de veces, tomando en cuenta que se corta entre 200 y 300 [Kg] al día. Por este motivo surge la necesidad de proveer un sistema que facilite el proceso mencionado, cuyos atributos engloben los siguientes puntos:

- Aumentar la producción al reducir el tiempo de pelado y corte mediante la automatización de los procesos.
- Introducir una banda transportadora que permita la conexión entre el proceso de pelado y corte.
- El sistema de corte será automático.

La automatización a implementar será a partir de la cortadora manual existente en la empresa a la cual se le añadirá un nuevo sistema de pelado (incluye lavado) y una banda transportadora que conecta ambas etapas.

Todos los elementos de mando y potencia irán a un tablero que estará dividido en dos secciones: la una de mando y control con pulsadores de: encendido, apagado, paro de emergencia, inicio de proceso, luces piloto, controlador y otra sección de potencia con breakers, relés, fusibles, etc.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar, construir e implementar un sistema automatizado para el proceso de pelado y corte de papas para la empresa "Los Hot Dogs el Portón Real"

1.3.2 Objetivos Específicos

Para poder cubrir el objetivo general se plantea objetivos específicos:

- Diseñar los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que se utilizarán en la fabricación del sistema de pelado, transporte y corte de papas.
- Programar el código para el controlador, que permita cumplir con las necesidades del proceso.
- Dimensionar y seleccionar los componentes adecuados para realizar el proceso automatizado como sensores, actuadores, mecanismos, y elementos de maniobra y control.

1.4 Alcance

Este proyecto se basa en la construcción de un sistema automatizado el cual estará encargado de realizar el procesamiento de papas.

Para lo cual se va a cumplir características específicas como:

- Adaptación de una máquina lavadora-peladora con capacidad de carga de 22.5 [Kg].
- Uso de la menor cantidad posible de agua en el proceso de lavado y pelado.
- Diseño y construcción de un sistema de transporte entre el proceso de pelado y corte en el cual se realiza un control de calidad.
- Diseño y construcción de un sistema de corte adaptable a la cortadora manual existente en la empresa.
- Todo el sistema automatizado será comandado por un controlador el cual satisfaga todas las necesidades.

1.5 Metodología

Para el presente proyecto se utilizará el método científico-experimental, enfocándose en cómo va a trabajar el sistema mecánico y electrónico para que trabajen en conjunto como un sistema mecatrónico y de ésta manera garantizar la realización de un producto de calidad. Se tomará en consideración:

- Hipótesis.- son las ideas iniciales que nacen de una necesidad para partir con el diseño, automatización y fabricación de un sistema para realizar el proceso de corte de papas.
- Comprobación de hipótesis.- se trata del análisis de todas y cada una de las propuestas que se tienen para resolver la necesidad actual, tras lo cual se proceda a tomar una decisión de cuál es la correcta o más favorable; haciendo énfasis en las ventajas y desventajas que cada una nos brinde. Es importante en este punto además realizar pruebas del proceso.

- Diseño Final.- con toda la información ya analizada y elegida se podrá definir un diseño definitivo y la ejecución del mismo. En esta etapa se debe realizar la manufactura y ensamble del sistema.
- Análisis de resultados.- Consiste en las pruebas finales una vez implementada la máquina. Tanto pruebas de funcionamiento como pruebas de los dispositivos mecánicos y electrónicos.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 La papa

Es una planta que pertenece a la familia de las solanáceas originarias de Sudamérica y que son cultivadas por todo el mundo por sus tubérculos comestibles. (Nombre científico: Solanun Tuberosum)

Los tubérculos gracias a que son ricos en carbohidratos, son una fuente importante de energía, también poseen hierro, zinc, potasio y vitamina C que ayudan a mejorar la absorción de hierro para combatir la anemia.

Además las distintas variedades de pulpas de colores presentan altos contenidos de antioxidantes naturales que contribuyen para prevenir enfermedades cardiovasculares e incluso el cáncer.

A continuación se muestra la figura 1 donde se puede observar la planta de papa con sus partes que la conforman y la figura 2 donde se aprecia los porcentajes de vitaminas y proteínas que está compuesta la papa.

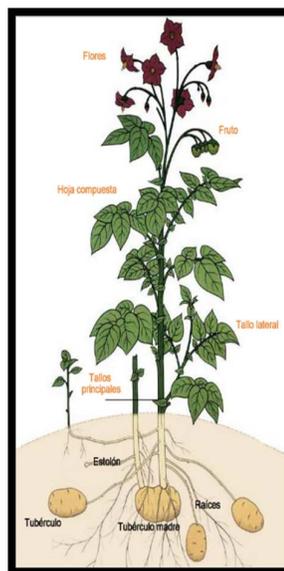


Figura 1 Planta de papas y sus partes

Fuente: (Corfo, 2010)

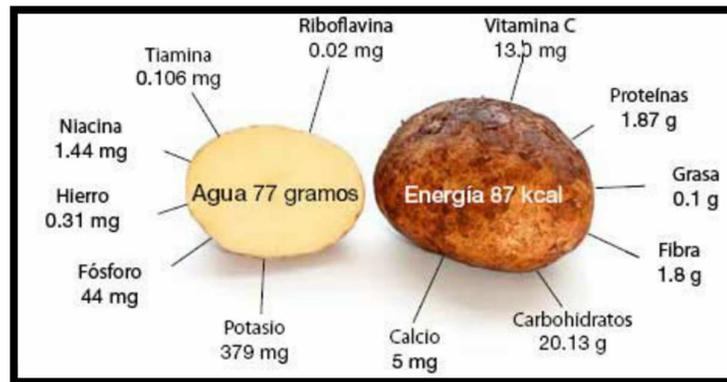


Figura 2 Vitaminas y proteínas de la papa

Fuente: (UDLA, 2013)

2.1.1 Papas nativas del Ecuador

Son una alternativa productiva, explotada ancestralmente por los pueblos Andinos. Si bien este tubérculo es apreciado por sus propiedades organolépticas agradables y agrícolas favorables, su producción se ha destinado para el autoconsumo o para mercados locales reducidos ya que principalmente los consumidores desconocen las bondades de dichos tubérculos nativos.

En nuestro país se encuentran más de 400 variedades, la gran mayoría son cultivadas sobre los 3000 metros sobre el nivel de mar, de las cuales solo alrededor de 20 de ellas son cultivadas y tienen presencia comercial en los mercados, sobre todo en las provincias de la Sierra central.

Las papas nativas ecuatorianas presentan diversidad de formas, colores y tamaños. Existen papas de formas aplanadas, redondas, comprimidas, alargadas, con ojos profundos; de colores de piel amarilla, roja, rosada o morada, que en algunos casos se combinan en diseños vistosos y originales. (INIAP, 2011)

A continuación se muestra una figura con los principales tipos de papas nativas mejoradas en Ecuador por INIAP.



Figura 3 Tipos de papas nativas del Ecuador

Fuente: (INIAP, 2011)

En conclusión la papa seleccionada y utilizada por la empresa es la SUPER CHOLA que a continuación se muestra más características de la misma.

2.1.1.1 Súper chola

Es una papa para consumo fresco (sopas y puré) y para procesamiento (papa frita en forma de hojuelas y de tipo francesa). Los tubérculos son medianos, elípticos y ovalados. De piel rosada y lisa, con ojos superficiales y pulpa amarilla pálida.

Origen de la variedad

- Esta variedad fue generada por el señor Germán Bastidas. Proviene de los cruzamientos realizados con las variedades (Curipamba negra x *Solanum demissum*) x (clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada). Liberada en 1984.

Características morfológicas

- Planta de crecimiento erecto, con numerosos tallos verdes con pigmentación púrpura, bien desarrollados y pubescentes.
- Follaje frondoso de desarrollo rápido que cubre bien el terreno.
- Hojas de color verde intenso, abiertas. Con tres pares de folíolos primarios, tres pares de folíolos secundarios y cinco pares de folíolos terciarios.
- Flores de color morado.
- Tubérculos con un período de reposo de 80 días.

Características agronómicas

- Zona recomendada: zonas norte y centro desde los 2800 a 3600 m de altitud.
- Maduración: 180 días a 3000 m de altitud.
- Rendimiento: 30 t/ha

Características de calidad

- Materia seca: 24%
- Gravedad específica: 1.098

Reacción a enfermedades

- Es susceptible a lanchar (Phytophthora infestans), medianamente resistente a roya (Puccinia pittieriana) y tolerante al nematodo del quiste de la papa (Globodera pallida). (LAC, 2010)

2.2 Diagrama de flujo del proceso en general

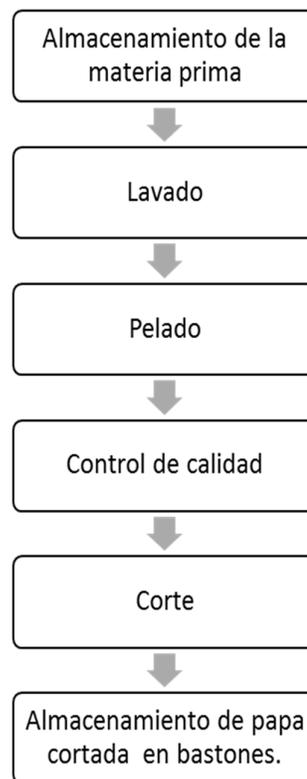


Figura 4 Diagrama de flujo del proceso en general

Descripción del proceso

a) Almacenamiento de la materia prima.

En este paso se acopia los sacos de papas que pesan aproximadamente 50 [Kg] a una temperatura ambiente apropiada para mantener el producto fresco.

b) Lavado y pelado

Las papas son lavadas dentro de la misma máquina peladora por medio de la alimentación de agua por un cierto tiempo.

Mientras que a continuación se realiza el proceso de pelado por medio de un principio de centrifugado y fricción sobre una superficie rugosa.

c) Control de calidad

Después de que las papas son peladas, necesitan pasar bajo un control de calidad que consiste en que un operador manualmente retire los residuos de cascara, manchas negras o material sobrante comúnmente llamados “ojos” de las papas.

d) Corte

Las papas peladas son cortadas en bastones o a la francesa por medio de un mecanismo que por medio de una fuerza presiona una papa a la vez sobre un área con cuquillas que posee la forma deseada.

e) Almacenamiento de las papas en bastones

Una vez que las papas son cortadas en bastones, automáticamente caen en un recipiente con agua donde son almacenadas para su post proceso requerido.

2.3 Máquinas peladoras de papas

Existen en el mercado distintos tipos de máquinas peladoras de papas que se diferencian en materiales, métodos de pelado, tiempo de trabajo, costos,

entre otros puntos pero que al final realizan el mismo función quitar la corteza de la papa.

Tipos de máquinas peladoras de papas

2.3.1 Peladora mecánica por abrasión

Este tipo de máquinas utiliza un abrasivo resistente y duradero que es colocado en las paredes y en un disco en el fondo de la máquina, este último al girar provoca el desgaste de la superficie de la papa producto del rozamiento existente entre el tubérculo y las paredes con dicho abrasivo.

La máquina es utilizada para pelar tanto papas como también zanahorias. El tiempo de pelado está estimado entre 1-3 minutos. Cuenta con un chorro de agua para limpiar los residuos generados por el pelado.

Los materiales utilizados para su construcción son acero inoxidable y aluminio.

Tabla 1

Especificaciones técnicas peladora por abrasión

Especificaciones:	
Potencia:	0,75kW
Alimentación	230V/50Hz
Carga Max.	10 Kg
Producción por hora	120 Kg/h
Peso Neto	37 Kg



Figura 5 Peladora de papas por abrasión

Fuente: (Fimar S.p.a, 2014)

2.3.2 Peladora método cepillos de nylon

Esta máquina es utilizada para pelado de alimentos como zanahoria, papas o yuca. Fabricada en acero inoxidable de alta calidad, anti corrosivo. Cuenta entre 10 - 12 cepillos de nylon que son los encargados de limpiar y pelar las verduras, tubérculos y frutas.

Las papas se colocan en la máquina y los cepillos giraran continuamente, al mismo tiempo se expulsa agua para lavar la suciedad y restos generados por el pelado, este desperdicio saldrá por un drenaje colocado en la máquina. Al final se abre la puerta de descarga para que las papas salgan limpias y peladas.

Tabla 2

Especificaciones técnicas peladora con cepillos de nylon

Especificaciones:	
Potencia:	1.1-5.5kW
Alimentación	220-380V/50Hz



Figura 6 Peladora de papas con cepillos de nylon

Fuente: (Machinery Zhengzhou Whirlston, 2011)

2.3.3 Peladora de cuchillas en continuo

Las peladoras de cuchillas Sormac MS son aptas para el pelado en continuo de tubérculos prelavados o pre-pelados tales como papas, remolachas, apio, nabos, etc. El producto a pelar es transportado mediante un tornillo sinfín a través del tambor horizontal giratorio. El interior del tambor está provisto de un gran número de cuchillas. Mediante el cambio de revoluciones del tambor y la velocidad del tornillo sinfín se puede regular el tiempo de permanencia del producto en la máquina y la cantidad de desechos de pelado. Gracias al diseño especial del tambor y la posición de las cuchillas se evita de forma eficaz el pelado aplanado del producto. Los desechos son separados inmediatamente del producto y expulsados por el tambor giratorio. La incorporación de un embudo de desechos en la parte inferior de la máquina permite recoger los desechos en una caja o transportador de desechos. El tambor incorpora varias placas que replican el efecto del pre pelado. (SORMAC B.V., 2015)

Tabla 3

Especificaciones técnicas peladora con cuchillas

Tensión:	230/400 V, 50/60 Hz	230/400 V, 50/60 Hz
Potencia total instalada:	2,38 kW	2,57 kW
Peso:	± 750 kg	± 1.000 kg
Dimensiones (largo x ancho x alto):	2.200 x 1.200 x 2.400 mm	3.200 x 1.200 x 2.400 mm



Figura 7 Peladora de papas con cuchillas

Fuente: (SORMAC B.V., 2015)

2.4 Bandas transportadoras

Hoy en día el procesamiento de productos ya sean industriales, agroindustriales, agrícolas y mineros están sujetos a movimientos que pueden ser horizontales, verticales y para ciertas aplicaciones inclinados. Para lograr con este objetivo, es necesario la utilización de equipos conocidos como bandas o cintas transportadoras.

Banda transportadora es una estructura de goma o tejido en forma de correa cerrada en anillo, con una unión vulcanizada o con empalme metálico, utilizada para el transporte de materiales. (Vicente Díaz López, 2014)

Tipos de bandas según su material

2.4.1 Bandas de caucho y lona

Estas bandas son las más utilizadas. Están compuestas por varias capas de tejidos engomados, son recubiertas por capas de goma y su grueso y calidad dependen del trabajo que realicen así como el material que van a transportar.

Posee buena resistencia a la rotura, impacto, corte, temperatura, alta flexibilidad, resistente a la humedad.

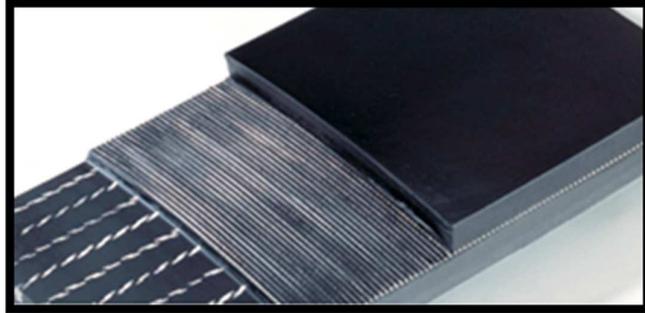


Figura 8 Banda de caucho

Fuente: (PROVECUADOR, 2014)

2.4.2 Bandas sintéticas

Esta banda es la más adaptable, flexible, rastreada, y resistente al desgaste por su revestimiento y precisión. Su base es de fibra de vidrio tejida, revestida en una o ambas caras con caucho de silicona, dando como resultado una banda con estabilidad dimensional, resistencia, durabilidad excelente tracción y alargamiento bajo. La superficie de las bandas sintéticas puede ser de color tintado o blanco gracias a las propiedades de la silicona. Es compatible con la FDA para su uso en procesamiento de alimentos, embalaje y manipulación. Utilizado en los túneles de encogimiento, transportadores ligeramente inclinados u otras aplicaciones donde se desean una superficie de agarre fuerte y las características excelentes de liberación. (PROVECUADOR, 2014)



Figura 9 Bandas Sintéticas

Fuente: (PROVECUADOR, 2014)

2.4.3 Bandas modulares

Están fabricadas de diversos materiales tales como: polipropileno, polietileno y acetal teniendo como aplicación la industria alimenticia e industrial. Entre sus características principales esta una excelente resistencia mecánica, y su rango de trabajo en temperaturas que van desde los -40°C hasta los 104°C .

Posee una gran resistencia a detergentes, ácidos, bases concentradas, sales haciendo de esta banda fundamental en ambientes corrosivos.

Bandas modulares de polietileno se caracterizan por su excelente tenacidad al impacto, flexibilidad y resistencia a la fatiga con una mínima adherencia y absorción debido a su bajo coeficiente de fricción.

Bandas modulares de acetales tienen entre sus características:

- Buena resistencia a ser rayados.
- Alta carga de rotura.
- Capacidad de transportar cargas pesadas.

- Trabajo con objetos punzantes sobre la banda.
- Utilizado en acumuladores de todo tipo de envases.



Figura 10 Bandas Modulares

Fuente: (PROVECUADOR, 2014)

2.4.4 Bandas de fibra de vidrio

Están hechas a base de sustratos de fibra de vidrio tejido al cual se lo reviste de politetrafluoroetileno (PTFE) o teflón que lo protege del rayado, ideal para aplicaciones alimenticias.

Características:

- Resistencia a la tracción y desgaste.
- Impermeabilidad.

- Mantiene sus cualidades en ambientes húmedos.
- Soporta temperaturas desde 73°C hasta 270°C.

Aplicaciones:

- En procesos de alta temperatura.
- Procesos de cocción de alimentos.
- Resistente a productos químicos.



Figura 11 Bandas de fibra de vidrio

Fuente: (PROVECUADOR, 2014)

2.5 Cortadoras de papas

2.5.1 Cortadora manual

Este tipo de cortadoras están conformadas por una grilla, una prensa y una palanca a esta última se aplica una fuerza la cuál desplaza la prensa (sobre unas guías) hacia la grilla lo que permite que la papa sea cortada por la grilla al ser presionada por la prensa.

Características.

- Producción entre 100 y 150 Kg/h.
- Aleación de acero inoxidable (ligero y resistente).
- Permite corte de papas con espesores de 8, 10 y 12 [mm].

- Fácil limpieza



Figura 12 Cortadoras de papas manual

Fuente: (SAMMIC, s.f.)

2.5.2 Cortadora neumática

Esta cortadora utiliza un sistema muy similar a la cortadora manual, ya que contiene una prensa, una grilla pero no cuenta con una palanca para mover la prensa sino que se le ha colocado un cilindro neumático el cual es el encargado de dicha función.

Características:

- 720 papas por hora.
- Espesor de papas 12 [mm].
- Materiales de construcción en aluminio y en acero inoxidable.



Figura 13 Cortadoras de papas neumática

Fuente: (Basequipment, 2014)

2.5.3 Cortadora de tambor

Esta cortadora está compuesta por una tolva en la cual se colocan las papas que luego caerán en un tambor giratorio que cuentan con unas palas que con el movimiento y la fuerza centrífuga arrastran a la papa sobre una cuchilla de corte que dará el corte deseado.

Características:

- Hasta 2000 [Kg/h].
- Tamaño máximo papas 105 [mm].
- Hecho en acero inoxidable.



Figura 14 Cortadora de papas de tambor

Fuente: (Basequipment, 2014)

2.6 Línea continua para elaboración de papas fritas Incalfer

INCALFER es una empresa que desde el año 1970 se dedica al desarrollo, fabricación y comercialización de máquinas industriales para procesar y dar valor agregado a los alimentos naturales, operando en toda América y muchos países de varios continentes.

Provee líneas continuas para la elaboración de una amplia gama de productos de snacks, procesamiento de vegetales, líneas de empanado y chocolatería.

Los equipos diseñados y fabricados por INCALFER, están orientados a pequeñas, medianas y grandes escalas de producción, son fuertes, sencillos y precisos, de una gran versatilidad y no requieren personal especializado para su operación y mantenimiento. (INCAFLER, 2016)



Figura 15 Línea continua de papas fritas

Fuente: (INCAFLER, 2016)

Descripción del proceso.

Las líneas continuas de papas fritas fueron especialmente proyectadas para minimizar el contacto manual de los operadores y para una producción industrial de alta calidad en un rango entre 70 y 500 kg/hora de papa frita terminada.

- La materia prima (papa) es descargada en la tolva del cargador helicoidal que alimenta con un régimen uniforme y continuo la peladora.
- La peladora abrasiva opera en ciclos repetitivos y de régimen continuo con compuertas accionadas automáticamente en forma neumática.
- La papa ya pelada, es descargada en otro elevador helicoidal que alimenta la mesa de inspección. En esta, algunas son repasadas manualmente o descartadas continuando el resto su avance hacia la cortadora de rebanadas o bastones modelo MCJ.
- Esta cortadora centrífuga, hace el corte liso, ondulado o en bastoncitos. Las papas cortadas caen directamente al agua de la lavadora modelo AL, que reduce el contenido de almidón, mejorando la calidad de la papa frita.
- El agua superficial adherida a la papa lavada, es barrida en un escurridor continuo mediante un fuerte soplado de aire, con el fin preservar el aceite de fritura y optimizar la producción.
- A continuación, el producto entra en el freidor continuo que con tiempo de residencia y temperatura del aceite regulable y mantenido automáticamente, permite alcanzar los más altos niveles de calidad.
- El producto caliente recién freído es descargado del freidor sobre la cinta transportadora (o vibratoria) del enfriador continuo, que la enfría hasta la temperatura ambiente. A su vez, desde este equipo es alimentado el salador continuo o el saborizador a tambor rotativo, según la preferencia del cliente. Para alimentar la envasadora normalmente a varios metros de altura es muy apropiado el elevador vibratorio helicoidal que además enfría el producto antes del envasado.

- Todo el proceso aquí descrito, es controlado desde un tablero de control central, que permite al operador ajustar los parámetros deseados dentro de los que automáticamente se mantendrá cada equipo.
- Esta línea puede sufrir algunas alteraciones dependiendo del espacio físico y también de las características del producto entrante.
- Todos los equipos construidos en acero inoxidable. (INCAFLER, 2016)



Figura 16 Estación saborizado (izq.) banda transportadora (dcha.)

Fuente: (INCAFLER, 2016)

CAPÍTULO III

DISEÑO

3.1 Requerimientos del cliente

Tabla 4

Requerimientos del cliente

N°	REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	NECESIDAD INTERPRETADA
1	Estructura robusta	Materiales resistentes, inoxidable y adecuados para la industria alimenticia
2	Alimentacion mediante suministro electrico	Alimentacion Electrica 110V - 60Hz
3	Facil manejo	Controles simples de operar
4	Facilidad de limpieza	Materiales modulares, desarmables
5	Facilidad de mantenimiento	Materiales accesibles en el mercado
6	Tamaño acorde al espacio disponible en la empresa	Dimensiones totales aproximadas: alto: 1500 mm largo: 3500mm ancho: 1000mm
7	Estacion de control de calidad	Banda transportadora donde se realiza control (control visual operador)
8	Minima intervencion humana	Control de proceso mediante de un controlador electrónico
9	Aumento de produccion	Capacidad mínima de corte de 20 papas por minuto
10	Bajo costo	Optimización de materia prima y elementos al realizar el diseño del proyecto
11	Garantía	Uso de materiales adecuados y de larga durabilidad

3.2 Diseño conceptual

En este capítulo se indican los módulos con lo que estará conformado el sistema a implementarse, dividiendo el problema en sub-problemas.

Descomposición.

Dividir un problema en partes más sencillas se denomina descomposición, inicialmente para descomponer un problema funcional se lo representa como una caja negra que opera en flujos de material, energía y señales. Esta caja negra representa la función general de producto.

A continuación se muestra un diagrama del proceso de lavado, pelado y corte de papas, pero sin antes indicar la simbología que cada una de las flechas representan:

- **Línea continua fina:** que representan la transferencia de energía y señales.
- **Línea continua gruesa:** que representan el movimiento de material dentro del sistema.
- **Línea entrecortada:** que representan señales de flujos de control y retroalimentación dentro del sistema.

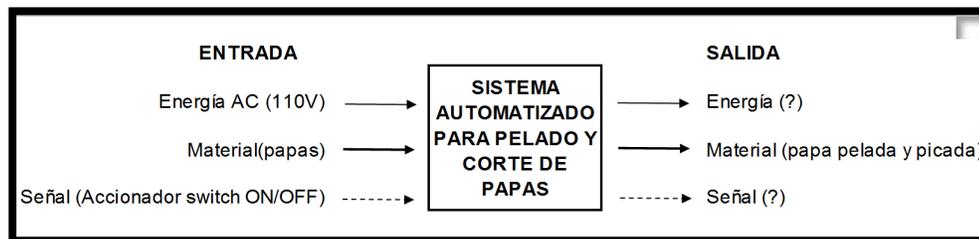


Figura 17 Diagrama General del Proceso

3.3 Diagrama funcional

Para realizar un diagrama funcional del proceso de lavado, pelado y corte de papas, es necesario saber, entender y tener conocimiento de cómo se realiza el proceso. Dicho diagrama funcional contiene sub-funciones conectadas de igual manera por energía, material y flujos de señal.

En esta etapa la meta es describir los elementos funcionales del producto sin implicar un principio específico de trabajo tecnológico para el concepto del producto.

A continuación se muestra el diagrama funcional del proceso:

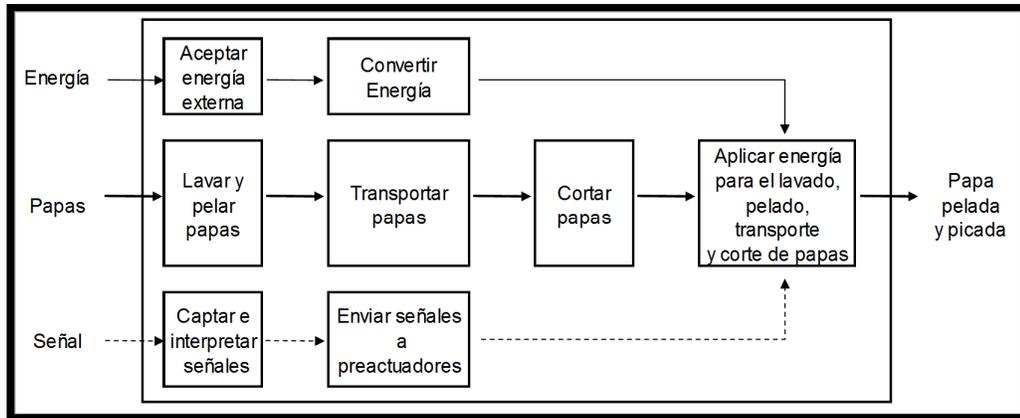


Figura 18 Diagrama refinamiento que muestra subfunciones

3.4 Modularidad del sistema:

Se ha dividido el proceso en subsistemas que permitan distribuir las diversas acciones en partes para tener un mejor orden y distribución al momento de realizar la selección de conceptos.

Tabla 5

Módulos para el diseño

Módulos	Requerimientos
Módulo I	Etapa de pelado y lavado de papas
Módulo II	Etapa de transporte y control de calidad de papas
Módulo III	Etapa de corte de papas
Módulo IV	Etapa de potencia y control del sistema

3.5 Diseño de materialización.

Aquí se identifican parámetros críticos y limitadores del proceso, a continuación tomando en cuenta estos se evalúan y seleccionan alternativas de diseño para los equipos y componentes que conforman el proceso.

3.5.1 Requerimientos limitadores.

Los requerimientos limitadores son propios del proyecto ya sean por limitaciones físicas, funcionales o económicas y se detallan a continuación:

Tabla 6
Requerimientos limitadores

Requerimientos Limitadores	
1	Costo de Inversión.
2	Disponibilidad en el mercado nacional.
3	Fácil operación de los controles para el funcionamiento del sistema.
4	Robustez de los sensores a ruidos eléctricos, humedad, temperatura.
5	Espacio para la instalación de los equipos.
6	Ciclo de trabajo de elementos actuadores.

3.5.2 Alternativas de diseño y materialización preliminar.

3.5.2.1 Módulo I.

Se hace referencia a elementos que se utilizan en la automatización de la maquina peladora existente para realizar el proceso de lavado y pelado.

Desplazamiento de la puerta de la máquina peladora existente.

3.5.2.1.1 Actuador lineal eléctrico

Es un elemento electro mecánico capaz de transformar energía eléctrica en energía cinética lineal, requieren de solo energía eléctrica como fuente de poder. (LINAK, 2010)



Figura 19 Actuador lineal eléctrico

Fuente: (LINAK, 2010)

Ventajas

- Como utilizan cables eléctricos para transmitir señales y electricidad, son altamente versátiles.
- No tienes restricciones respecto a la distancia con la fuente de poder y el actuador.
- Fácil de controlar.
- Costes según la potencia necesaria.
- Variedad de tamaños.
- Fácil montaje.
- Trabaja empujando o halando cargas de forma horizontal, vertical o inclinada.

Desventajas

- Bajo ciclo de trabajo.
- Dificil adquisición.
- Velocidades muy bajas de trabajo.

3.5.2.1.2 Cilindro neumático

Son dispositivos mecánicos que producen fuerza y conjuntamente movimiento, se accionan por medio de un gas comprimido, típicamente aire.

Convierten energía potencial del gas comprimido en energía cinética para realizar un trabajo. (NAUMATICOS, 2013)



Figura 20 Cilindro neumático

Fuente: (NAUMATICOS, 2013)

Ventajas

- Se puede controlar la cantidad de extensión y/o de la barra del pistón.
- Grandes ciclos de trabajo.
- Variedad de tamaños y fácil adquisición.
- Gran variedad de aplicaciones.

Desventajas

- Se necesita de un compresor como fuente del gas comprimido, además de válvulas para direccionar el mismo.
- Difícil montaje por uso de mangueras y uniones que transportan el gas comprimido.

3.5.2.1.3 Cilindro hidráulico

Son actuadores mecánicos que se los usa para dar una fuerza o trabajo a través de un recorrido lineal.

También llamados cilindros hidráulicos obtienen la energía de un fluido hidráulico presurizado, típicamente aceite. (Dreamstime, 2010)



Figura 21 Cilindro hidráulico

Fuente: (Dreamstime, 2010)

Ventajas

- Pueden realizar fuerzas de tracción y/o compresión.
- Sus aplicaciones generalmente son para cargas y trabajos de gran magnitud.
- Gran versatilidad y capacidad de generar fuerza sobre partes mecánicas.

Desventajas

- Difícil montaje por uso de mangueras y uniones que transportan el fluido.
- Alto costo.
- Se necesita de una bomba como fuente del fluido presurizado.
- Si existen una mala conexión o deterioro de las mangueras se producirá una fuga de fluido, pudiendo ocasionar una contaminación al ambiente o riegos con el operario u otros elementos que estén cerca.

3.5.2.2 Módulo II

Se hace referencia a elementos que se utilizan en el sistema de transporte y control de calidad de papas.

Superficie para el transporte de papas:

3.5.2.2.1 Banda transportadora sintética PVC

Es un sistema de transporte continuo de objetos que se mueve entre dos tambores, por lo general la lona es arrastrada por la fricción que se ejerce entre sus tambores y la misma. Su material principal son multifilamentos de poliéster. (Vulcanizados, 2014)

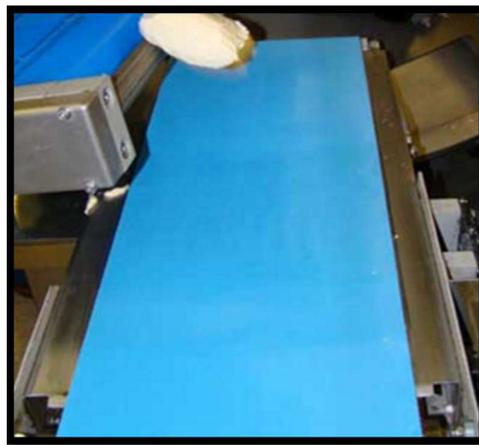


Figura 22 Banda de PVC

Fuente: (Vulcanizados, 2014)

Ventajas

- Alta resistencia mecánica longitudinal.
- Bandas atóxicas para transporte de alimentos.
- Costo medio.
- Bandas con relieve para transporte de productos en condiciones y ambientes especiales.
- Muy ligeras y resistentes.
- Soportan temperaturas desde -15° hasta 80° centígrados.
- Permiten la colocación de perfiles y guías.
- Facilidad de limpieza.
- No necesitan ser guiadas.

Desventajas

- Necesita realizar uniones vulcanizadas o por medio de uniones mecánicas.
- En caso de rotura parcial hay que realizar un tratamiento a la lona o el remplazo total de la misma.
- Necesitan un sistema para templar la lona.

3.5.2.2.2 Banda transportadora sintética PU

Es un sistema de transporte continuo de objetos que se mueve entre dos tambores, por lo general la lona es arrastrada por la fricción que se ejerce entre sus tambores y la misma. Su material principal son multifilamentos de poliuretano, una característica de este tipo de lona es que posee filamentos antiestáticos. (Manflex, 2013)

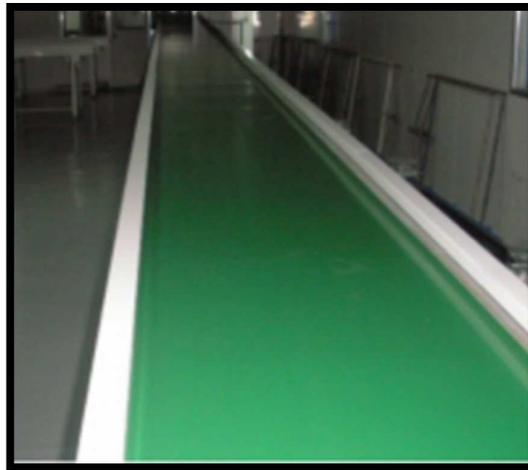


Figura 23 Banda sintética de PU

Fuente: (Manflex, 2013)

Ventajas

- Alta resistencia mecánica longitudinal.
- Bandas atóxicas para transporte de alimentos.

- No poseen poros.
- Muy buena resistencia al corte, abrasión y desgarrones.
- Excelente comportamiento en ambiente frío.
- Muy ligeras y resistentes.
- Soportan temperaturas desde -20° hasta 80° centígrados.
- Evitan contaminación de los tejidos por líquidos como agua, sangre, grasas, detergentes, etc.
- Posee filamentos antiestáticos.
- Facilidad de limpieza.
- No necesitan ser guiadas.

Desventajas

- Difícil adquisición en el mercado nacional.
- Necesita realizar uniones vulcanizadas o por medio de uniones mecánicas.
- En caso de rotura parcial hay que realizar un tratamiento a la lona o el remplazo total de la misma.
- Necesitan un sistema para templar la lona.

3.5.2.2.3 Banda transportadora modular

Es un sistema de transporte continuo de objetos que se mueve entre dos tambores conectados por engranes, por lo general la superficie es conformada por la unión de varias piezas llamadas eslabones, como su nombre lo dice en forma modular. Su material principal son multifilamentos de poliuretano, una característica de este tipo de lona es que posee filamentos antiestáticos. (Eurobelt, 2010)



Figura 24 Banda modular

Fuente: (Eurobelt, 2010)

Ventajas

- Alta resistencia mecánica longitudinal.
- Bandas atóxicas para transporte de alimentos.
- Excelente comportamiento en ambiente frío.
- Facilidad de limpieza.
- La tracción se realiza por la parte central de los módulos, por lo que puede ser utilizada como una banda bidireccional.
- Su extraordinaria flexibilidad conjugada con una gran resistencia, permite llegar a longitudes importantes de transportador.
- No necesita realizar uniones vulcanizadas.

Desventajas

- Difícil adquisición en el mercado nacional.
- En caso de rotura parcial hay que realizar un tratamiento a la lona o el replazo total de la misma.
- Necesitan ser guiadas.
- Necesitan un sistema para templar la lona.
- Alto costo.

3.5.2.3 Módulo III

Se hace referencia a elementos que se utilizan en el sistema de corte de papas y la posición de las mismas.

Método de corte de papas:

3.5.2.3.1 Actuador lineal eléctrico

Es un elemento electro mecánico capaz de transformar energía eléctrica en energía cinética lineal, requieren de solo energía eléctrica como fuente de poder. (Industrial, 2009)



Figura 25 Actuador lineal eléctrico

Fuente: (Industrial, 2009)

Ventajas

- Como utilizan cables eléctricos para transmitir señales y electricidad, son altamente versátiles.
- No tienes restricciones respecto a la distancia con la fuente de poder y el actuador.
- Fácil de controlar.
- Costes según la potencia necesaria.
- Variedad de tamaños.
- Fácil montaje.
- Trabaja empujando o halando cargas de forma horizontal, vertical o inclinada.

Desventajas

- Bajo ciclo de trabajo.
- Difícil adquisición.
- Velocidades bajas de trabajo.

3.5.2.3.2 Cilindro neumático

Son dispositivos mecánicos que producen fuerza y conjuntamente movimiento, se accionan por medio de un gas comprimido, típicamente aire.

Convierten energía potencial del gas comprimido en energía cinética para realizar un trabajo. (Festo, 2010)



Figura 26 Cilindro Neumático

Fuente: (Festo, 2010)

Ventajas

- Se puede controlar la cantidad de extensión y/o de la barra del pistón.
- Grandes ciclos de trabajo.
- Variedad de tamaños y fácil adquisición.
- Gran variedad de aplicaciones.

Desventajas

- Se necesita de un compresor como fuente del gas comprimido, además de válvulas para direccionar el mismo.
- Difícil montaje por uso de mangueras y uniones que transportan el gas comprimido.

3.5.2.3.3 Cilindro hidráulico

Son actuadores mecánicos que se los usa para dar una fuerza o trabajo a través de un recorrido lineal.

También llamando cilindros hidráulicos obtienen la energía de un fluido hidráulico presurizado, típicamente aceite.



Figura 27 Cilindro hidráulico

Fuente: (Solutions, 2016)

Ventajas

- Pueden realizar fuerzas de tracción y/o compresión.
- Sus aplicaciones generalmente son para cargas y trabajos de gran magnitud.
- Gran versatilidad y capacidad de generar fuerza sobre partes mecánicas.

Desventajas

- Difícil montaje por uso de mangueras y uniones que transportan el fluido.
- Alto costo.
- Se necesita de una bomba como fuente del fluido presurizado.
- Si existen una mala conexión o deterioro de las mangueras que producen una fuga de fluido, puede ocasionar una contaminación al ambiente o riegos con el operario u otros elementos que estén cerca.

3.5.2.3.4 Mecanismo biela manivela

Este mecanismo transforma un movimiento circular en rotacional o viceversa. En forma esquemática este mecanismo cuenta con dos barras la manivela que está unida a un punto fijo, el centro de giro, y el otro extremo se encuentra unida a la biela. El extremo que resta de la biela está unido a un pistón que por medio de guías se mueve en línea recta. (Mecanismos, 2015)

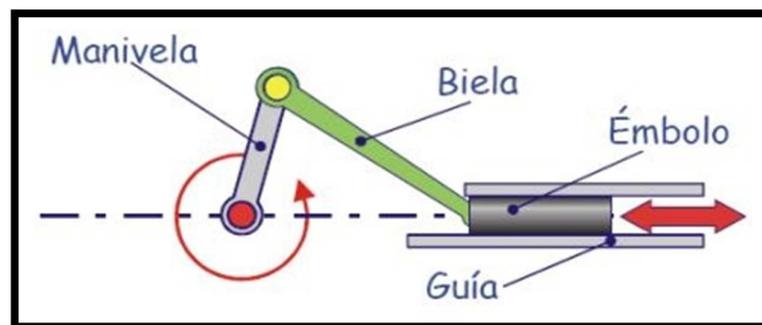


Figura 28 Mecanismo biela manivela

Fuente: (Mecanismos, 2015)

Ventajas

- Costo muy bajo.
- Fácil fabricación e instalación.
- No necesita programación.
- Se transmite la potencia del actuador.
- Alta eficiencia.
- Prolongada vida útil.
- Alto ciclo de trabajo.
- Posee dos puntos denominados muertos donde la fuerza es máxima.

Desventajas

- Existe vibraciones causadas por el movimiento del mecanismo.
- Hay que continuamente lubricar las uniones de los eslabones.

- Se necesita realizar un diseño previo de la forma de los eslabones y juntas que conforman el mecanismo.

3.5.2.3.5 Mecanismo con leva

Es un sistema que permite obtener movimiento lineal alternativo, u oscilante a partir de uno giratorio, este es un mecanismo no reversible.

Básicamente el mecanismo está conformado por una leva y un seguidor que puede ser un embolo o una palanca.

Para diseñar el perfil de una leva hay que saber la forma que va a tener el movimiento del punto que se necesite como aplicación. (Máquinas, 2014)

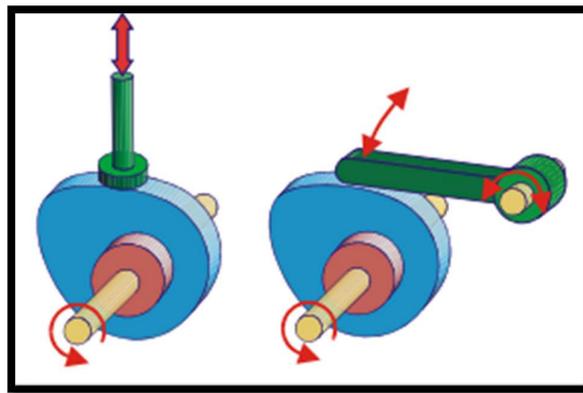


Figura 29 Mecanismo de leva

Fuente: (Máquinas, 2014)

Ventajas

- La síntesis de las levas es mucho más sencilla en comparación a cualquier otro mecanismo.
- Con este mecanismo se puede obtener infinitos puntos de precisión.
- Son mucho más fáciles de equilibrar en comparación a otros mecanismos por lo tanto pueden funcionar a mayores velocidades.
- Son general más baratas, fáciles de ajustar y requiere poco mantenimiento.
- Son mecanismos compactos.

Desventajas

- Difícil manera de manufactura de la leva.
- No hay como cambiar la forma del movimiento.
- Limitación en su desplazamiento.
- Movimiento de salida sin detenimiento.

3.5.2.3.6 Tornillo de potencia

Son elementos mecánicos que tienen filetes enrollados en forma de hélice sobre una superficie cilíndrica y son los más utilizados en el diseño de máquinas por su gran efectividad de transmitir potencia.

Generalmente se hace girar al tornillo y un acople se desplaza sobre el para obtener un desplazamiento lineal. (Tecninc, 2015)



Figura 30 Tornillo de potencia

Fuente: (Tecninc, 2015)

Ventajas

- Gran exactitud y respetabilidad con los movimientos.
- Trabajan con altas potencia y altos torques.
- Alto ciclo de trabajo.
- Fácil montaje.
- Tiene un rango de trabajo muy amplio en desplazamiento.

- Larga vida útil.
- No necesita de mantenimiento.

Desventajas

- Alto costo.
- Difícil manera de fabricación de tornillo.
- Necesita de espacio moderado para su instalación.

3.5.2.4 Sensor, posicionamiento de la papa

3.5.2.4.1 Sensor ultrasónico

Los sensores ultrasónicos se pueden utilizar para realizar incluso las tareas más complejas relacionadas con la detección de objetos o mediciones de nivel con una precisión milimétrica, ya que su método de medición es fiable en casi todo tipo de condiciones. (Fuchs, 2013)



Figura 31 Sensor ultrasónico

Fuente: (Fuchs, 2013)

Ventajas

- Son altamente versátiles.
- Variedad de tamaños.
- Fácil montaje.
- Altamente fiables.
- Insensible a la suciedad.

- La propagación del sonido funciona, con unas pocas excepciones, en prácticamente cualquier entorno.

Desventajas

- Difícil adquisición.
- Muy susceptible al ruido en ambientes de trabajo industriales.
- El tamaño de las irregularidades sobre la superficie reflectora debe ser comparable a la longitud de onda de la onda de ultrasonido incidente.
- Los factores ambientales tienen una gran repercusión sobre las medidas. Las ondas de ultrasonido se mueven por un medio material que es el aire

3.5.2.4.2 Sensor infrarrojo

Es un dispositivo opto electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos emiten una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible. (Wikipedia, 2008)

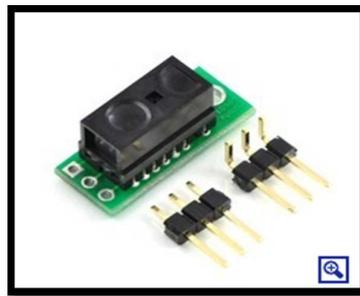


Figura 32 Sensor infrarrojo

Fuente: (Pololu, 2012)

Ventajas

- Son altamente versátiles.
- Variedad de superficie y tipo de elementos irregulares.
- Tiempo de respuesta rápido.
- Tamaño pequeño.

- Bajo consumo de corriente.
- Variedad de colores de lectura de objetos.
- Salida digital de voltaje.
- Muy liviano.

Desventajas

- Susceptible al ruido en ambientes de trabajo.
- Corto alcance.
- Sensible a la luz y el clima.

3.5.2.4.3 Sensor capacitivo

La función del detector capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variación del estímulo de un campo eléctrico. Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector.

Este detector se utiliza comúnmente para detectar material no metálico: papel, plástico, madera, etc. ya que funciona como un condensador. (Automatizando, 2011)



Figura 33 Sensor Capacitivo

Fuente: (Automatizando, 2011)

Ventajas

- Son altamente versátiles.
- Variedad de superficie y tipo de elementos irregulares.
- La distancia de actuación en determinados materiales, pueden por ello, regularse mediante el potenciómetro.
- Insensible a la suciedad.
- El cambio de la capacitancia es significativo durante una larga distancia.

Desventajas

- Difícil adquisición.
- Debido a la influencia del objeto a detectar, y del cambio de capacitancia, la amplificación se incrementa haciendo entrar en oscilación el oscilador.
- Costos elevados en el mercado.
- Si se aproxima un objeto no conductor, (>1) solamente se produce un cambio pequeño en la constante dieléctrica, y el incremento en su capacitancia es muy pequeño comparado con los materiales conductores.
- Cuando un objeto conductor se acerca a la cara activa del detector, el objeto actúa como un condensador.

3.5.2.5 Módulo IV

Se hace referencia a elementos que se utilizan en el sistema de mando y control del proceso.

3.5.2.5.1 PLC

Como sus siglas pueden referirse a controlador lógico programable, es una computadora utilizada en ingeniería para automatizar procesos electromecánicos.

Es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales, en algunos casos han sustituido a la lógica de contactores que se ocupaba anteriormente.

El PLC está diseñado para tener y maneja varias entradas y salidas analógicas y/o digitales. Por medio de un lenguaje de programación se puede controlar y programar distintos procesos. (DELTA, 2010)



Figura 34 Controlador Lógico Programable Delta

Fuente: (DELTA, 2010)

Ventajas

- Flexible en los procesos es decir se puede realizar cambios solo en la programación y no en la parte física.
- Reduce el tiempo en la elaboración de proyectos.
- Se puede controlar varias máquinas de un proceso con un solo PLC.
- Costo moderado dependiendo de su capacidad que se necesite.
- Tiene la capacidad de expandir o aumentar sus módulos de entradas y salidas.
- Fácil adquisición en el mercado nacional.
- Muy robusto para entornos industriales.
- Variedad en costos, fabricantes y precios.
- Alta velocidad de respuesta.

Desventajas

- Se necesita de una persona capacitada en programación de PLC.
- Se necesita un software para programar el PLC.
- Poco mantenimiento.

3.5.2.5.2 Arduino

Arduino es una plataforma de hardware libre, que está conformada por un microcontrolador y un entorno de desarrollo, está diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

La placa posee un microcontrolador Atmel AVR con puertos de entrada y salida. Posee varias versiones para distinto tipo de aplicaciones desde sencillas como arduino nano o hasta más complejas como arduino mega. (Arduino, 2008)

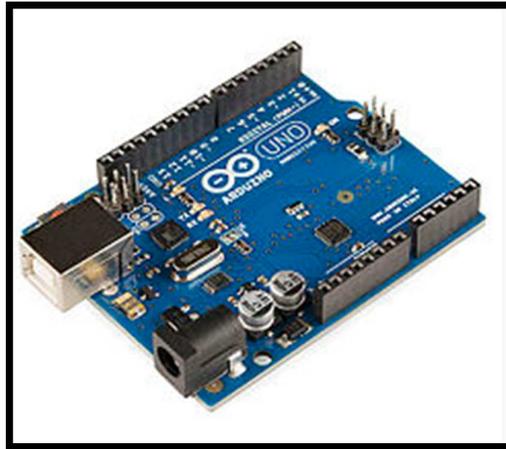


Figura 35 Arduino Mega

Fuente: (Arduino, 2008)

Ventajas

- Fácil programación en software libre.
- Bajo costo.
- Posee gran número de entradas y salidas para sus aplicaciones.
- El software de programación es compatible con los sistemas operativos de Windows, Linux y Macintosh OSX.
- Dimensiones muy compactas.

- En su propia página posee documentación y tutoriales para aprender a programar y usar el microcontrolador.
- Se lo puede utilizar en infinidad de aplicaciones.

Desventajas

- No es muy robusto como para ambientes industriales.
- Procesamiento de datos medianamente bajo.
- Tiempo de respuesta medianamente bajo.

3.5.2.5.3 Raspberry

Es un ordenador de placa reducida de bajo costo que tiene como objetivo estimular la enseñanza de ciencias de la computación en centros de aprendizaje.

Contiene un chip Broadcom BC2835 que posee un procesador central AMR, también posee un procesador gráfico y una memoria RAM. Usa una tarjeta SD para el almacenamiento permanente, no incluye una fuente de alimentación ni carcasa. (Raspberry, 2012)



Figura 36 Raspberry

Fuente: (Raspberry, 2012)

Ventajas

- Posee un procesador con velocidad moderada.
- Memoria de almacenamiento expansible.

- Es compatible con varios sistemas operativos como Windows, Linux.
- Ordenador sencillo pero posee un procesador gráfico.
- Dimensiones compactas.
- Fácil adquisición en el mercado nacional.

Desventajas

- No posee una unidad de memoria de estado sólido.
- Capacidad de memoria RAM baja.
- Costo moderado de adquisición.

3.5.2.5.4 Beagle Bone

Es una placa computadora de hardware libre de bajo consumo producida por Texas Instruments. El BeagleBoard también fue diseñado con el desarrollo de software de código abierto en mente y como una forma de demostrar las capacidades del OMAP3530 system-on-a-chip de Texas Instruments. La placa fue como una placa educativa que podría ser usada en colegios alrededor del mundo para enseñar las capacidades del software y hardware libre. (BeagleBord, 2014)

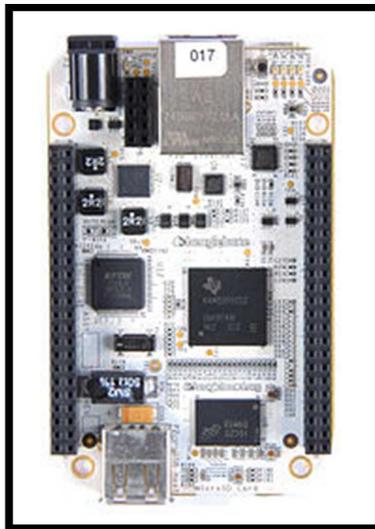


Figura 37 Beagle Bone

Fuente: (BeagleBord, 2014)

Ventajas

- Bajo costo.
- Es un sistema flexible orientado a programadores.
- Para realizar proyectos avanzados que interactúan con el mundo real.
- Más pines GPIO que el Raspberry.

Desventajas

- Difícil obtención en el mercado.
- Menos puertos USB que Raspberry.

3.5.3 Evaluación y selección de las alternativas de diseño preliminar

El método utilizado para la selección de las alternativas es el de criterios ponderados.

Inicialmente para evaluar y seleccionar una de las alternativas de diseño preliminar, se debe manejar criterios de valoración para cada una de las soluciones planteadas. Una vez detallado los criterios de valoración se realiza la ponderación de cada uno de los mismos.

Cabe recalcar que utilizaremos los valores comprendidos entre 0 y 5, si el valor es 5 significa que el criterio de la fila tiene más peso que el criterio de la columna respectiva, si el valor es 0 significa que el criterio de la fila tiene menos peso que el criterio de la columna y finalmente si el valor es 2,5 significa que el criterio de la fila es igual al criterio de la columna.

3.5.3.1 Módulo I

Hace referencia al desplazamiento de la puerta de la maquina peladora existente.

Posibles soluciones:

- **Concepto 1:** Cilindro neumático
- **Concepto 2:** Actuador lineal eléctrico
- **Concepto 3:** Cilindro hidráulico

Tabla 7
Matriz de criterios de ponderación

	Costo	Ciclo Trabajo	Facilidad de uso	Velocidad trabajo	Fuerza	$\sum+1$	Ponderacion
Costo		5	5	2,5	2,5	16	0,291
Ciclo Trabajo	0		2,5	2,5	2,5	8,5	0,155
Facilidad de uso	0	2,5		0	0	3,5	0,064
Velocidad de trabajo	2,5	2,5	5		2,5	13,5	0,245
Fuerza	2,5	2,5	5	2,5		13,5	0,245
					Sumatoria	55	

A continuación se evalúa cada una de las posibles soluciones.

Tabla 8
Criterio de costo en el análisis de las posibles soluciones

Costo	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	$\sum+1$	Ponderacion
Concepto 1		5	5	11	0,611
Concepto 2	0		5	6	0,333
Concepto 3	0	0		1	0,056
			Sumatoria	18	

Tabla 9
Criterio de ciclo de trabajo en el análisis de las posibles soluciones

Ciclo de Trabajo	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	$\sum+1$	Ponderacion
Concepto 1		2,5	5	8,5	0,472
Concepto 2	2,5		0	3,5	0,194
Concepto 3	0	5		6	0,333
			Sumatoria	18	

Tabla 10
Criterio de facilidad de uso en el análisis de las posibles soluciones

Facilidad de Uso	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	$\sum+1$	Ponderacion
Concepto 1		0	5	6	0,333
Concepto 2	5		5	11	0,611
Concepto 3	0	0		1	0,056
			Sumatoria	18	

Tabla 11
Criterio de velocidad de trabajo análisis de las posibles soluciones

Velocidad de Trabajo	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	$\sum+1$	Ponderacion
Concepto 1		5	5	11	0,611
Concepto 2	0		0	1	0,056
Concepto 3	0	5		6	0,333
			Sumatoria	18	

Tabla 12

Criterio de fuerza en el análisis de las posibles soluciones

Fuerza	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	$\Sigma+1$	Ponderacion
Concepto 1		5	0	6	0,333
Concepto 2	0		0	1	0,056
Concepto 3	5	5		11	0,611
			Sumatoria	18	

Tabla 13

Conclusiones

Conclusión	Costo	Ciclo de Trabajo	Facilidad de Uso	Velocidad Trabajo	Fuerza	Σ	Prioridad
Concepto 1	0,178	0,073	0,021	0,150	0,082	0,504	1
Concepto 2	0,097	0,030	0,039	0,014	0,014	0,193	3
Concepto 3	0,016	0,052	0,004	0,082	0,150	0,303	2

Respecto a los parámetros de costo, ciclo de trabajo, facilidad de uso, velocidad de trabajo, fuerza; la solución del concepto 1 (cilindro neumático) es la que mejor se adapta a los requerimientos para realizar la apertura y cierre de la compuerta de la máquina peladora destacándose sobre las otras opciones como son un cilindro hidráulico y un actuador lineal eléctrico.

3.5.3.2 Módulo II

Hace referencia a la superficie para el transporte de papas:

Posibles soluciones:

- **Concepto 1:** Banda transportadora sintética PVC
- **Concepto 2:** Banda transportadora sintética PU
- **Concepto 3:** Banda transportadora modular

Tabla 14

Matriz de criterios de ponderación

	Costo	Durabilidad	Disponibilidad	$\Sigma+1$	Ponderacion
Costo		5	5	11	0,611
Durabilidad	0		2,5	3,5	0,194
Disponibilidad	0	2,5		3,5	0,194
			Sumatoria	18	

A continuación se evalúa cada una de las posibles soluciones.

Tabla 15

Criterio de costo en el análisis de las posibles soluciones

Costo	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	$\sum+1$	Ponderacion
Concepto 1		5	5	11	0,611
Concepto 2	0		5	6	0,333
Concepto 3	0	0		1	0,056
			Sumatoria	18	

Tabla

16

Criterio de durabilidad en el análisis de las posibles soluciones

Durabilidad	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	$\sum+1$	Ponderacion
Concepto 1		2,5	5	8,5	0,472
Concepto 2	2,5		5	8,5	0,472
Concepto 3	0	0		1	0,056
			Sumatoria	18	

Tabla

17

Criterio de disponibilidad en el mercado en el análisis de las posibles soluciones

Disponibilidad	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	$\sum+1$	Ponderacion
Concepto 1		5	5	11	0,611
Concepto 2	0		5	6	0,333
Concepto 3	0	0		1	0,056
			Sumatoria	18	

Tabla 18

Conclusiones

Conclusión	Costo	Durabilidad	Disponibilidad	\sum	Prioridad
Concepto 1	0,373	0,092	0,119	0,584	1
Concepto 2	0,204	0,092	0,065	0,360	2
Concepto 3	0,034	0,011	0,011	0,056	3

Respecto a los parámetros de costo, durabilidad y disponibilidad en el mercado; la solución del concepto 1 (banda transportadora sintética PVC) es la que mejor se adapta a los requerimientos para transportar las papas, desde

la peladora hacia la cortadora y como medio para realizar el proceso de control de calidad, destacándose sobre las otras opciones como son una banda transportadora sintética PU y una banda transportadora modular.

3.5.3.3 Módulo III

Hace referencia a los elementos y/o mecanismos que se utilizan en el sistema de corte de papas.

Posibles soluciones:

Método de corte de papas:

- **Concepto 1:** Actuador eléctrico lineal
- **Concepto 2:** Cilindro neumático
- **Concepto 3:** Cilindro hidráulico
- **Concepto 4:** Mecanismo biela manivela
- **Concepto 5:** Mecanismo con leva
- **Concepto 6:** Tornillo de potencia

Tabla 19

Matriz de criterios de ponderación

	Costo	Ciclo trabajo	Disponibilidad	$\Sigma+1$	Ponderacion
Costo		0	5	6	0,333
Ciclo trabajo	5		5	11	0,611
Disponibilidad	0	0		1	0,056
			Sumatoria	18	

A continuación se evalúa cada una de las posibles soluciones.

Tabla 20

Criterio de costo en el análisis de las posibles soluciones

Costo	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Concepto 5	Concepto 6	$\Sigma+1$	Ponderacion
Concepto 1		0	5	0	0	0	6	0,074
Concepto 2	5		5	0	0	0	11	0,136
Concepto 3	0	0		0	0	0	1	0,012
Concepto 4	5	5	5		5	5	26	0,321
Concepto 5	5	5	5	0		5	21	0,259
Concepto 6	5	5	5	0	0		16	0,198
						Sumatoria	81	

Tabla

21

Criterio de ciclo de trabajo en el análisis de las posibles soluciones

Ciclo trabajo	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Concepto 5	Concepto 6	$\sum+1$	Ponderacion
Concepto 1		0	2,5	0	0	0	3,5	0,043
Concepto 2	5		5	0	5	5	21	0,259
Concepto 3	2,5	0		0	0	0	3,5	0,043
Concepto 4	5	5	5		5	5	26	0,321
Concepto 5	5	0	5	0		5	16	0,198
Concepto 6	5	0	5	0	0		11	0,136
						Sumatoria	81	

Tabla

22

Criterio de disponibilidad en el mercado en el análisis de las posibles soluciones

Disponibilidad	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	Concepto 5	Concepto 6	$\sum+1$	Ponderacion
Concepto 1		0	0	5	5	5	16	0,198
Concepto 2	5		5	5	5	5	26	0,321
Concepto 3	5	0		5	5	5	21	0,259
Concepto 4	0	0	0		3	2,5	6	0,074
Concepto 5	0	0	0	2,5		2,5	6	0,074
Concepto 6	0	0	0	2,5	2,5		6	0,074
						Sumatoria	81	

Tabla 23

Conclusiones

Conclusión	Costo	Ciclo trabajo	Disponibilidad	\sum	Prioridad
Concepto 1	0,025	0,026406036	0,010973937	0,062	5
Concepto 2	0,045	0,158436214	0,017832647	0,222	2
Concepto 3	0,004	0,026406036	0,014403292	0,045	6
Concepto 4	0,107	0,196159122	0,004115226	0,307	1
Concepto 5	0,086	0,120713306	0,004115226	0,211	3
Concepto 6	0,066	0,082990398	0,004115226	0,153	4

Respecto a los parámetros de costo, ciclo de trabajo y disponibilidad en el mercado; la solución del concepto 4 (mecanismo biela manivela) es la que mejor se adapta a los requerimientos para realizar el corte de las papas, pero también la solución del concepto 2 (cilindro neumático) cumple con los requerimientos y es la opción elegida para realizar dicha actividad ya que en la empresa se cuenta con una fuente de energía (compresor), destacándose sobre las otras opciones como son un actuador eléctrico lineal, un cilindro hidráulico, un mecanismo con leva y un mecanismo con un tornillo de potencia

En este módulo también se hace referencia a elementos que se utiliza en la detección de la posición de las papas para el proceso de corte.

Posibles soluciones

- **Concepto 1: Sensor ultrasónico**
- **Concepto 2: Sensor infrarrojo**
- **Concepto 3: Sensor capacitivo**

Tabla 24

Matriz de criterios de ponderación

	Costo	Acondicionamiento de señal	Disponibilidad	$\Sigma+1$	Ponderacion
Costo		5	5	11	0,611
Acondicionamiento de señal	0		2,5	3,5	0,194
Disponibilidad	0	2,5		3,5	0,194
			Sumatoria	18	

A continuación se evalúa cada una de las posibles soluciones.

Tabla 25

Criterio de costo en el análisis de las posibles soluciones

Costo	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	$\Sigma+1$	Ponderacion
Concepto 1		0	5	6	0,333
Concepto 2	5		5	11	0,611
Concepto 3	0	0		1	0,056
			Sumatoria	18	

Tabla

26

Criterio de acondicionamiento de la señal en el análisis de las posibles soluciones

Acondicionamiento de señal	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	$\Sigma+1$	Ponderacion
Concepto 1		0	2,5	3,5	0,194
Concepto 2	5		5	11	0,611
Concepto 3	2,5	0		3,5	0,194
			Sumatoria	18	

Tabla**27****Criterio de disponibilidad en el análisis de las posibles soluciones**

Disponibilidad	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	$\Sigma+1$	Ponderacion
Concepto 1		2,5	0	3,5	0,194
Concepto 2	2,5		0	3,5	0,194
Concepto 3	5	5		11	0,611
			Sumatoria	18	

Tabla 28**Conclusiones**

Conclusión	Costo	Durabilidad	Disponibilidad	Σ	Prioridad
Concepto 1	0,204	0,038	0,038	0,279	2
Concepto 2	0,373	0,119	0,038	0,530	1
Concepto 3	0,034	0,038	0,119	0,191	3

Respecto a los parámetros de costo, durabilidad y disponibilidad en el mercado; la solución del concepto 2 (sensor infrarrojo) es la que mejor se adapta a los requerimientos para censar la presencia las papas, en el canal que comunica la banda transportadora con la cortadora, destacándose sobre las otras opciones como son un sensor ultrasónico y un sensor capacitivo.

3.5.3.4 Módulo IV

Se hace referencia a elementos que se utilizan en el sistema de mando y control del proceso.

Posibles soluciones

- **Concepto 1:** Arduino
- **Concepto 2:** Raspberry
- **Concepto 3:** PLC
- **Concepto 4:** Beagle Board

Tabla 29

Matriz de criterios de ponderación

	Costo	Programabilidad	Robustez	Disponibilidad	$\Sigma+1$	Ponderacion
Costo		5	0	5	11	0,324
Programabilidad	0		0	0	1	0,029
Robustez	5	5		5	16	0,471
Disponibilidad	0	5	0		6	0,176
				Sumatoria	34	

A continuación se evalúa cada una de las posibles soluciones.

Tabla 30

Criterio de costo en el análisis de las posibles soluciones

Costo	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	$\Sigma+1$	Ponderacion
Concepto 1		5	5	5	16	0,471
Concepto 2	0		5	5	11	0,324
Concepto 3	0	0		2,5	3,5	0,103
Concepto 4	0	0	2,5		3,5	0,103
				Sumatoria	34	

Tabla 31

Criterio de programabilidad en el análisis de las posibles soluciones

Programabilidad	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	$\Sigma+1$	Ponderacion
Concepto 1		2,5	0	2,5	6	0,176
Concepto 2	2,5		0	0	3,5	0,103
Concepto 3	5	5		5	16	0,471
Concepto 4	2,5	5	0		8,5	0,250
				Sumatoria	34	

Tabla 32

Criterio de robustez en el análisis de las posibles soluciones

Robustez	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	$\Sigma+1$	Ponderacion
Concepto 1		2,5	0	2,5	6	0,176
Concepto 2	2,5		0	2,5	6	0,176
Concepto 3	5	5		5	16	0,471
Concepto 4	2,5	2,5	0		6	0,176
				Sumatoria	34	

Tabla 33**Criterio de disponibilidad en el mercado en el análisis de las posibles soluciones**

Disponibilidad	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4	$\Sigma+1$	Ponderacion
Concepto 1		5	5	5	16	0,471
Concepto 2	0		2,5	5	8,5	0,250
Concepto 3	0	2,5		2,5	6	0,176
Concepto 4	0	0	2,5		3,5	0,103
				Sumatoria	34	

Tabla 34**Conclusiones**

Conclusión	Costo	Programabilidad	Robustez	Disponibilidad	Σ	Prioridad
Concepto 1	0,152	0,005	0,083	0,083	0,324	1
Concepto 2	0,105	0,003	0,083	0,044	0,235	3
Concepto 3	0,033	0,014	0,221	0,031	0,300	2
Concepto 4	0,033	0,007	0,083	0,018	0,142	4

Respecto a los parámetros de costo, programabilidad, robustez y disponibilidad en el mercado; la solución del concepto 1 (micro controlador Arduino) es la que mejor se adapta a los requerimientos manejar, controlar y ejecutar las ordenes programadas en su memoria, destacándose sobre las otras opciones como son un PLC, un Raspberry y un controlador Beagle Board.

3.6 Definición del diseño

Se mantendrá la división del proceso en subsistemas para realizar el dimensionamiento de los elementos que los conforman.

3.6.1 Modulo I. Etapa de pelado y lavado de papas

El módulo I básicamente constará de los siguientes elementos:

1. Máquina peladora
2. Estructura de la máquina peladora
3. Electroválvula de agua
4. Sistema apertura compuerta

5. Canal
6. Nivelador

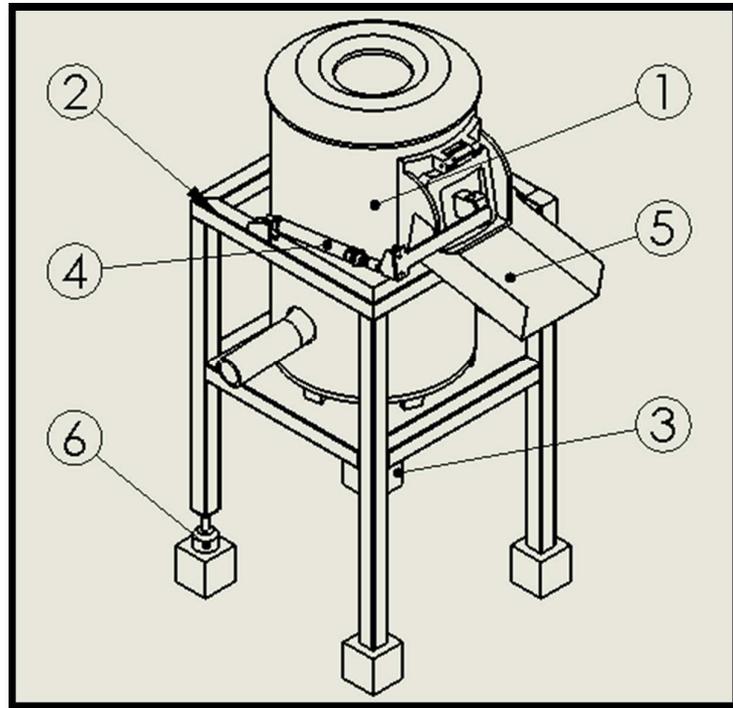


Figura 38 Esquema general modulo I

**Tabla 35
Función de los elementos del módulo I**

N° COMPONENTE	FUNCIÓN
1 Máquina peladora	Remover cascara de los tubérculos
2 Estructura máquina peladora	Albergar los componentes del módulo I
3 Electroválvula (agua)	Controlar el paso de agua hacia la peladora
4 Sistema apertura compuerta	Abrir/cerrra puerta
5 Canal	Unir la peladora con la banda transportadora
6 Nivelador	Equilibrar la estructura

3.6.1.1 Máquina peladora

En esta etapa se necesitará realizar simultáneamente el lavado y pelado de papas el cual será realizado por una máquina peladora existente en la empresa que mediante el principio de centrifugado y fricción sobre una

superficie rugosa realizará el proceso de pelado, también con la presencia de agua potable ayudará a que el desprendimiento de la cascara de los tubérculos sea más fácil y también para realizar el proceso de lavado al mismo tiempo.

Dicha máquina utiliza un abrasivo resistente, el cual colocado en las paredes y en un disco en el fondo de la máquina, este último al girar provoca el desgaste de la superficie de la papa producto del rozamiento existente entre el tubérculo y las paredes.

El tiempo estimado de pelado será de 1 a 2 minutos dependiendo el uso y tiempo de vida del material abrasivo. Contará también con una entrada de agua potable que limpiará los residuos generados por el pelado.

La máquina peladora posee un motor eléctrico el cual será controlado por medio de una señal eléctrica emitida desde el controlador por medio de un pre actuador.



Figura 39 Peladora por abrasión

Fuente: (Ecoserv, 2014)

Tabla 36
Especificaciones técnicas peladora de papas por abrasión

Especificaciones Generales		
Capacidad	25	Lb/min
Materiales	Tambor	Acero Inoxidable 154, espesor 1mm
	Disco	Fundición de Aluminio con tratamiento
	Superficie de pelado	Carburo de Silicio
	Tapa	Fundición de Aluminio con tratamiento
Datos Motor Peladora		
Marca	WEG	
Velocidad	1730	RPM
Potencia	0,373	kW
Voltaje	110/220	V
Frecuencia	60	Hz
Reductor		
Velocidad de Salida	250	RPM

3.6.1.2 Estructura de la máquina peladora

La estructura de la maquina peladora es en donde se van alojar los siguientes elementos:

- Máquina peladora
- Electroválvula de agua
- Cilindro neumático
- Nivelador

Será fabricada de tubo cuadrado inoxidable AISI 304 de 40x1,2 [mm].

Las dimensiones de la estructura se muestran en la siguiente imagen, para más detalle revisar los planos ubicados en la zona de anexos.

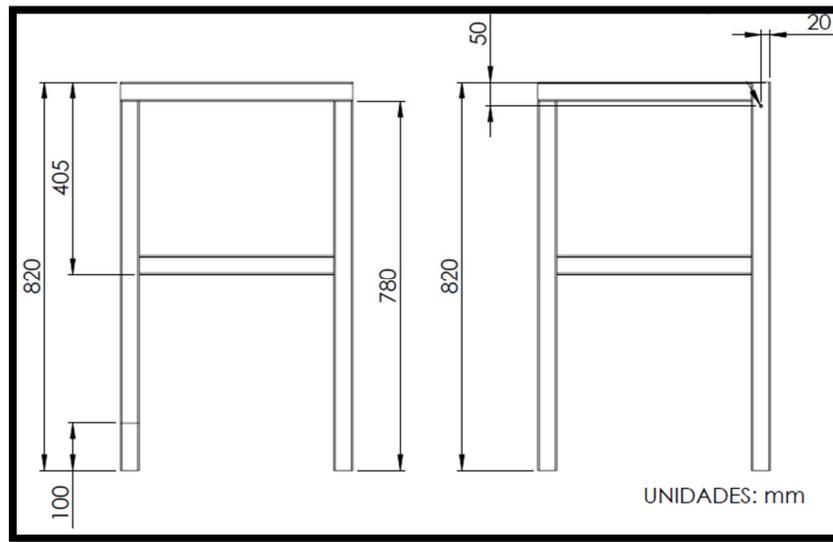


Figura 40 Dimensiones estructura peladora

El análisis estático de la estructura, desarrollado en SolidWorks y presentado a continuación:

La carga máxima que va a soportar la estructura es de 55 [Kg,] que equivalen a la masa de la máquina peladora que es de 43 [Kg] más la masa de las papas que es de 12[Kg].

Calculamos la fuerza máxima multiplicando por el valor de la gravedad.

$$F \text{ max} = \text{Carga max [Kg]} * \text{gravedad} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$F \text{ max} = 55 \text{ [Kg]} * 9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$F \text{ max} = 539 \text{ [N]}$$

Tensión axial y de flexión

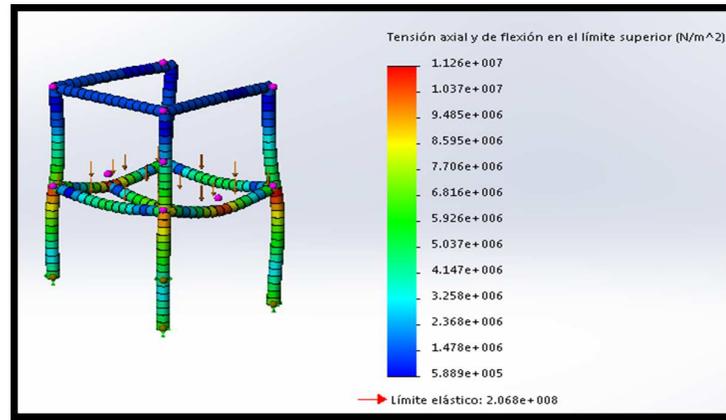


Figura 41 Resultado tensión axial y flexión

Conclusión 1:

Se observó que nuestra estructura bajo las condiciones seleccionadas soportará ya que la tensión axial y de flexión en el límite superior no supera el límite elástico del material.

Desplazamientos

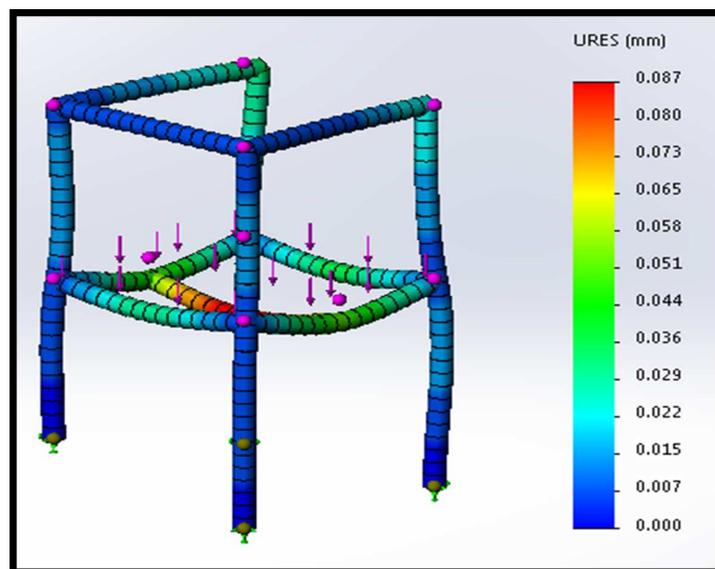


Figura 42 Resultado desplazamiento producido por la carga

Conclusión 2:

El máximo desplazamiento fue de 0,087 mm en las zonas de color rojo, lo que nos indica que no tendremos problemas de desplazamientos considerables con nuestra carga aplicada.

Factor de seguridad distribuida en el modelo.

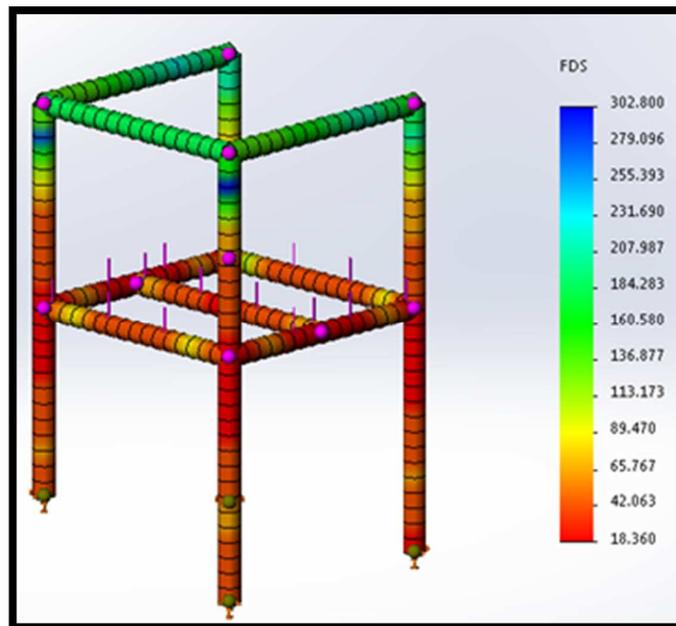


Figura 43 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida

Conclusión4:

Como se puede observar, el factor de seguridad mínimo fue de 18 por lo tanto queda concluido que la estructura no fallará a la carga máxima lo que cualquier valor por debajo del mismo está permitido.

3.6.1.3 Electroválvula agua

En la etapa de pelado, se necesitará tener un suministro de agua potable el cual será controlado por una electroválvula; que es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por una tubería.

Esta electroválvula será controlada mediante una bobina de un solenoide lo que permite controlar con una señal eléctrica emitida por el controlador por medio de un pre-actuador (relé).

La electroválvula en este caso poseerá dos estados, cuando la bobina del solenoide no reciba la señal eléctrica se encontrará en estado normalmente cerrado (NC), mientras que, cuando la bobina del solenoide reciba una señal eléctrica su estado cambiará a normalmente abierto (NA), lo que provocará el flujo de agua hacia el interior de la peladora.

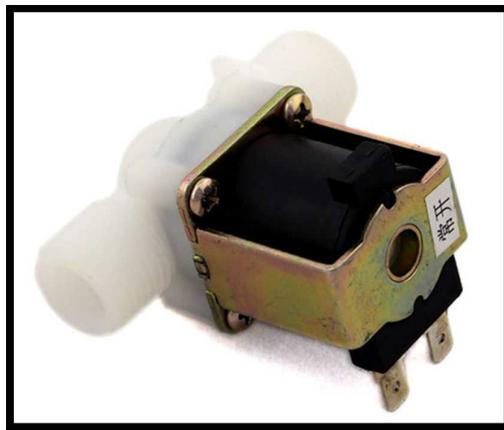


Figura 44 Electroválvula para agua

Fuente: (Embajadores, 2015)

La ubicación de la electroválvula para realizar el control de agua se muestra en la siguiente imagen.

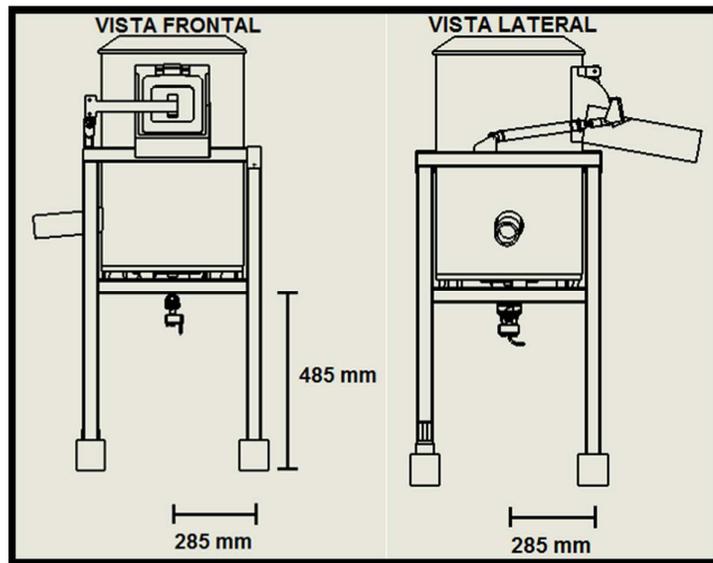


Figura 45 Esquema y ubicación de electroválvula para agua

Tabla 37

Especificaciones técnicas electroválvula

Especificaciones Generales		
Voltaje	12	VDC
Corriente Máxima	450	mA
Rango Presión	0,02 a 0,8	Mpa
Vida Esperada	200000	

3.6.1.4 Sistema de apertura de puerta

Una vez que transcurría cierto tiempo y las papas estarán peladas y lavadas, para desalojarlas de la máquina peladora se lo realizará por medio de una pequeña compuerta que posee la máquina hacia la siguiente etapa.

Los componentes involucrados en el sistema de apertura de la compuerta serán:

- Cilindro neumático
- Barra de unión puerta-cilindro neumático
- Electroválvula AirTAC de 5/2

Por medio de la utilización de un cilindro neumático y la barra de unión puerta-cilindro los cuales realizarán la apertura y cierre de dicha compuerta para realizar el desalojo de las papas peladas antes mencionadas.

Este cilindro neumático es un dispositivo mecánico que producirá una fuerza y movimiento, que será accionado por un gas comprimido (aire) con el cual realizará la apertura y cierre de la compuerta.

El control de apertura y cierre del cilindro neumático se realizará mediante la utilización de una electroválvula de la empresa AirTAC de 5/2 (5 vías / 2 posiciones), que al recibir una señal eléctrica emitida desde el controlador por medio de un pre-actuador (relé) cambiará mecánicamente su posición inicial para realizar tanto la apertura o cierre de la compuerta.

La ubicación del cilindro para realizar la apertura y cierre de la compuerta se muestra en la siguiente imagen.

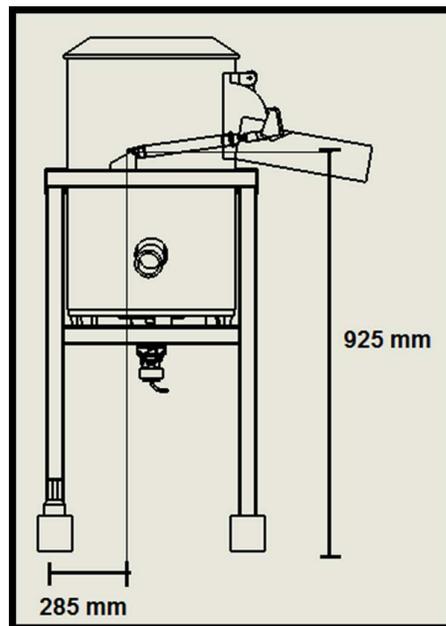


Figura 46 Esquema y ubicación del cilindro neumático

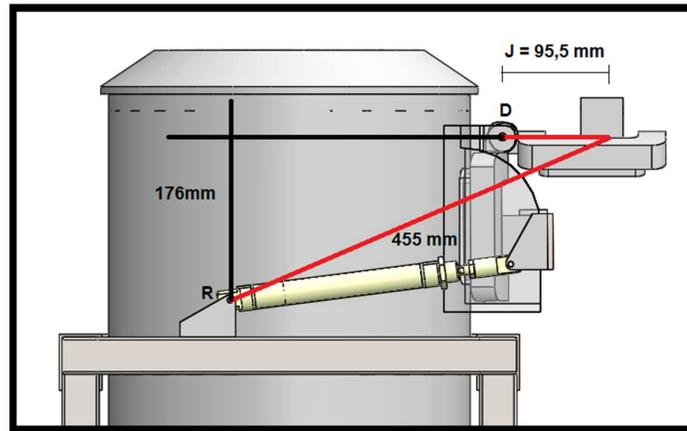


Figura 47 Diagrama apertura y cierre de puerta peladora

Según datos y medidas obtenidas de SolidWorks y con la ayuda de Dictator Española S.A.U para calcular y seleccionar el cilindro neumático. (Dictator, 2015)

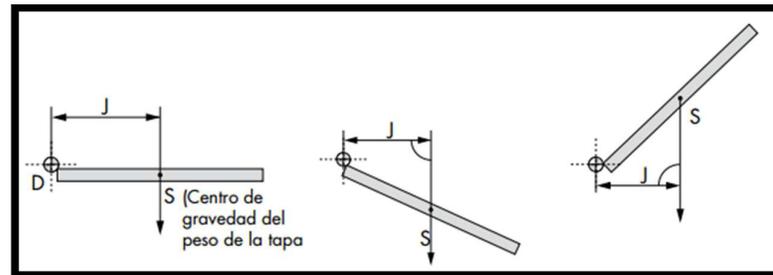


Figura 48 Diagrama de desplazamiento de una puerta

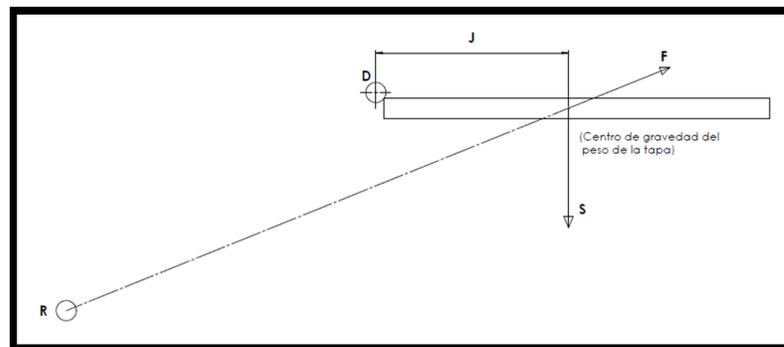


Figura 49 Diagrama de desplazamiento puerta peladora

Donde,

J = distancia al centro de gravedad = 95,5 [mm]

F teórica necesaria = Fuerza teórica [N]

m = masa de la puerta más la masa de la barra = 3 [Kg]+0,5 [Kg] =3,5 [Kg]

g = gravedad [m/s²]

S = peso total [N]

$$S = m * g$$

$$S = 3,5[Kg] * 9,8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$S = 34,4 [N]$$

Por geometría calculamos lo siguiente:

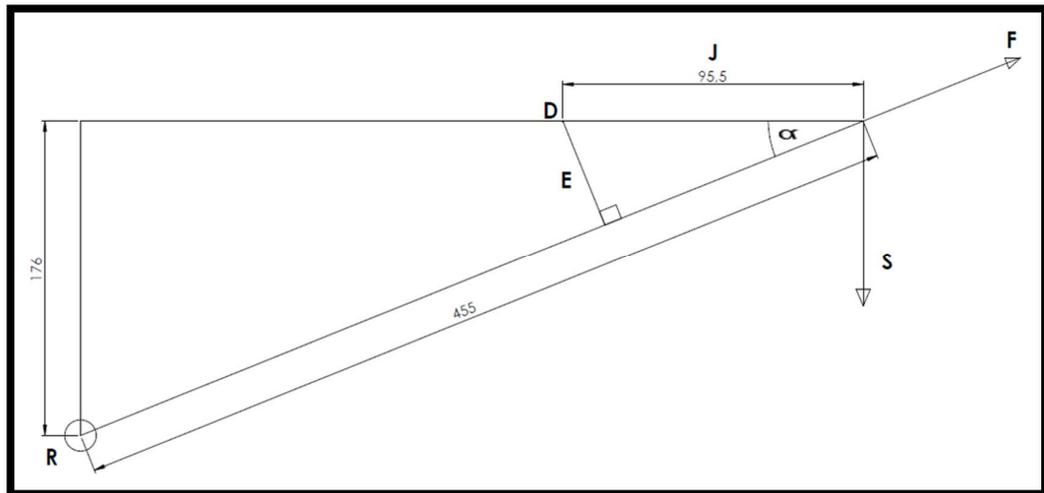


Figura 50 Diagrama de desplazamiento puerta peladora

$$\sin(\theta) = \frac{176}{455} = 3,91$$

$$\sin(\theta) = \frac{E}{95,5}$$

$$3,91 = \frac{E}{95,5}$$

$$E = 36,93 \text{ [mm]}$$

El análisis se realizará en el punto de mayor esfuerzo donde se abrirá la compuerta, realizando un cálculo de momentos.

$$M1 = M2$$

$$S * J = F * E$$

$$F = \frac{S * J}{E}$$

$$F = \frac{34,4[\text{N}] * 95,5[\text{mm}]}{36,93[\text{mm}]}$$

$$F = 88,7 \text{ [N]}$$

Trabajando con una presión de 6 Bar y por disponibilidad en el mercado se utilizará un mini cilindro Mindman de diámetro 16 [mm] y longitud de carrera 150 [mm].

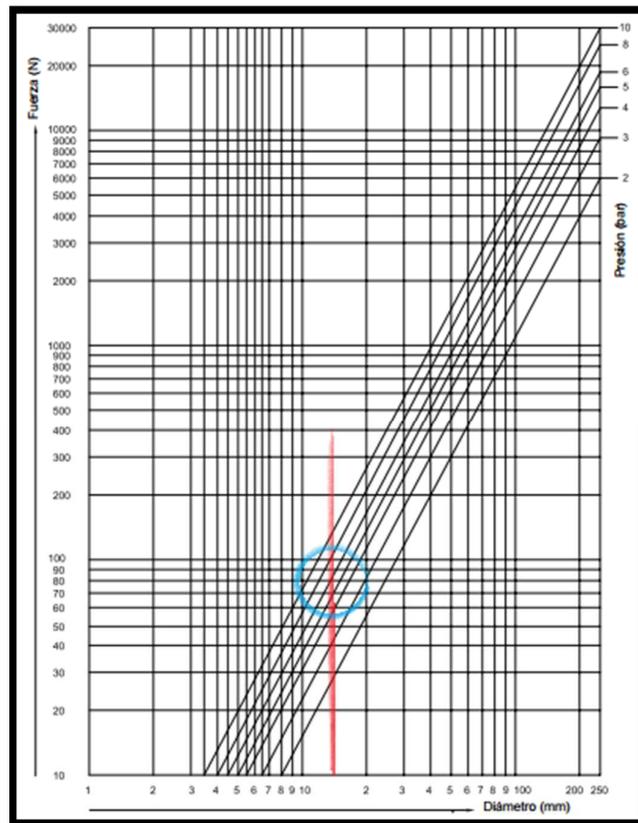


Figura 51 Fuerza vs Diámetro para la selección del cilindro neumático

Fuente: (Microautomacion, 2015)

Según la tabla el cilindro elegido trabajando en bajo condiciones ideales posee una fuerza $F = 100 \text{ N}$, el cual es apropiado para la aplicación nombrada.



Figura 52 Cilindro neumático

Fuente: (Mindman, 2015)

Tabla 38
Especificaciones técnicas cilindro neumático puerta

Especificaciones Generales		
Diámetro	16	mm
Carrera	150	mm
Medio	Aire	
Presión Máx.	0,7	
Rango Velocidad	50-500	mm/seg

Para conocer acerca de la conexión neumática de los elementos revisar la parte final de anexos, en donde se muestra el diagrama neumático del sistema.

3.6.1.5 Canal de salida de papas

Una vez que las papas estarán peladas dentro de la máquina peladora, será necesaria la construcción de un canal, el cual permitirá unir la etapa de pelado con la etapa siguiente, es decir permitirá evacuar las papas.

Dicho canal estará fabricado en acero inoxidable AISI 304 de 1 [mm] de espesor, el cual a base de pruebas y ensayos se determinó que debía poseer un ángulo de caída de 20° con respecto a la horizontal.

Las medidas del canal serán las adecuadas para acoplarse a la máquina peladora. Para un mayor detalle revisar los anexos en la sección de planos.

La ubicación del canal para realizar la unión de la etapa de pelado con la siguiente etapa se muestra en la siguiente imagen.

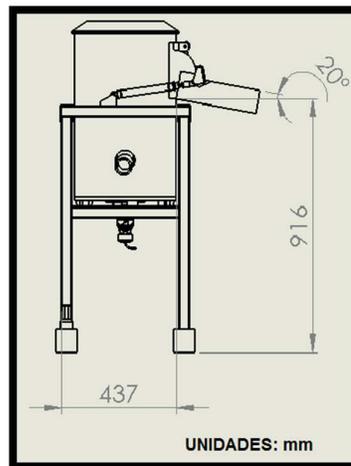


Figura 53 Esquema y ubicación del canal de salida de papas

3.6.1.6 Nivelador

El nivelador como su nombre lo dice servirá para nivelar la estructura de la máquina peladora y en si todos sus componentes.

Estará conformado por una base de duralon redondeada de 50[mm] de diámetro con una varilla roscada galvanizada de ½ pulgada.

Para una mayor información acerca de las medidas, revisar los anexos en la sección de planos.

La ubicación del nivelador se puede observar en la siguiente imagen.

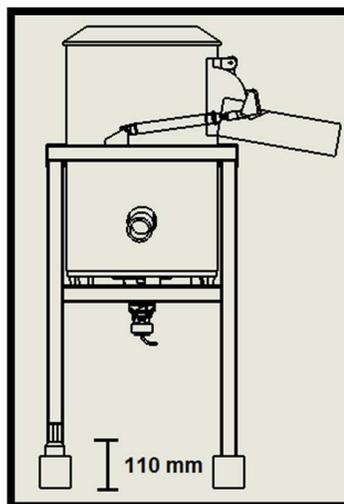


Figura 54 Esquema y ubicación del nivelador

3.6.2 Módulo II. Etapa de transporte y control de calidad de papas

El módulo II básicamente constará de los siguientes elementos:

1. Estructura banda transportadora
2. Bastidor
3. Tambores (motriz y de cola)
4. Sistema de tensado de banda
5. Nivelador banda
6. Cinta transportadora
7. Guías laterales
8. Separador
9. Soportes separador
10. Placa motorreductor
11. Motorreductor

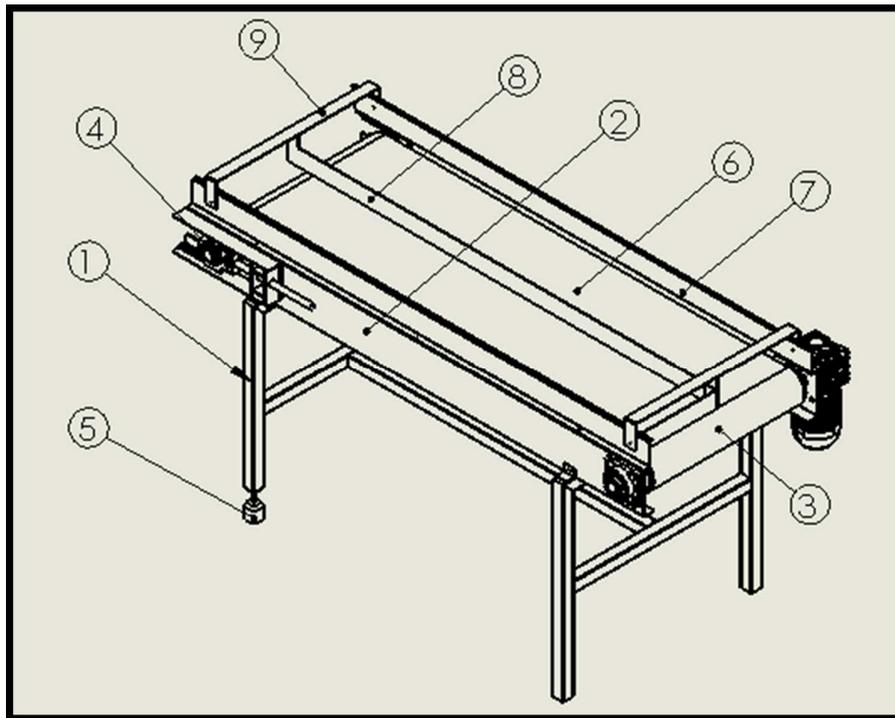


Figura 55 Esquema general módulo II a

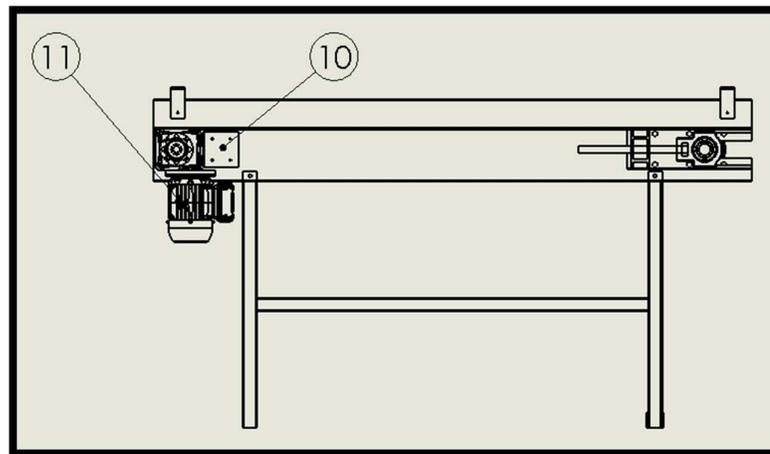


Figura 56 Esquema general módulo II b

**Tabla 39
Función de los elementos del módulo II**

N° COMPONENTE	FUNCIÓN
1 Estructura Banda Transportadora	Albergar los componentes del módulo II
2 Bastidor	Alojar los siguientes elementos: sistema de tensado, guías laterales, placa motorreductor.
3 Tambores	Mover la cinta transportadora
4 Sistema de tensado	Tensar la banda de PVC
5 Nivelador	Equilibrar la estructura
6 Cinta transportadora	Transportar las papas
7 Guías laterales	Mantener el producto dentro de la banda
8 Separador	Dividir en dos zonas
9 Soportes separador	Mantener separador a un distancia de la cinta trasportadora
10 Placa moterreductor	Sujetar al motorreductor
11 Motorreductor	Dar movimiento a los rodillos

3.6.2.1 Estructura banda transportadora

La estructura de la banda transportadora será en donde se van alojar el bastidor con sus demás elementos que lo conforman.

Será fabricada de tubo cuadrado inoxidable AISI 304 de 40x1,2[mm].

Las dimensiones de la estructura se muestran en la siguiente imagen, para más detalle revisar los planos ubicados en la zona de anexos.

$$F_{\max} = 149,86 \text{ [Kg]} * 9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$F_{\max} = 1468,62 \text{ [N]}$$

La fuerza ejercida en cada lado de la estructura de la banda transportadora es la mitad de la fuerza máxima para realizar el análisis en SolidWorks y es de 734,31 [N].

Tensión axial y de flexión

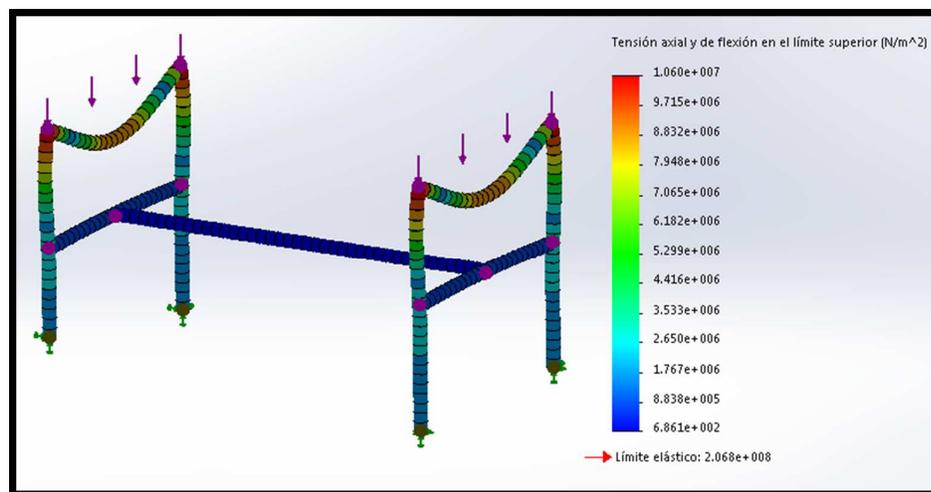


Figura 58 Resultado de tensión axial y de flexión

Conclusión 1:

Se observó que nuestra estructura bajo las condiciones seleccionadas soportará la carga ya que la tensión axial y de flexión en el límite superior no supera el límite elástico del material.

Desplazamientos

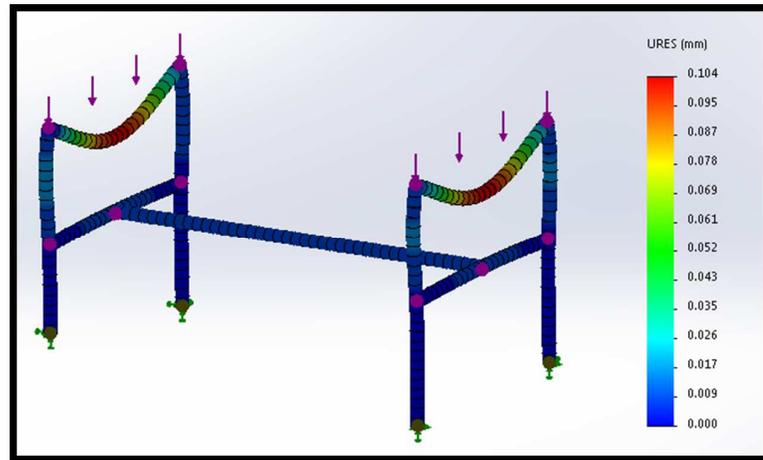


Figura 59 Resultado desplazamiento producidos por la carga

Conclusión 2:

El máximo desplazamiento fue de 0,104 [mm] en las zonas de color rojo producto de la carga aplicada, esto no es un problema para la estructura ya que el desplazamiento en las zonas de color rojo serán despreciables.

Factor de seguridad distribuida en el modelo.

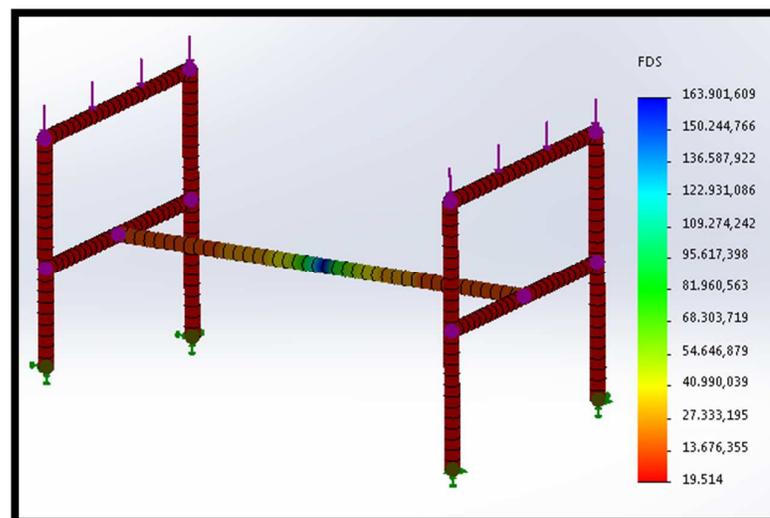


Figura 60 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida

Conclusión 3:

Como se puede observar, el factor de seguridad mínimo fue 19,5 que equivale a 20 por lo tanto queda concluido que la estructura no fallará a la carga máxima lo que cualquier valor por debajo del mismo está permitido.

3.6.2.2 Bastidor

El bastidor que será parte de la estructura que conforma la banda transportadora y en donde se va a deslizar la cinta transportadora cargada de papas, también se alojarán los siguientes elementos para formar dicha estructura:

- Guía lateral
- Soporte separador
- Separador
- Tambor motriz
- Tambor de cola
- Motorreductor
- Cinta transportadora
- Sistema de tensión

Será fabricada en acero inoxidable AISI 304 de 1 [mm] de espesor

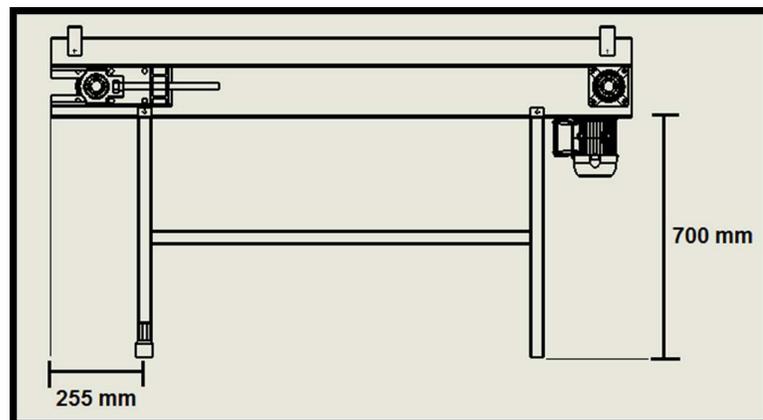


Figura 61 Esquema y ubicación del bastidor

Las dimensiones del bastidor se muestran en la siguiente imagen, para más detalle revisar los planos ubicados en la zona de anexos.

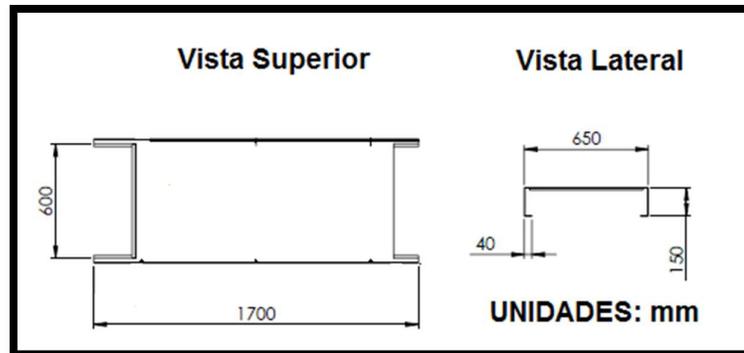


Figura 62 Dimensiones bastidor

El análisis estático de la estructura, desarrollado en SolidWorks y presentado a continuación:

La carga máxima que va a soportar la estructura está conformada por las siguientes:

- Masa de las papas = 50 [Kg] capacidad de carga
Multiplicamos por la gravedad

$$\text{Peso papas} = 50[\text{Kg}] * 9,8 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right] = 490[\text{N}]$$

- Masa del tambor motriz = 13 [Kg] obtenido de SolidWorks
Multiplicamos por la gravedad y dividimos para 8 porque son 4 pernos por 2 apoyos.

$$\text{Peso tambor motriz} = \frac{13}{8} [\text{Kg}] * 9,8 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right] = 15,92 [\text{N}]$$

- Masa del tambor de cola = 13 [Kg] obtenido de SolidWorks
Multiplicamos por la gravedad y dividimos 2 por los dos apoyos que posee.

$$\text{Peso tambor motriz} = \frac{13}{2} [\text{Kg}] * 9,8 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right] = 63,7 [\text{N}]$$

Tensión axial y de flexión

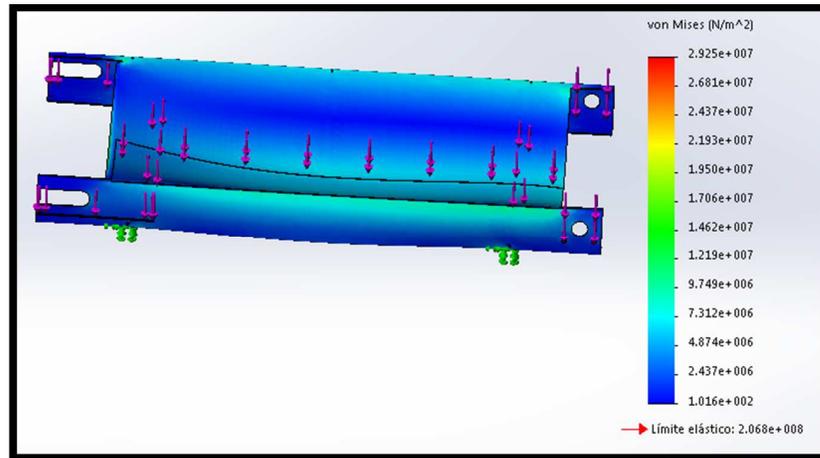


Figura 63 Resultado de tensión axial y de flexión

Conclusión 1:

Se observó que nuestra estructura bajo las condiciones seleccionadas soporta ya que la tensión axial y de flexión VonMises en el límite superior no supera el límite elástico del material.

Desplazamientos

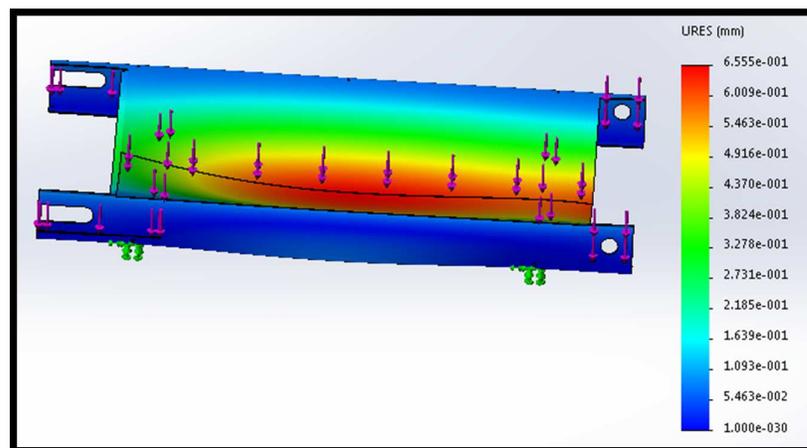


Figura 64 Resultado desplazamiento producidos por la carga

Conclusión 2:

El máximo desplazamiento es de 0,655 [mm] en las zonas de color rojo, este es un factor de desplazamiento que no causará problemas a nuestro bastidor

Factor de seguridad distribuida en el modelo.

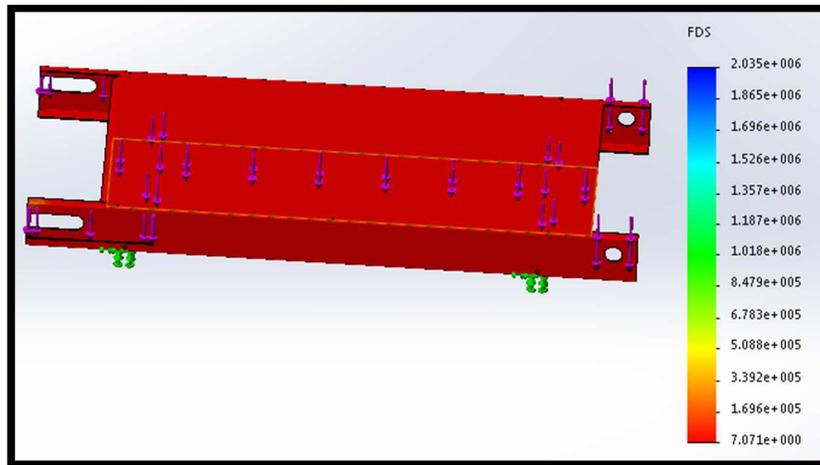


Figura 65 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida

Conclusión 3:

Como se puede observar, el factor de seguridad mínimo es de valor 7 por lo tanto queda concluido que la estructura no fallará a la carga máxima lo que cualquier valor por debajo del mismo está permitido.

3.6.2.3 Nivelador banda

El nivelador como su nombre lo dice servirá para nivelar la estructura de la banda transportadora y en si todos sus componentes.

Estará conformado por una base de duralon redondeada de 50[mm] de diámetro con una varilla roscada galvanizada de ½ pulgada.

Para una mayor información acerca de las medidas, revisar los anexos en la sección de planos.

La ubicación del nivelador se la puede observar en la siguiente imagen, se encuentra sujeto a la base de la estructura de la banda transportadora.

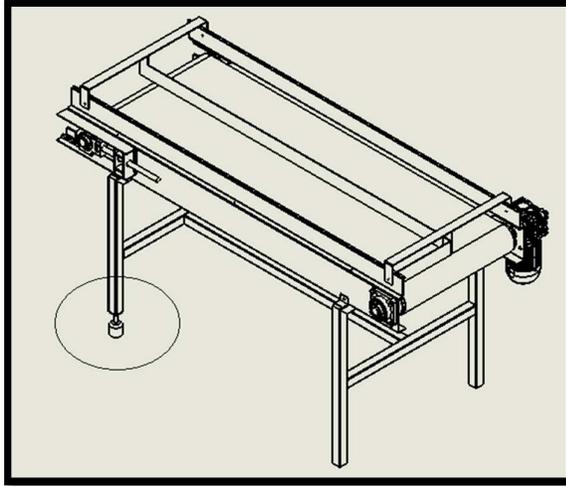


Figura 66 Esquema y ubicación del nivelador

3.6.2.4 Cinta transportadora

En esta etapa para realizar el transporte y control de calidad de papas se construirá una banda transportadora, la cual poseerá una cinta transportadora que permitirá transportar sobre ella la carga a mover.

Este tipo de banda es compatible con la FDA (Food and Drug Administration) para su uso en el procesamiento de alimentos en nuestro caso papas peladas.

El espacio ocupado por la peladora y cortadora más las dimensiones de los requerimientos del cliente para que ocupe el sistema, determinan que la banda tenga una longitud de 1500[mm] y la capacidad de 50 [Kg] de papas extendidos a lo largo de esa longitud nos da un ancho de 580 [mm].

Para determinar la longitud de la banda a comprar se calculó teniendo como datos la distancia entre centros que es 1500 [mm] y el radio de los tambores motriz y de cola que es de 56 [mm]. Cabe recalcar que la distancia entre centros debe ser cuando los tambores están más juntos posible.

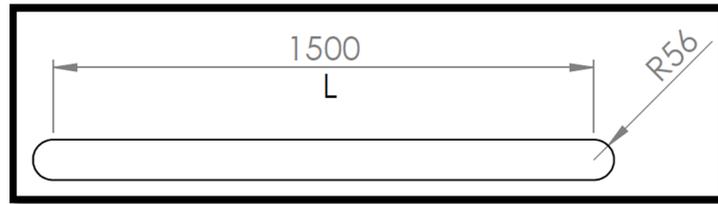


Figura 67 Esquema para calcular longitud de banda

Longitud de la banda con tambores más juntos:

$$L_{min} = 2 (L) + 2 r \theta$$

$$L_{min} = 2 (1500) + 2 (56) \pi$$

$$L_{min} = 3351,85 \text{ mm}$$

Para determinar la longitud total de la banda se aplica la siguiente fórmula:

$$L_t = L_{min} + 3\% (L_{min})$$

$$L_t = 3351,85 + 0,03 (3351,85)$$

$$L_t = 3452,40 \text{ mm}$$

Este valor se va a aproximar a 3460 [mm].

El valor del ancho de la cinta transportadora es el valor de la longitud de contacto con los tambores menos 20[mm] de holgura.

$$\text{Ancho cinta} = \text{Longitud tambor} - 20 \text{ [mm]}$$

$$\text{Ancho cinta} = 580 \text{ [mm]} - 20 \text{ [mm]}$$

$$\text{Ancho cinta} = 560 \text{ [mm]}$$



Figura 68 Cinta transportadora transportadora

Tabla 40
Especificaciones técnicas banda PVC

Especificaciones generales		
Tela		
Número de pliegues	2	
Tejido superior	Multifilamento de poliéster con estabilidad lateral	
Capa inferior	Multifilamento de poliescar con estabilidad lateral	
Datos técnicos básicos		
Espesor total	2 mm	0.070 in
Peso	2.1 Kg/m ²	0.43 lbs/ sq.ft
Anho de producción	3000 mm	118 in
Fuerza de la banda		
Esfuerzo de rotura	150 N/mm	885 lbs/in
Tension para 1% de elongación	8 N/mm	46 lbs/in
Tensión máxima admisible para la banda	15 N/mm	86 lbs/in
Apoyos		
Rodillo	SI	
Mesa de apoyo	SI	
Soporte	NO	
Diámetro mínimo de rodillo		
Esfuerzo normal	30 mm	1.18 in
Resistencia química y otras características		
Permitido acorde los requerimientos de FDA para el transporte de productos alimenticios		
Buena resistencia para aceites y grasas animales, vegetales y minerales		
Rango de temperatura de -10°C a +80°C		
Estructura de la banda		Métodos sugeridos de unión
Cubierta superior		Bulcanizado Unión por grapas
Espesor	0.5 mm	
Material	N-PVC	
Dureza	65 ShoreA	
Color	Blanco	
Superficie	Suave	
Cubierta inferior		
Espesor	0 mm	
Material	Tela	
Superficie	Suave	

3.6.2.5 Guías laterales

El uso de dos guías en la estructura de la banda transportadora permitirá que las papas se mantengan sobre la estructura y no caigan.

Serán fabricadas de acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 3 [mm].

Ya que estas guías no estarán expuestas a grandes cargas sino solo cumplen con la función de no dejar caer el producto, se puede observar su diseño en la siguiente imagen.

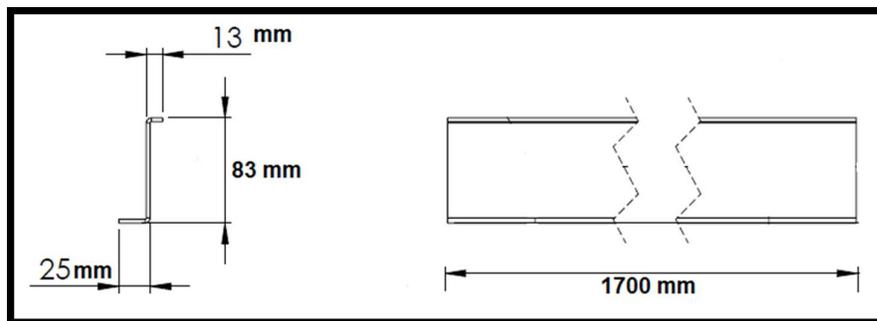


Figura 69 Dimensiones de guías laterales

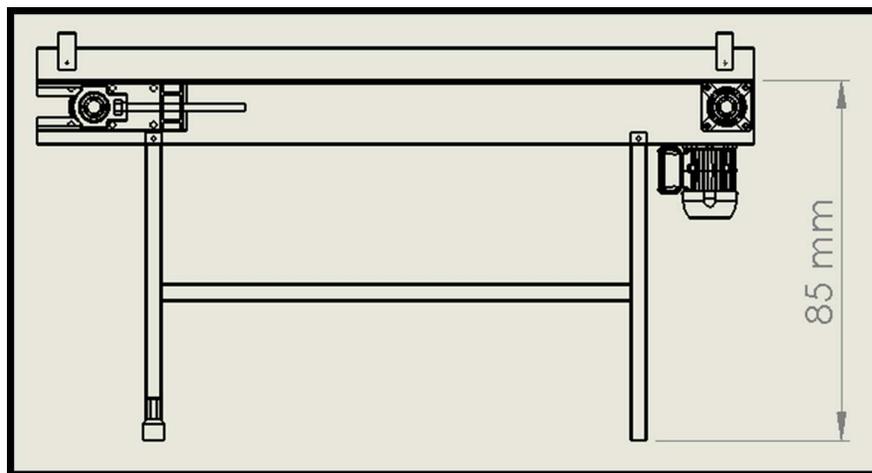


Figura 70 Esquema y ubicación de guías laterales

3.6.2.6 Separador

Se utilizará una pieza llamado separador que dividirá la banda transportadora en las dos zonas necesitadas, la zona de pelado y la zona de corte.

El separador será fabricado en acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 3 [mm].

De igual forma que las guías laterales, el separador no se encontrará expuesto a cargas considerables sino solo cumplirá con la función de dividir la banda transportadora en las dos zonas mencionadas solo tomando en cuenta la altura de las papas para el diseño de la altura del separador, a continuación se puede observar su diseño en la siguiente imagen.

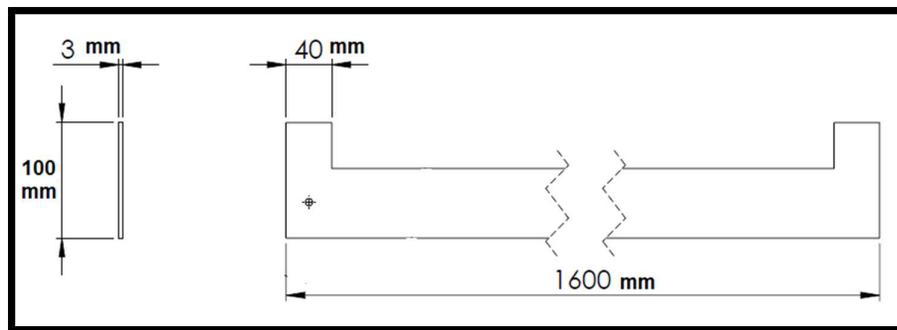


Figura 71 Dimensiones del separador

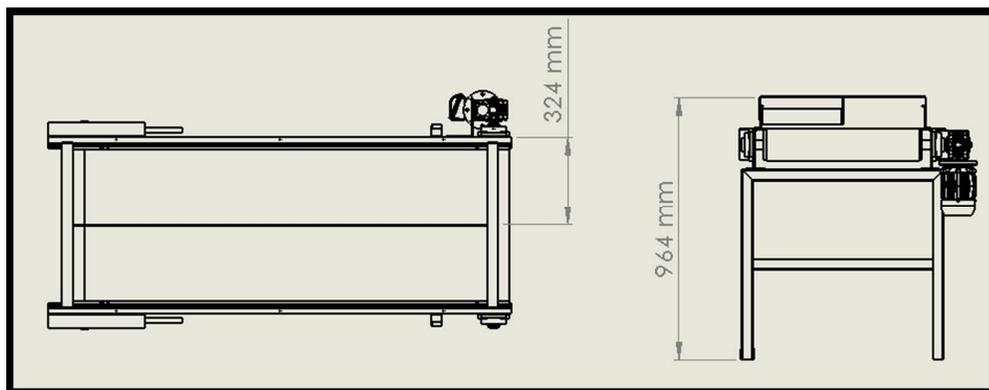


Figura 72 Esquema y ubicación del separador

3.6.2.7 Soportes separador

Son dos soportes que se los utilizará para anclar el separador de la banda transportadora, serán fabricados de acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 3 [mm].

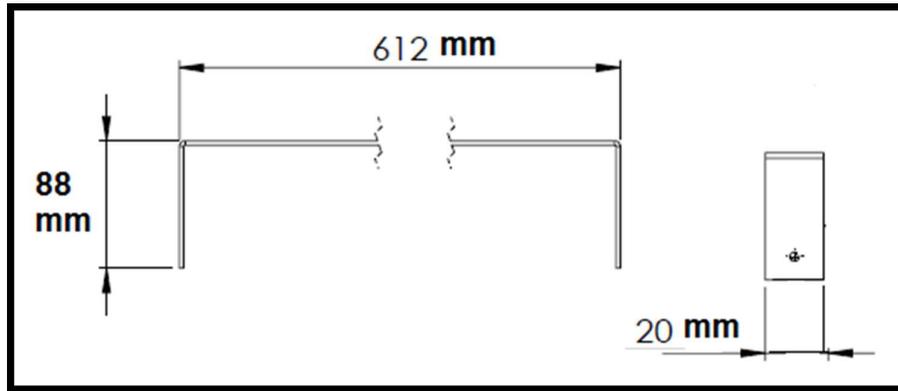


Figura 73 Dimensiones del soporte

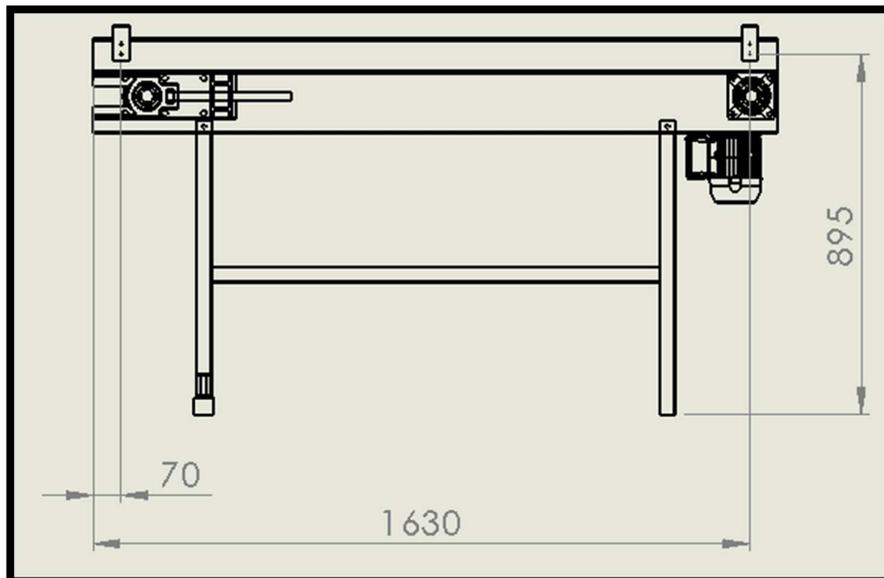


Figura 74 Esquema y ubicación del soporte

El análisis estático de los soportes que está anclado el separador a las guías laterales, desarrollados en SolidWorks y presentado a continuación:

La carga máxima que va a soportar el soporte está determinada por la masa del separador = 2,38 [Kg], es un dato obtenido con la ayuda de SolidWorks.

Calculamos la fuerza máxima multiplicando por el valor de la gravedad.

$$F_{\max} = \text{Carga max [Kg]} * \text{gravedad [m/s}^2\text{]}$$

$$F_{\max} = 2,38\text{Kg[Kg]} * 9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$F_{\max} = 23,32 \text{ [N]}$$

La fuerza que vamos a utilizar en SolidWorks es la mitad de Fmax porque el separador se encuentra anclado en dos soportes, entonces la fuerza es 11,66 [N]

Tensión de Von Mises

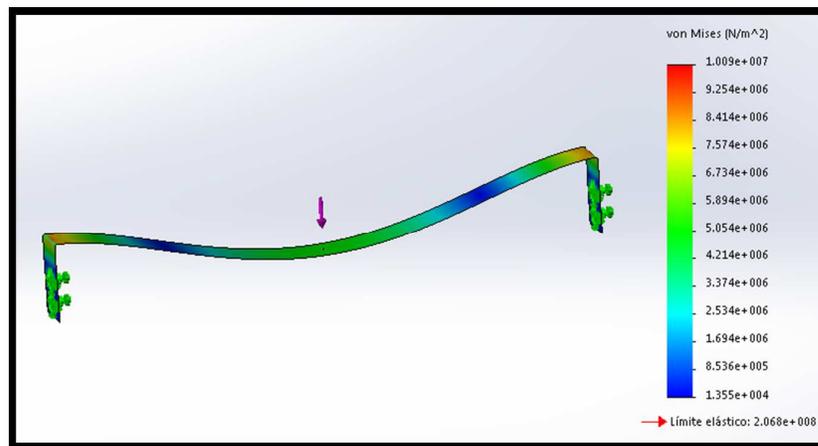


Figura 75 Resultado de tensión de Von Mises

Conclusión 1:

Se observó que nuestra placa bajo las condiciones seleccionadas soportará ya que la tensión axial y de flexión Von Mises ya que el límite superior no supera el límite elástico del material.

Desplazamientos

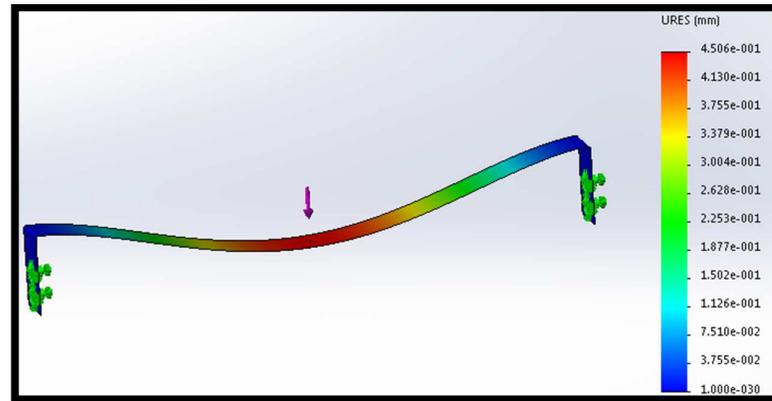


Figura 76 Resultado desplazamiento producidos por la carga

Conclusión 2:

El máximo desplazamiento fue de 0,45 mm en las zonas de color rojo, lo cual no generará un problema a nuestro sistema de anclaje del separador de la banda transportadora.

Factor de seguridad distribuida en el modelo.

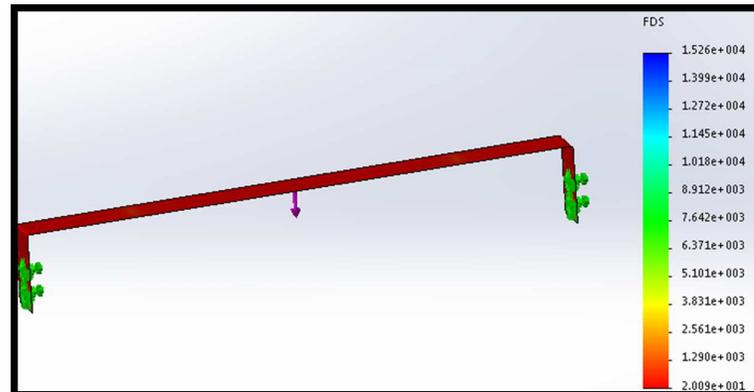


Figura 77 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida

Conclusión 3:

Como se puede observar, el factor de seguridad mínimo fue de 20, por lo tanto queda concluido que el soporte del separador no fallará a la carga máxima lo que cualquier valor por debajo del mismo está permitido.

3.6.2.8 Placa motorreductor

En esta placa será donde se alojará el motorreductor para dar movimiento a la cinta transportadora.

La placa será fabricada en acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 4 [mm].

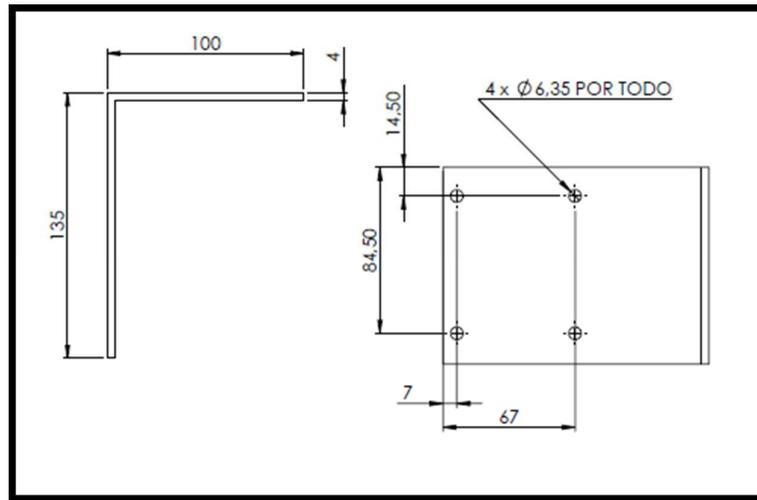


Figura 78 Dimensiones placa motorreductor

La ubicación de la placa del motorreductor se la puede observar en la siguiente imagen:

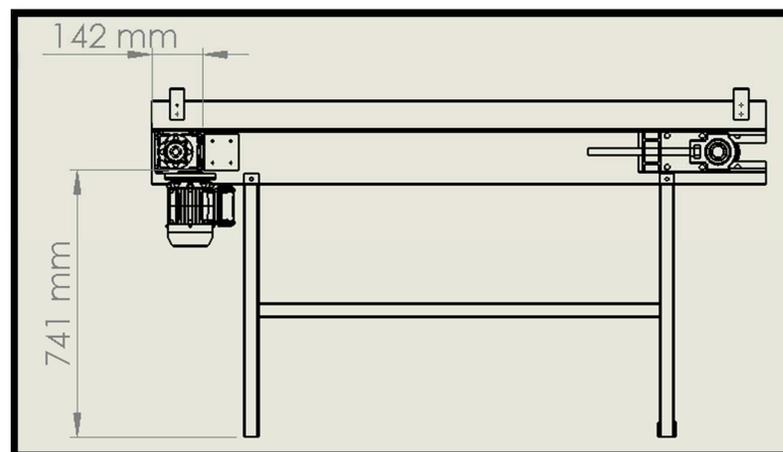


Figura 79 Esquema y ubicación placa motorreductor

El análisis estático de la placa que está anclado el motorreductor al bastidor, desarrollado en SolidWorks y presentado a continuación:

La carga máxima que va a soportar la placa del motorreductor está determinada por la masa del motorreductor = 25 [Kg], es un dato obtenido de la placa técnica del mismo.

Calculamos la fuerza máxima multiplicando por el valor de la gravedad.

$$F \text{ max} = \text{Carga max [Kg]} * \text{gravedad [m/s}^2\text{]}$$

$$F \text{ max} = 15\text{Kg[Kg]} * 9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$F \text{ max} = 147 \text{ [N]}$$

La fuerza ejercida en cada orificio de la placa del motorreductor es la cuarta parte de la fuerza máxima para realizar el análisis en SolidWorks y es de 36,75[N].

Tensión de Von Mises

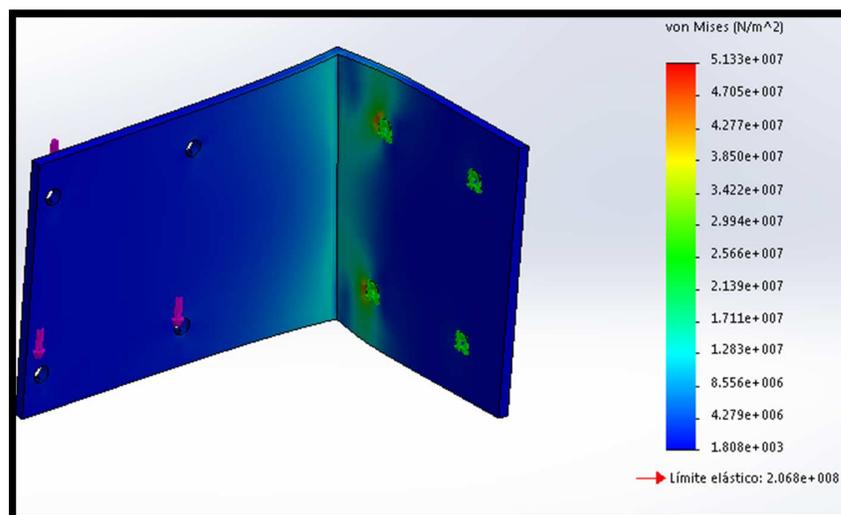


Figura 80 Resultado de tensión de Von Mises

Conclusión 1:

Se observó que nuestra placa bajo las condiciones seleccionadas soportará la tensión axial y de flexión ya que el límite superior no superó el límite elástico del material.

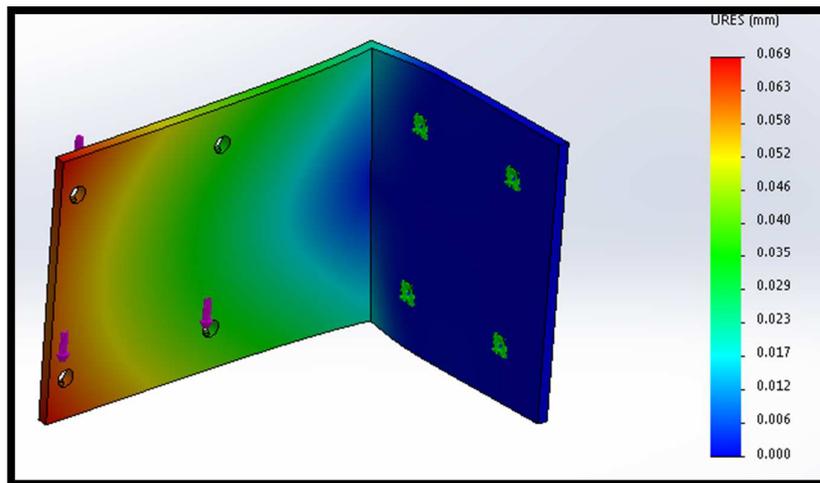
Desplazamientos

Figura 81 Resultado desplazamiento producidos por la carga

Conclusión 2:

El máximo desplazamiento fue de 0,069 [mm] en las zonas de color rojo, lo cual no generará un problema a nuestro sistema de anclaje del motor.

Factor de seguridad distribuida en el modelo.

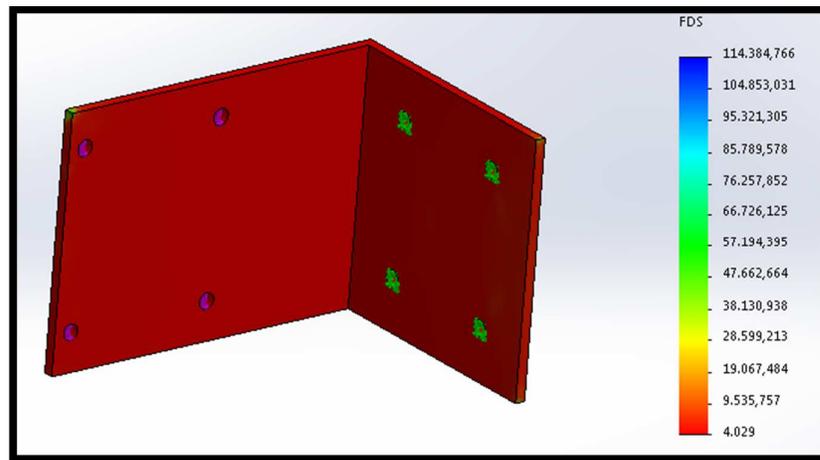


Figura 82 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida

Conclusión 3:

Como se puede observar, el factor de seguridad mínimo fue de 4,029 que equivale a 4, por lo tanto queda concluido que la placa base del motor no fallará a la carga máxima lo que cualquier valor por debajo del mismo está permitido.

3.6.2.9 Motorreductor

Para realizar el transporte de papas se utilizará un motorreductor eléctrico que al recibir una señal eléctrica emitida desde el controlador por medio de un pre-actuador (relé) tanto en la etapa de control y otro en la de potencia (contactor).

También aparte del actuador eléctrico existirá un reductor mecánico que acoplados en conjunto reducen su velocidad de salida considerablemente a una velocidad deseada constante.

Partiendo del requerimiento del cliente de realizar el corte de 20 papas / min, se determinó que el tiempo máximo para alimentar papas por parte del

operador desde la zona de pelado, realizar el control de calidad y colocarlas en la zona de corte es cada **3 segundos**.

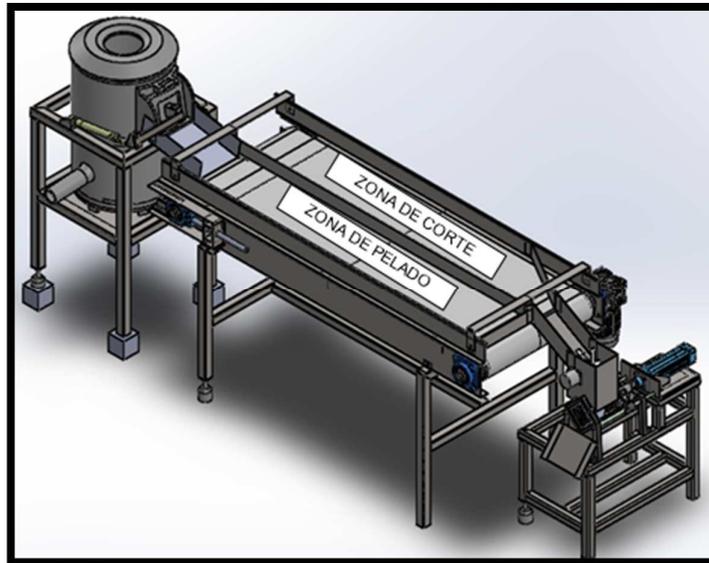


Figura 83 Zonas de corte y pelado módulo II

La empresa Sormac para la realización del transporte de papas recomienda tener una velocidad horizontal de revisión entre 5 a 10[m/s], por lo tanto se tomó un valor medio de 8[m/s].

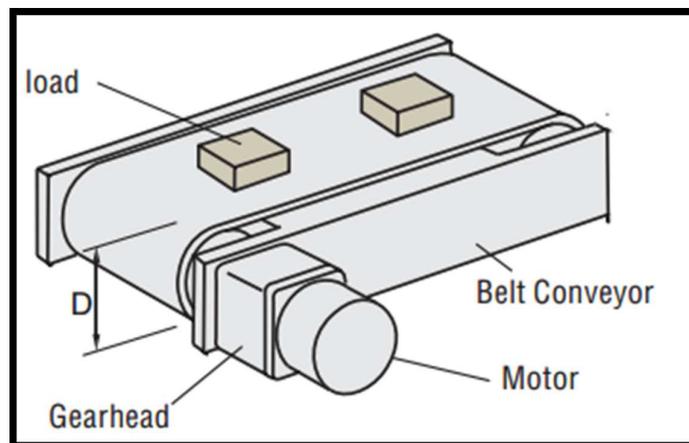


Figura 84 Esquema banda transportadora

Fuente: (Motor, 2013)

La selección del motor eléctrico a utilizar en el sistema de la banda transportadora se determinara en función de la potencia y toque necesario para realizar el movimiento de las papas en su superficie.

A continuación se presenta un diagrama de fuerzas del sistema de la banda transportadora.

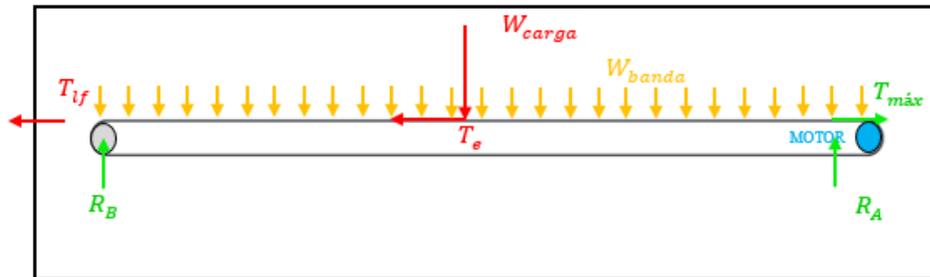


Figura 85 Diagrama de fuerzas en la cinta transportadora

Donde:

W_{carga} = Peso de la carga, (papas)

W_{banda} = Peso de la banda, como una carga distribuida

T_{lf} = Tensión del lado flojo

T_e = Tensión efectiva.

$T_{m\acute{a}x}$ = Tensión máxima aplicada al rodillo que se conecta con el motor.

La tensión efectiva en base al Conveyor Handbook (Conveyor Handbook, 2015) es la fuerza que se necesita para realizar el movimiento de la cinta transportadora cargada de papas y se determina de la siguiente manera:

$$T_e = T_x + T_y \pm T_z$$

Donde:

T_x = Tensión necesaria para desplazar a la banda vacía.

T_y = Tensión necesaria para desplazar la carga en sentido horizontal.

T_z = Tensión necesaria para subir o bajar la carga.

Donde en nuestro diseño T_z tendrá el valor de cero debido a que no necesitaremos bajar o subir nuestra carga a lo largo de la banda transportadora.

$$T_x = \mu_x \times W_{banda}$$

μ_x es el coeficiente de fricción en el enrollamiento, por lo tanto es el coeficiente entre la banda y los tambores deslizantes, el coeficiente de fricción lo podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 41
Coeficientes de fricción de materiales

Características mecánicas	PTFE	PE	PE	PVC
	Algoflon	APM	UHMW	Polivinilo
Coefficiente de fricción con el acero	0,1	0,32	0,3	0,42

Fuente: (SAEuroFlon, 2015)

Entonces escogemos el valor de:

$$\mu_x = 0.42$$

Ahora procedemos a calcular la carga distribuida generada por la cinta transportadora.

$$masa_{\frac{cinta}{m^2}} = 2.1 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

En base al ancho de la banda que es de 560 mm, podemos calcular la masa de la cinta por metro:

$$masa_{\frac{cinta}{m}} = 2.1 \left[\frac{Kg}{m^2} \right] \times 0.56m$$

$$masa_{\frac{cinta}{m}} = 1,176 \left[\frac{Kg}{m} \right]$$

$$W_{banda} = masa_{cinta/m} \times L_{total}$$

$$W_{banda} = 1,176 \left[\frac{Kg}{m} \right] * 3,460 [m]$$

$$W_{banda} = 4,068 [Kg]$$

Multiplicamos por la gravedad para obtener el peso de la banda en newtons.

$$W_{banda} = 4,068 [Kg] * 9,8 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

$$W_{banda} = 39,87 [N]$$

Entonces podemos calcular la fuerza de tensión T_x

$$T_x = \mu_x \times W_{banda}$$

$$T_x = 0,42 \times 39,87 [N]$$

$$T_x = 16,74 [N]$$

Ahora calculamos la tensión necesaria para desplazar la carga de forma horizontal

$$T_y = \mu_y \times W_{carga}$$

Entonces el valor de será:

$$\mu_y = 0.42$$

Ahora procedemos a calcular la carga distribuida generada por el peso de las papas, para nuestro caso utilizamos el valor más crítico que es un quintal de papas donde su masa es de 50[Kg].

Multiplicamos por la gravedad para obtener el peso de la banda en newtons.

$$W_{banda} = 50 [Kg] * 9,8 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

$$W_{banda} = 490 [N]$$

La fuerza T_y sería entonces:

$$T_y = \mu_y \times W_{carga}$$

$$T_y = 0.42 \times 490 [N]$$

$$T_y = 205,8 [N]$$

De esta manera podemos hallar la fuerza efectiva total producida en la cinta transportadora:

$$T_e = T_x + T_y$$

$$T_e = 16,74 [N] + 205,8 [N]$$

$$T_e = 222,54 [N]$$

Ahora procedemos a calcular la tensión de lado flojo T_{lf} . Esta tensión es la que permite obtener una tracción adecuada entre los tambores y la cinta transportadora sin patinar.

$$T_{lf} = K \times T_e$$

Para determinar el factor K que es el factor de transmisión para prevenir el deslizamiento, podemos encontrarlo en la siguiente tabla, considerando que tenemos el ángulo de contacto en la banda es de $\Theta=180^\circ$ y con un tensor de tornillo y una polea lisa.

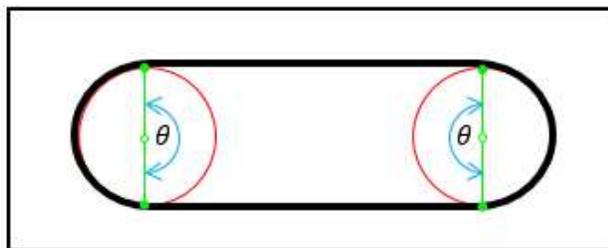


Tabla 42 Ángulos de contacto tambores con cinta transportadora

Tabla 43
Factor de transmisión K

ANGULO DE CONTACTO EN LA BANDA DE TRANSMISION	TIPO DE TRANSMISION	TENSOR DE TORNILLO		TENSOR DE GRAVEDAD	
		POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA	POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA
150°	Recta	1.5	1	1.08	0.67
160°	Recta	1.4	0.9	0.9	0.60
170°	Recta	1.3	0.9	0.91	0.55
180°	Recta	1.2	0.8	0.84	0.50
190°	De contacto	1.1	0.7	0.77	0.45
200°	De contacto	1	0.7	0.72	0.42
210°	De contacto	1	0.7	0.67	0.38
220°	De contacto	0.9	0.6	0.62	0.35
230°	De contacto	0.9	0.6	0.58	0.32
240°	De contacto	0.8	0.6	0.54	0.30
340°	Tandem o Dual	0.5	0.4	0.29	0.143
360°	Tandem o Dual	0.5	0.4	0.26	0.125
380°	Tandem o Dual	0.5	0.3	0.23	0.108
400°	Tandem o Dual	0.5	0.3	0.21	0.095
420°	Tandem o Dual	0.4	0.3	0.19	0.084
440°	Tandem o Dual	-	-	0.17	0.074
460°	Tandem o Dual	-	-	0.15	0.064
480°	Tandem o Dual	-	-	0.14	0.056

(CONTITECH, 2015, pág. 12)

Entonces el factor de transmision es $K=1,2$.

Con el valor de la constante de transmisión 'K', se calcula la tensión de lado flojo:

$$T_{lf} = K \times T_e$$

$$T_{lf} = 1,2 \times 222,54 [N]$$

$$T_{lf} = 267,048 [N]$$

Una vez halladas la tensión efectiva y la tensión de lado flojo, podemos hallar la máxima tensión máxima que es la tensión aplicada en la cinta y resulta de sumar la tensión efectiva con la tensión de lado flojo.

$$T_{m\acute{a}x} = T_e + T_{lf}$$

$$T_{m\acute{a}x} = 222,54 [N] + 267,048 [N]$$

$$T_{m\acute{a}x} = 489,53[N]$$

A continuación procedemos a calcular la potencia requerida en el eje del tambor para mover la cinta transportadora teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Partiendo del requerimiento del cliente de realizar el corte de 20 papas / min, se determinó que el tiempo máximo para alimentar papas por parte del operador a la zona de corte es cada **3 segundos**.
- La velocidad horizontal de revisión de 8[m/s]=0,13[m/min] mencionada anteriormente.

Entonces tenemos que la velocidad lineal de la banda transportadora es de $V=0,13[m/min]$, por consiguiente la velocidad angular será:

Sabiendo que el valor del radio del tambor $R=56 [mm]=0,056 [m]$

$$\omega = \frac{V}{R}$$

$$\omega = \frac{8 \left[\frac{m}{min} \right]}{0,056[m]}$$

$$\omega = 142,85 [rad/min]$$

A RPM

$$\omega = 142,85 \frac{rad}{min} * \frac{1 rev}{2\pi rad}$$

$$\omega = 22,73 [RPM]$$

Ahora procedemos a calcular la relación de reducción:

$$i = \frac{n1}{n2}$$

Donde:

$n1 =$ Velocidad de entrada del reductor [RPM] = 1670 [RPM]

$n2 =$ Velocidad de salida del reductor [RPM] = 23 [RPM]

$$i = \frac{1670}{23}$$

$$i = 72,6$$

Entonces el reductor que más se aproxima es de **i=70**

Con los datos obtenidos de la fuerza máxima y la velocidad lineal del motor, calculamos la potencia necesaria en el eje para mover la banda transportadora

$$Pot = T_{m\acute{a}x} \times v_p$$

$$Pot = 489,53[N] * 0.13 \text{ m/s}$$

$$Pot = 63.6487 [W]$$

Una vez obtenida la potencia podemos calcular el torque máximo que se necesita en el eje del tambor.

$$Torque \text{ max} = T_{max} * R_{tambor}$$

$$Torque \text{ max} = 489,53[N] * 0,056[m]$$

$$Torque \text{ max} = 27,42 [N][m]$$

Una vez obtenido el toque procedemos a calcular la potencia del motor utilizando las ecuaciones del catálogo de Siemens que se muestran en la siguiente figura.

$$P_1 = \frac{T_2 * n_2}{9550 * \eta} * f_s \text{ [kW]}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Donde:

- P_1 = Potencia de entrada al reductor (kW)
- T_2 = Torque a la salida del reductor (requerido por la carga en Nm)
- n_2 = Velocidad de salida del reductor (requerida por la carga en rpm)
- n_1 = Velocidad de entrada del reductor (salida del motor en rpm) ¹⁾
- η = Eficiencia del reductor²⁾
- f_s = Factor de servicio de la máquina o aplicación accionada (Ver tabla adjunta)
- i = Relación de reducción (dato de placa del reductor)

Tabla de factores de servicio recomendados

Funcionamiento horas/día	Tipo de Carga		
	Uniforme	Media	Con choques
2	0.9	1.1	1.5
10	1.0	1.25	1.75
24	1.25	1.50	2.00

Figura 86 Fórmula para el cálculo del reductor

Fuente: (Siemens, 2014)

Para la eficiencia del reductor se tomó como referencia el catálogo de Varvel como se observa en la siguiente figura.

Reductores simples tornillo sin fin RS - RT											Tabla de selección		
RS RT	i = rpm	5	7	10	15	20	28	40	49	56	70	80	100
RS - RT 28	kW	---	0,45	0,33	0,23	0,16	0,16	0,10	0,09	0,08	0,06	0,05	0,03
	Nm	---	18	18	18	16	20	17	17	15	12	12	8
	eff.	---	0,84	0,81	0,77	0,74	0,66	0,62	0,57	0,51	0,45	0,45	0,43
	$J \times 10^{-6}$	---	6,0100	5,5500	5,3000	5,2100	5,1600	5,1300	5,1200	5,1200	5,1100	5,1100	5,1100
RS - RT 40	kW	1,5	1,1	0,81	0,55	0,38	0,37	0,25	0,21	0,18	0,14	0,12	0,09
	Nm	45	45	46	44	39	48	42	41	38	36	32	29
	eff.	0,87	0,85	0,83	0,78	0,75	0,68	0,61	0,58	0,56	0,52	0,50	0,46
	$J \times 10^{-6}$	2,275	2,2130	2,0040	1,8920	1,8530	1,8280	1,8150	1,8110	1,8090	1,8060	1,8050	1,8040

Figura 87 Eficiencia del reductor

Fuente: (Varvel, 2015)

Reemplazando los datos en la fórmula tenemos:

$$P_1 = \frac{\text{Torque max} * n_2}{9550 * n} * fs$$

Donde:

n_2 = Velocidad de salida del reductor [RPM] = 23 [RPM]

n = Eficiencia del reductor = 0,52

fs = factor de servicio = 1

$$P_1 = \frac{27,42 [N][m] * 23[RPM]}{9550 * 0,52} * 1 \quad [kW]$$

$$P_1 = 0,126 [kW] = 126 [W] = 0,168 [HP]$$

El motor comercial y disponible en el mercado es de:

$$P_1 = 0,18[kW] = 0,25 [HP]$$

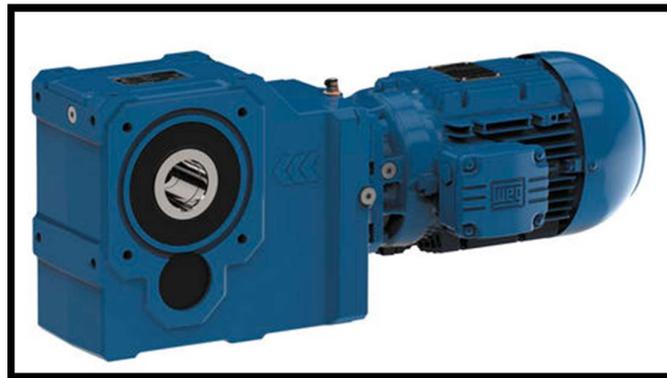


Figura 88 Motorreductor

Fuente: (Directindustry, 2016)

Tabla 44

Especificaciones técnicas motorreductor

Especificaciones Generales	
Marca	WEG
Potencia	0.18 kW
Velocidad Entrada	1670 RPM
Voltaje	110/220 V
Amperaje	3.4/1.7 A
Cos ϕ	0.95
Temperatura	40°C
SF	1.15
Reducción	i70
Velocidad de Salida	23,86 RPM

3.6.2.10 Tambores

Los tambores serán los encargados de dar el movimiento a la cinta transportadora, tenemos el tambor motriz y de cola, el tambor motriz se encontrará conectado a un motor eléctrico de 0,187 KW con caja reductora de i 70 de relación de transmisión obteniendo a la salida 25 RPM.

El tambor motriz estará envuelto por una banda forradora fina que sirve para mejorar el agarre de la cinta transportadora de 2mm de PVC.

El tambor de cola solo se encuentra colocado sobre las chumaceras tensoras y no cuenta con banda forradora.

Los materiales utilizados para la construcción de ambos tambores serán tubo de vapor cédula 40 ASTM A53 de 4 ½", eje de acero ASTM A36 de 1 ¼" y discos de acero AISI A36 de 8[mm] de espesor que sirven como tapas.

A ambos tambores se los galvanizará, esto consiste en un tratamiento electroquímico que sirve como protección ante la corrosión de los metales.

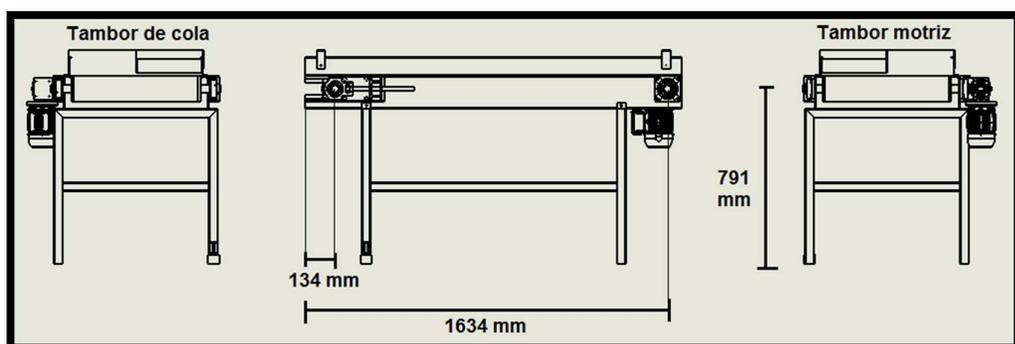


Figura 89 Esquema y ubicación de tambores

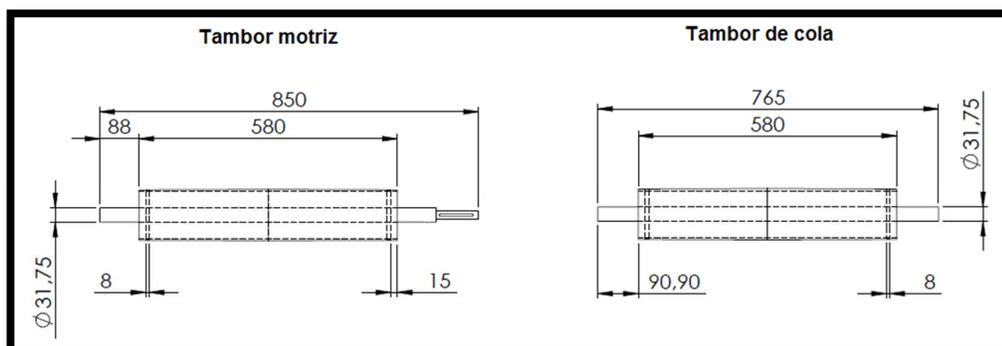


Figura 90 Dimensiones de tambor motriz y de cola

A continuación calculamos los ejes para los tambores de la banda transportadora.

Los tambores tendrán 10 mm más a cada lado del ancho de la banda 560 [mm] por lo tanto tendrán una longitud de 580 [mm] y unos apoyos de 92,5

[mm] de largo para colocarse en las chumaceras teniendo las dimensiones como se observa en la siguiente figura:

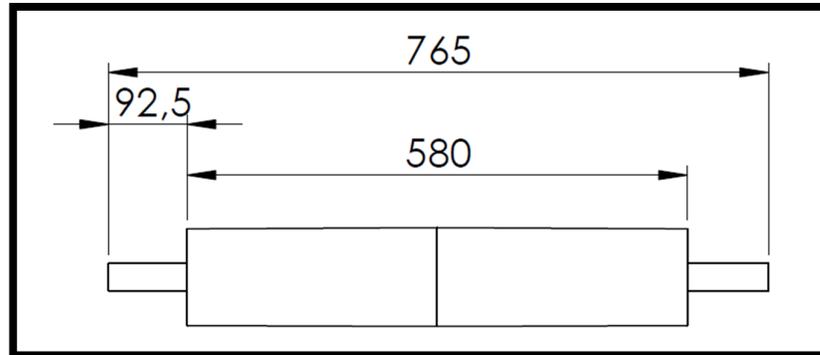


Figura 91 Dimensiones longitudinales del tambor en [mm]

Realizamos el diagrama de cuerpo libre para determinar las reacciones, aquí se considera las fuerzas máximas aplicadas sobre el tambor tanto las tensiones de la banda en el eje X y el peso generado por la carga en el eje Y.

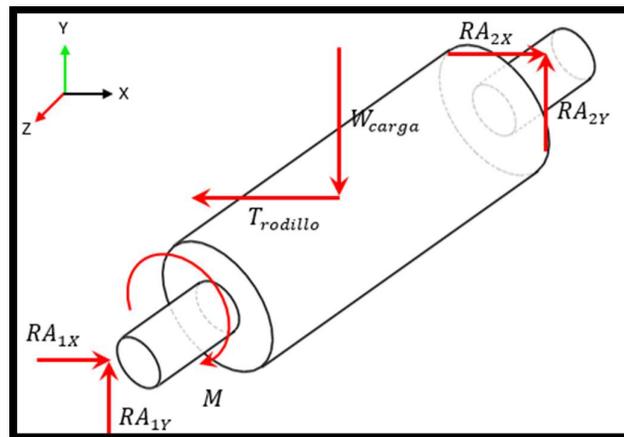


Figura 92 Distribución de fuerzas en el tambor

La tensión T en el tambor sería la siguiente:

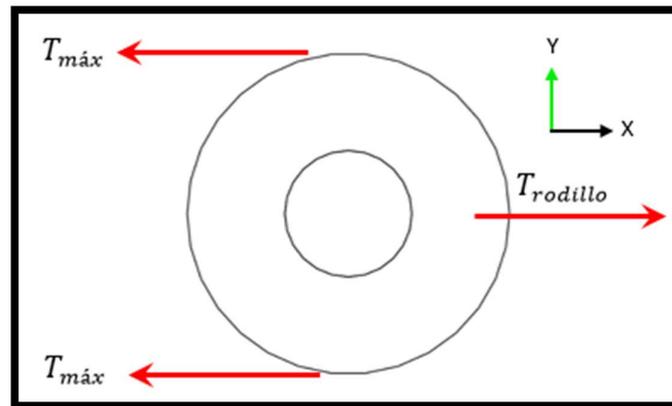


Figura 93 Diagrama de tensiones en el tambor plano X-Y

$$\sum F_x = 0$$

$$T_{rodillo} - 2 \times T_{máx} = 0$$

$$T_{rodillo} = 2 \times 489,53 \text{ N}$$

$$T_{rodillo} = 979,06 \text{ N}$$

El peso de la carga es $W_{carga} = 186,2 \text{ N}$, que es el peso de 12kg de papas más el peso de 7kg del tubo de vapor que conforma el tambor. Se procede a realizar el análisis de cargas del tambor en el plano Y-Z, aquí se considerará la fuerza total ejercida del peso de la carga en el punto medio del tambor.

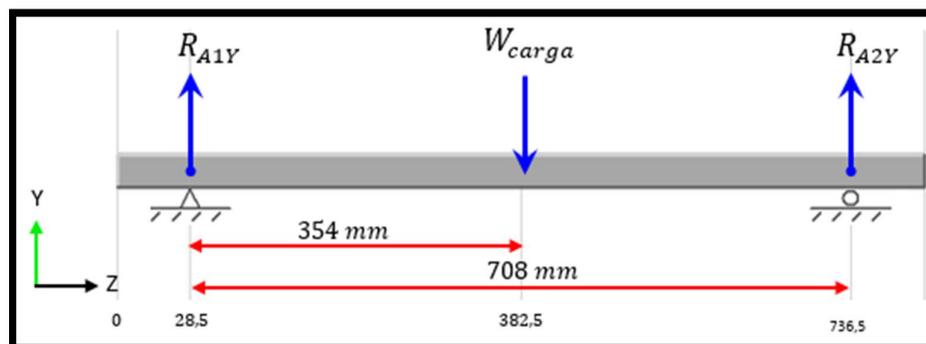


Figura 94 Distribución de fuerzas en el plano Y-Z

$$\sum M_{A1} = 0 \quad (+)$$

$$W_{carga} \times 354 \text{ mm} - R_{A2Y} \times 708 \text{ mm} = 0$$

$$R_{A2Y} = \frac{186,2 \text{ N} \times 354 \text{ mm}}{708 \text{ mm}}$$

$$R_{A2Y} = 93,1 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$R_{A1Y} + R_{A2Y} - W_{CARGA} = 0$$

$$R_{A1Y} = 186,2 \text{ N} - 93,1 \text{ N}$$

$$R_{A1Y} = 93,1 \text{ N}$$

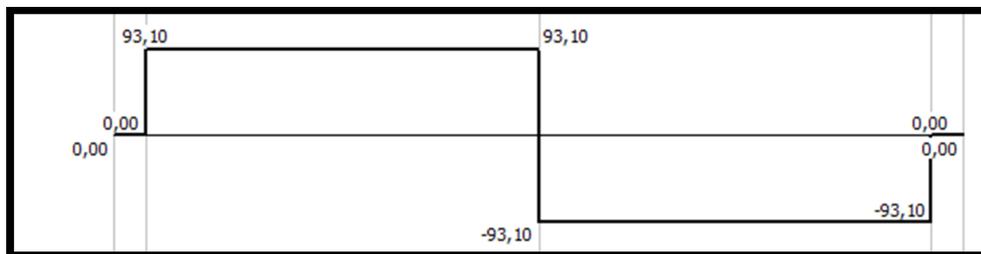


Figura 95 Diagrama de fuerzas en el plano Y-Z

Se procede a realizar el análisis de cargas del tambor en el plano X-Z, aquí se considerará la tensión en el tambor producto de la tensión máxima que experimenta la banda.

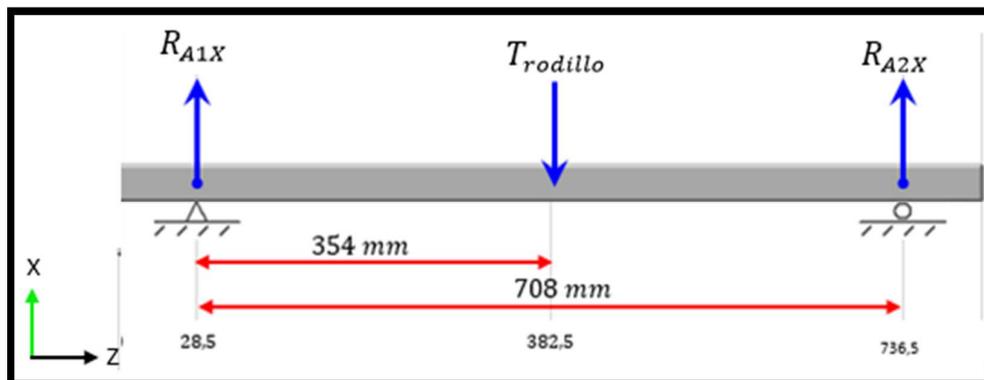


Figura 96 Distribución de fuerzas en el plano X-Z

$$\sum M_{A1} = 0$$

$$T_{rodillo} \times 354 \text{ mm} - R_{A2X} \times 708 \text{ mm} = 0$$

$$R_{A2X} = \frac{979,06 \text{ N} \times 354 \text{ mm}}{708 \text{ mm}}$$

$$R_{A2X} = 489,53 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{A1X} + R_{A2X} - T_{rodillo} = 0$$

$$R_{A1X} = 979,06 - 489,53 \text{ N}$$

$$R_{A1X} = 489,53 \text{ N}$$

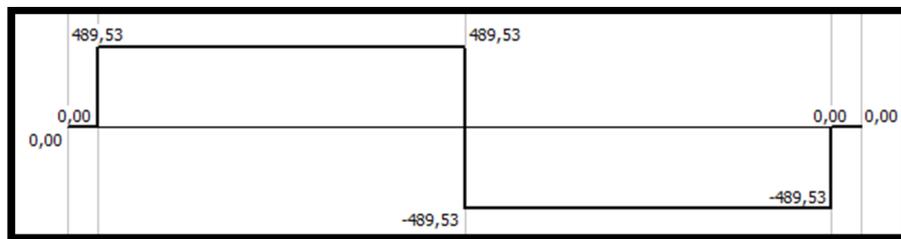


Figura 97 Diagrama de fuerzas en el plano X-Z

Una vez calculada las fuerzas en sus apoyos, se calcula el diámetro mínimo de los apoyos del tambor:

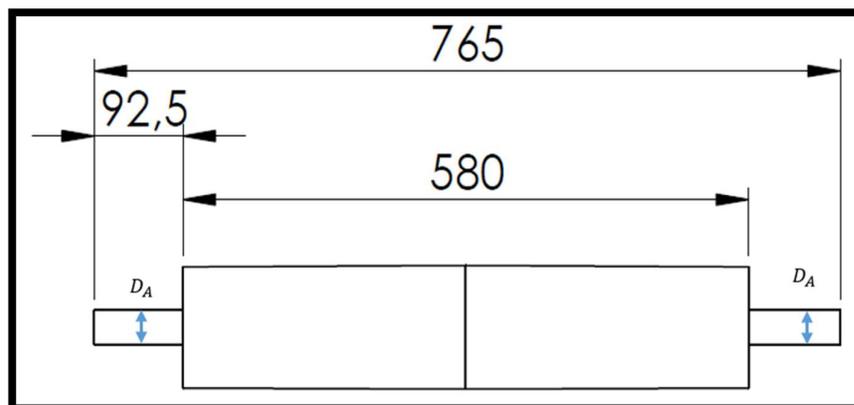


Figura 98 Dimensiones longitudinales del tambor

$D_A =$ Diámetro de los apoyos del rodillo

Calculamos la reacción total aplicada en los apoyos:

$$R_{A1} = \sqrt{R_{A1X}^2 + R_{A1Y}^2}$$

$$R_{A1} = \sqrt{489,53^2 + 93,1^2}$$

$$R_{A1} = 498,3 \text{ N}$$

La Reacción en A_2 es igual a la reacción en A_1 debido a que se encuentran a la misma distancia de las fuerzas que intervienen en el tambor.

Se halla el momento flexionante máximo en el eje:

$$M_f = R_{A1} \times L_A$$

En donde L_A es la distancia del apoyo al punto donde se está ejerciendo la fuerza que produce el momento flexionante:

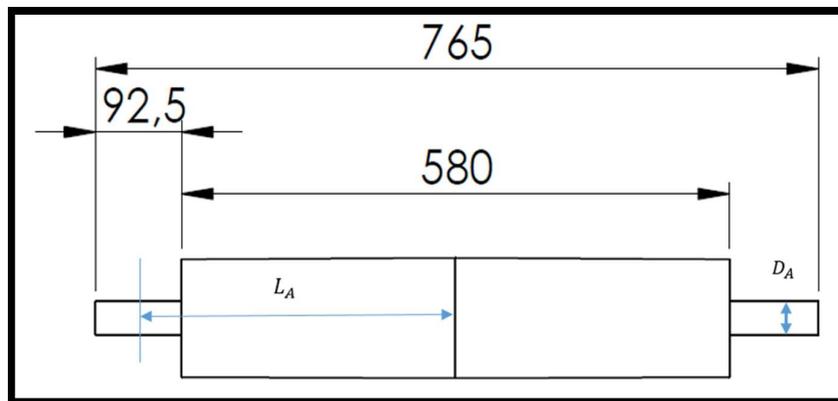


Figura 99. Distancia del apoyo hacia el centro del cilindro

$$L_A = \frac{765}{2} \text{ mm} - 28,5 \text{ mm}$$

$$L_A = 354 \text{ mm}$$

$$M_f = 498,3 \text{ N} \times 354 \text{ mm}$$

$$M_f = 176398,2 \text{ Nmm}$$

El material del que está constituido el tambor es de acero ASTM A36. Para el cálculo del diámetro, partiremos de la teoría del esfuerzo cortante máximo (*Budynas, 2012 p.211*) aplicando la siguiente fórmula:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{S_y}{2n}$$

En donde:

$\tau_{m\acute{a}x}$ = *Esfuerzo cortante Máximo*

S_y = *Límite de Fluencia del material*

n = *Factor de Seguridad*

El límite de fluencia para el Acero ASTM A36 es 36 KPSI, con lo que se tiene:

$$S_y = 36000 \text{ PSI}$$

$$S_y = 36000 \text{ PSI} \left| \frac{6894,75 \text{ Pa}}{1 \text{ PSI}} \right| \left| \frac{1 \text{ MPa}}{1 \times 10^6 \text{ Pa}} \right|$$

$$S_y = 248.211 \text{ Mpa}$$

El factor de seguridad impuesto es de 2; con lo que se tiene:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{248.211 \text{ MPa}}{2(2)}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \mathbf{62.0528 \text{ MPa}}$$

El esfuerzo cortante máximo también se lo calcula de esta manera:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \left[\left(\frac{\sigma_x}{2} \right)^2 + (\tau_{xy})^2 \right]^{1/2}$$

En donde:

σ_x = *Esfuerzo normal*

τ_{xy} = *Esfuerzo cortante*

El esfuerzo normal se lo calcula de la siguiente manera:

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

Para figuras cilíndricas, en donde:

$M =$ Momento flexionante máximo

$D =$ Diámetro del Apoyo

Por lo tanto se tiene:

$$\sigma_x = \frac{32M_f}{\pi D_A^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 \times 176398,2 \text{ Nmm}}{\pi D_A^3}$$

$$\sigma_x = \frac{1796777,311 \text{ Nmm}}{D_A^3}$$

El esfuerzo cortante se lo calcula de la siguiente manera:

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi D^3}$$

Para figuras cilíndricas, en donde:

$T =$ Torque ejercido por el motor

$D =$ Diámetro del Apoyo

Por lo tanto se tiene:

$$\tau_{xy} = \frac{16T \text{ or } r_{motor}}{\pi D_A^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times 27420 \text{ Nmm}}{\pi D_A^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{139648,9 \text{ Nmm}}{D_A^3}$$

Lo siguiente que hacemos es reemplazar los esfuerzos normales y cortantes en la fórmula del esfuerzo cortante máximo:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \left[\left(\frac{\sigma_x}{2} \right)^2 + (\tau_{xy})^2 \right]^{1/2}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \left[\left(\frac{(1796777,311 \text{ Nmm})^2}{2 * D_A^3} \right) + \left(\frac{(139648,9 \text{ Nmm})^2}{D_A^3} \right) \right]^{1/2}$$

Finalmente, reemplazamos el valor del esfuerzo cortante máximo hallado en funci3n de su límite de fluencia y factor de seguridad y encontramos el diámetro del apoyo:

$$62.0528 \text{ MPa} = \left[\left(\frac{(1796777,311 \text{ Nmm})^2}{2 * D_A^3} \right) + \left(\frac{(139648,9 \text{ Nmm})^2}{D_A^3} \right) \right]^{1/2}$$

Resolviendo la ecuaci3n con WolframAlpha

The screenshot shows the WolframAlpha interface. Under 'Input interpretation', the equation entered is: $\sqrt{\left(\frac{1.796777311 \times 10^6}{2x^3}\right)^2 + \left(\frac{139648.9}{x^3}\right)^2} - 62.0528 = 0$. Under 'Results', the solutions are listed as: $x = \pm 24.4697$, $x = \pm(12.2349 + 21.1914 i)$, and $x = \pm(12.2349 - 21.1914 i)$. A 'Step-by-step solution' button is visible on the right.

Figura 100 Resoluci3n con la ayuda de software WolframAlpha

$$D_a = 24,46 \text{ mm}$$

El diámetro mínimo para los apoyos de los tambores es de 24,46 mm.

Al momento de adquirir las chumaceras tensoras, el diámetro comercial más cercano fue de 25,4 [mm] de diámetro, pero localmente no contaban en stock por lo que se eligi3 chumaceras de 31,75 [mm] de diámetro, lo que repercuti3 en adquirir ejes del mismo diámetro, que no afecta en el diseño sino al contrario lo hace mas robusto.

3.6.2.11 Sistema de tensado de banda

El sistema de tensado de la banda transportadora son elementos que juntos se encargan de alinear la banda y darle la rigidez necesaria según las características de la carga. Cabe mencionar que se necesita dos sistemas mostrados en la siguiente imagen para cada lado de la banda transportadora.

Es sistema tensor se encuentra conformado por los siguientes elementos:

1. Una placa base en perfil en forma de u donde estarán alojados todos los elementos. Estará fabricada de acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 3 [mm].
2. Una chumacera tensora FBJ T207.
3. Una base en forma de H que es la cual soportará el tensado de la banda, será fabricada en acero inoxidable AISI 304 de 6[mm].
4. Un varilla roscada de acero inoxidable AISI 304 de $\frac{3}{4}$ de pulgada.
5. Dos guías de varilla cuadrada de acero inoxidable AISI 304 de $\frac{3}{8}$ de pulgada.

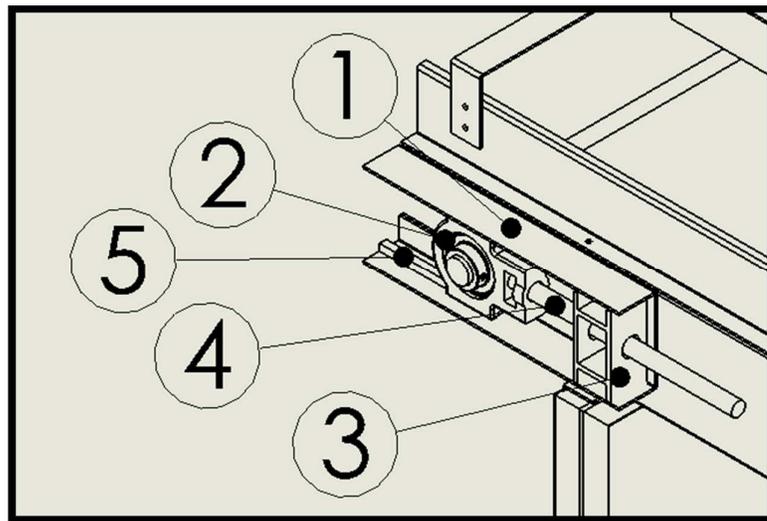


Figura 101 Partes del sistema de tensado

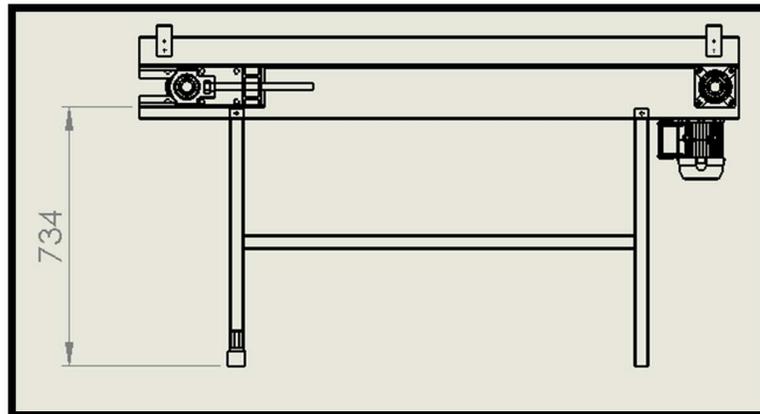


Figura 102 Esquema y ubicación del sistema de tensado

El análisis estático del sistema de tensado del elemento más crítico que soportara toda la tensión presentado a continuación, desarrollado en SolidWorks y presentado a continuación:

La carga máxima que va a soportar este elemento es de 979,06[N] que equivalen a la carga máxima producido por la tensión en el tambor.

Tensión axial y de flexión

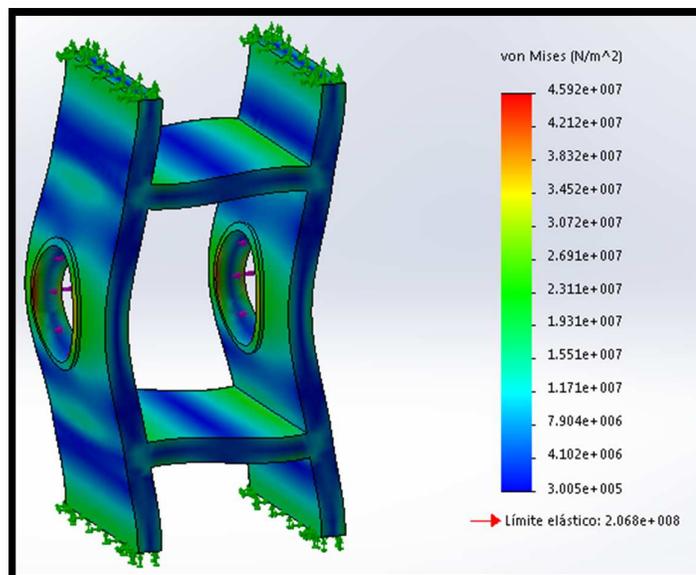


Figura 103 Resultado tensión axial y flexión

Conclusión 1:

Se observó que nuestra estructura bajo las condiciones seleccionadas soportará ya que la tensión axial y de flexión en el límite superior no supera el límite elástico del material.

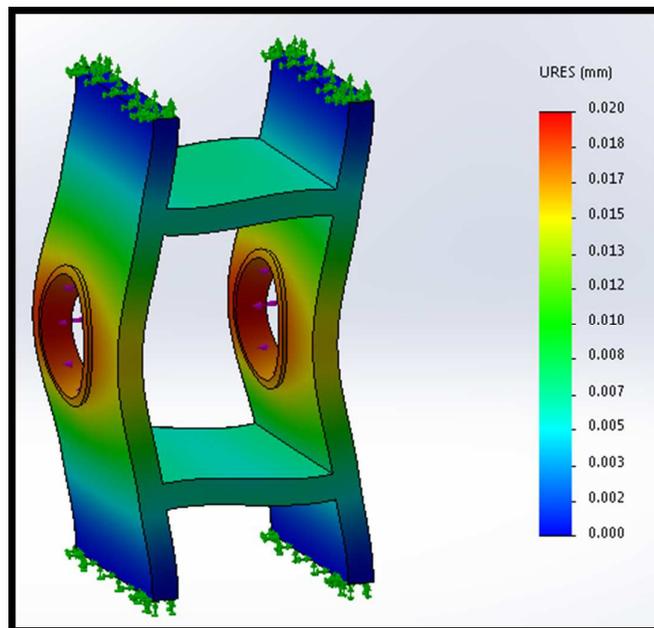
Desplazamientos

Figura 104 Resultado desplazamiento producido por la carga

Conclusión 2:

El máximo desplazamiento fue de 0,02 mm en las zonas de color rojo, lo que nos indica que no tendremos problemas de desplazamientos con nuestra carga aplicada.

Factor de seguridad distribuida en el modelo.

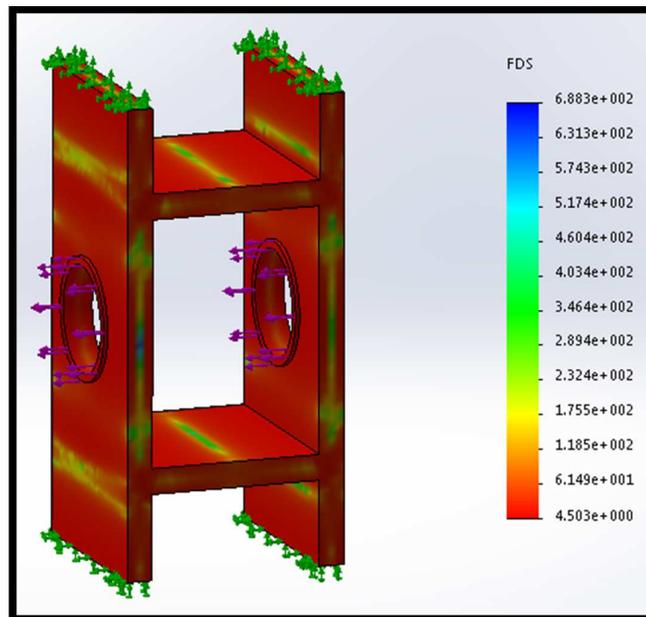


Figura 105 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida

Conclusión4:

Como se puede observar, el factor de seguridad mínimo fue de 4,8 por lo tanto queda concluido que la estructura no fallará a la carga máxima lo que cualquier valor por debajo del mismo está permitido.

3.6.3 Módulo III. Etapa de corte de papas

El módulo III básicamente constará de los siguientes elementos:

1. Estructura cortadora
2. Cortadora
3. Mecanismo carrusel
4. Canal
5. Guía banda transportadora
6. Nivelador cortadora
7. Canal de salida

- 8. Soporte cilindro cortadora
- 9. Tolva cortadora
- 10. Sensor
- 11. Motor a pasos
- 12. Cilindro neumático

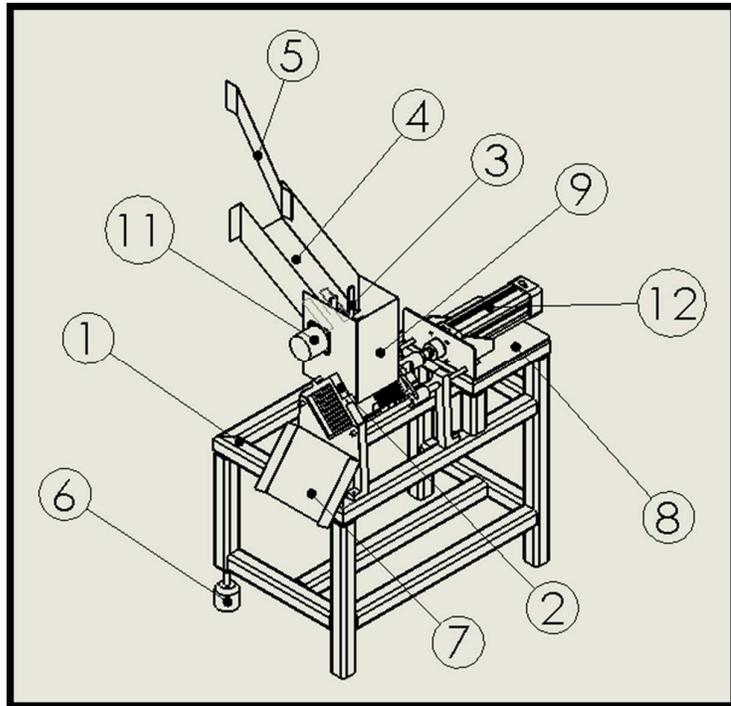


Figura 106 Esquema general módulo III

Tabla 45
Función de los elementos del módulo II

N° COMPONENTE	FUNCIÓN
1 Estructura cortadora	Albergar los componentes del módulo III
2 Cortadora	Cortar papas estilo bastón
3 Mecanismo carrusel	Alimentar a la cortadora de papas
4 Canal	Comunicar la banda transportadora con la cortadora
5 Guía banda transportadora	Posicionar las papas a la entrada del canal
6 Nivelador	Equilibrar la estructura
7 Canal de salida	Orientar papas cortadas al recipiente
8 Soporte cilindro cortadora	Alojar cilindro neumático
9 Tolva cortadora	Posicionar la papa en la cortadora y evitar lesiones por contacto con la cortadora
10 Sensor	Detectar presencia de papas
11 Motor a pasos	Mover el mecanismo carrusel
12 Cilindro neumático	Proveer la fuerza necesaria para el corte

3.6.3.1 Estructura cortadora

La estructura de la cortadora será en donde se van alojar la cortadora con sus demás elementos que lo conforman.

Será fabricada de tubo cuadrado inoxidable AISI 304 de 40x1,2[mm].

Las dimensiones de la estructura se muestran en la siguiente imagen, para más detalle revisar los planos ubicados en la zona de anexos.

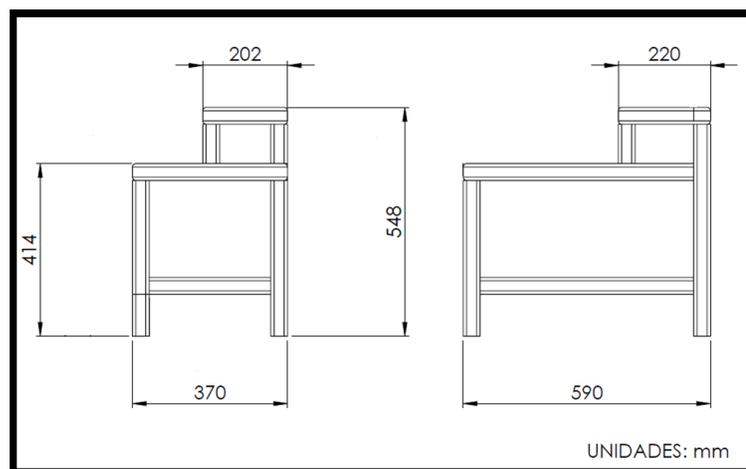


Figura 107 Dimensiones estructura cortadora

3.6.3.2 Cortadora

La cortadora se encuentra conformada por las siguientes partes:

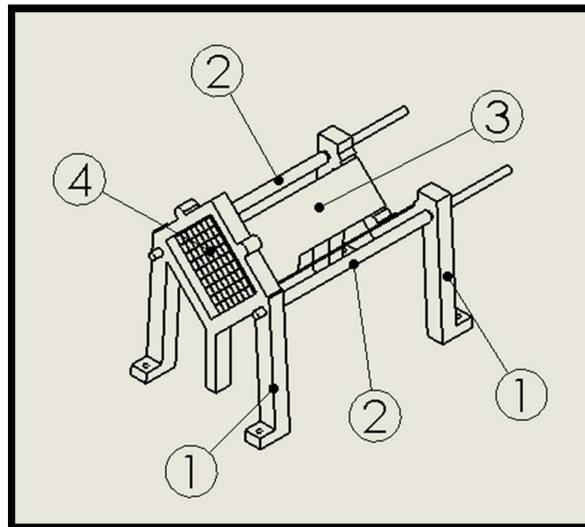


Figura 108 Esquema general cortadora

1. Estructura de la cortadora: son partes robustas fabricadas totalmente en fundición de aluminio, con un límite elástico de 145 [Mpa]. (Materiales Industriales , 2014)

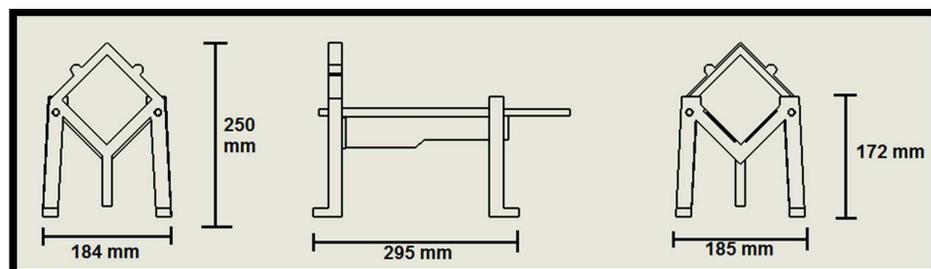


Figura 109 Esquema estructura cortadora

2. Ejes guía: permiten guiar el movimiento y transferirlo para realizar el corte de la papa, están fabricados de varilla redonda de ½ pulgada de

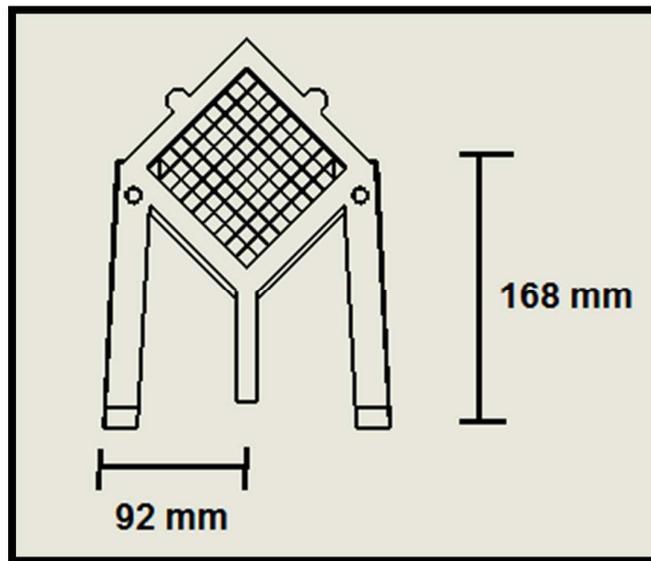


Figura 112 Esquema rejilla con cuchillas

El análisis estático de la cortadora, desarrollado en SolidWorks y presentado a continuación:

La carga máxima que va a soportar la cortadora está dada por la fuerza máxima que ejerce el cilindro neumático para realizar el corte de las papas. Para realizar el análisis en SolidWorks se tomó el dato de la fuerza máxima del cilindro de corte que equivale a 900 [N] justificado en el punto (3.6.3.12).

Tensión de Von Mises

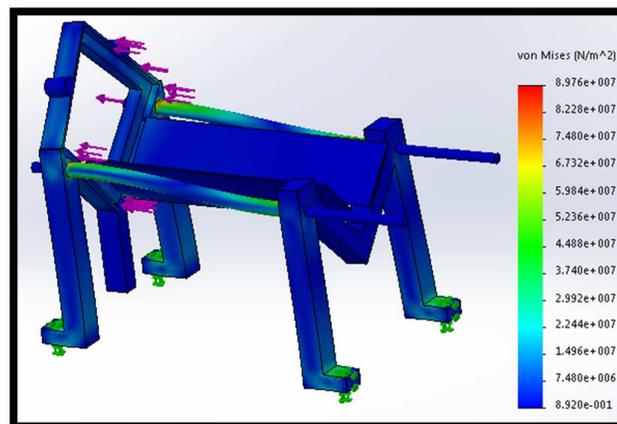


Figura 113 Resultado de tensión axial y de flexión

Conclusión 1:

Se observó que nuestra estructura bajo las condiciones seleccionadas soportará ya que la tensión axial y de flexión en el límite superior no supera el límite elástico del material.

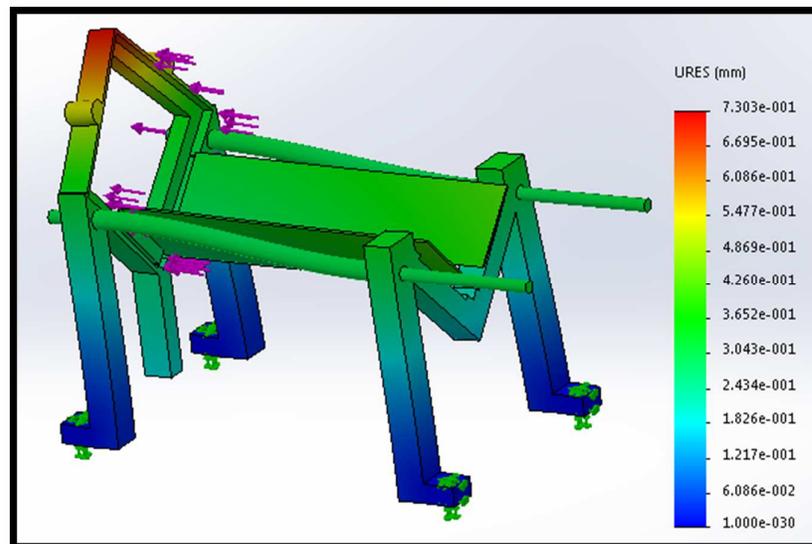
Desplazamientos

Figura 114 Resultado desplazamiento producidos por la carga

Conclusión 2:

El máximo desplazamiento fue de 0,73 [mm] en las zonas de color rojo, lo que generó un problema ya que la cortadora estará sometida a cargas cíclicas producidas por el corte de las papas.

Factor de seguridad distribuida en el modelo.

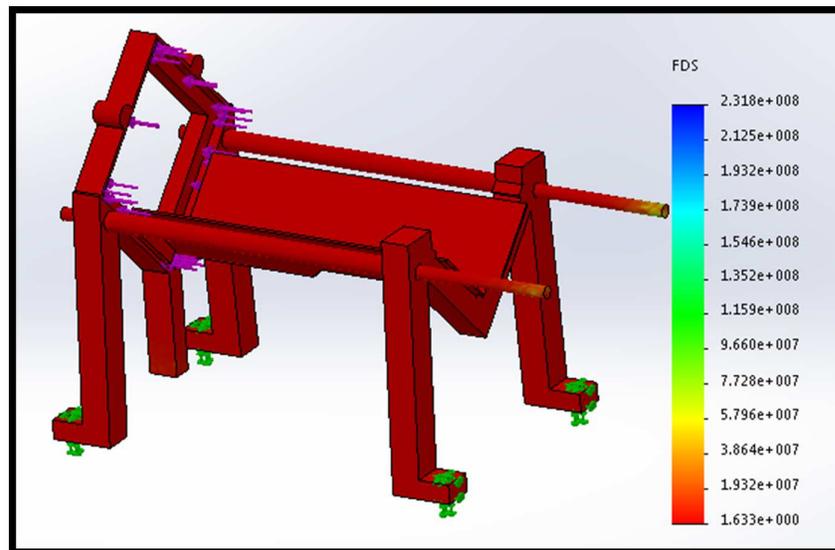


Figura 115 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida

Conclusión 3:

Como se puede observar, el factor de seguridad mínimo fue de 1,6 por lo tanto queda concluido que la estructura a la carga máxima y sabiendo que trabajará a ciclos repetitivos hay que tomar una solución mostrada a continuación.

Para solucionar este problema se aumentó la longitud de los ejes y se los sujeto en la base cilindro neumático para rigidizar la estructura, se realizó un nuevo análisis en SolidWorks obteniendo los siguientes resultados.

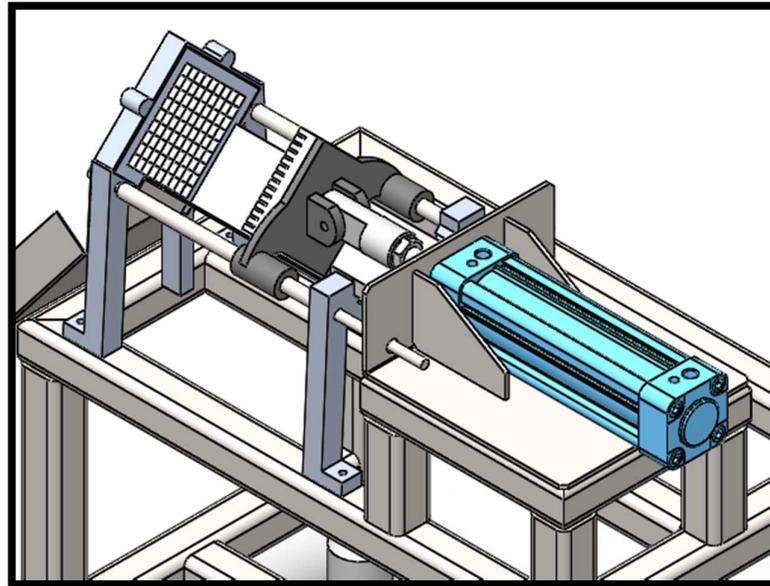


Figura 116 Ejes sujetos a base del cilindro neumático

Tensión de Von Mises

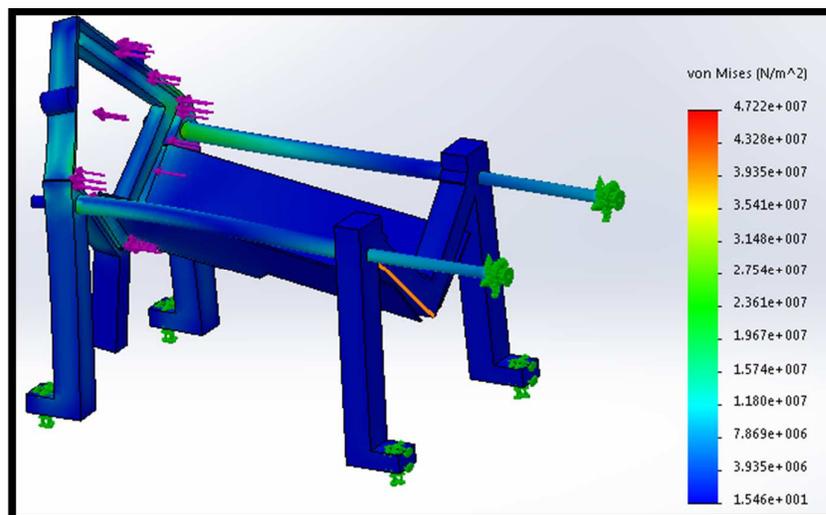


Figura 117 Resultado de tensión axial y de flexión

Conclusión 1:

Se observó que nuestra estructura bajo las condiciones seleccionadas soportará ya que la tensión axial y de flexión en el límite superior no supera el límite elástico del material.

Desplazamientos

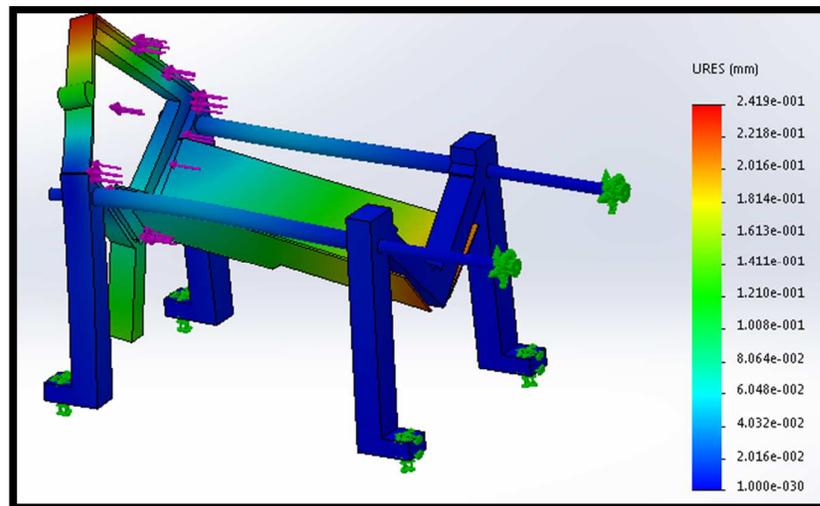


Figura 118 Resultado desplazamiento producidos por la carga

Conclusión 2:

El máximo desplazamiento fue de 0,24 [mm] en las zonas de color rojo, con lo que por medio del empotramiento de los ejes, se redujo el desplazamiento de la cortadora.

Factor de seguridad distribuida en el modelo.

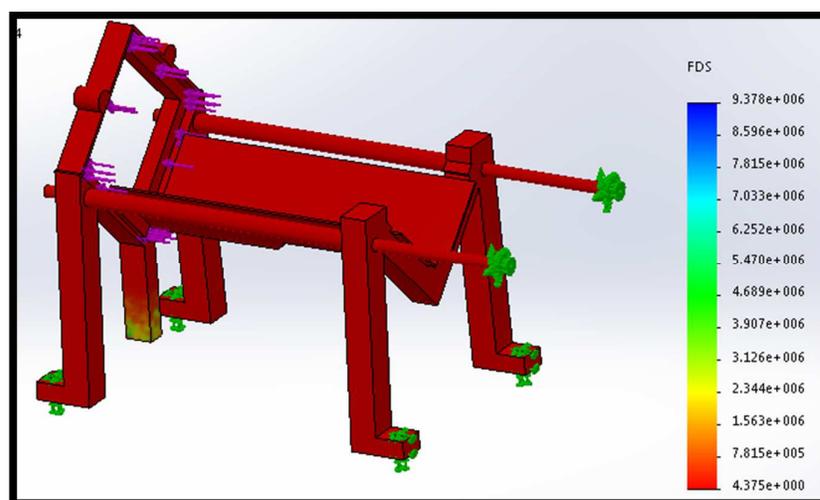


Figura 119 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida

Conclusión 3:

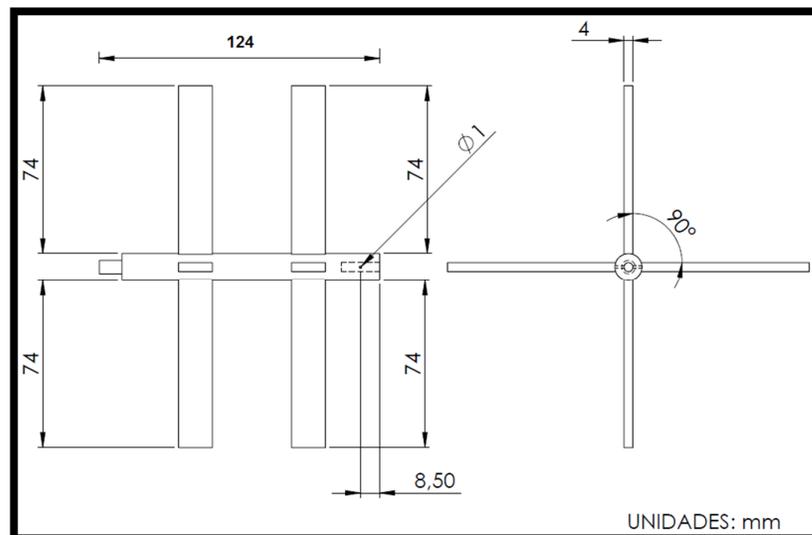
Como se puede observar, el factor de seguridad mínimo fue de 4,37 por lo tanto queda concluido que la estructura a la carga máxima no sufrirá desperfectos ya que el factor de seguridad mínimo se ha triplicado en comparación a como estaba la cortadora inicialmente.

3.6.3.3 Mecanismo carrusel

Para realizar la alimentación y control de papas a la cortadora se utilizará un mecanismo el cual tiene la característica principal de retener y alimentar una papa a la vez a la cortadora para realizar la etapa de corte.

Dicho mecanismo será realizado por el proceso de impresión 3D, se fabricará con un material plástico PLA.

A continuación se muestra una imagen con las dimensiones generales.



3.6.3.4 Canal

Este elemento que es parte de la cortadora permitirá unir la etapa de control de calidad con la etapa de corte. Por medio de la experimentación, el

canal poseerá una inclinación de 30° con respecto a la horizontal. Será fabricado de acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 1[mm].

A continuación se muestra una imagen con las dimensiones generales.

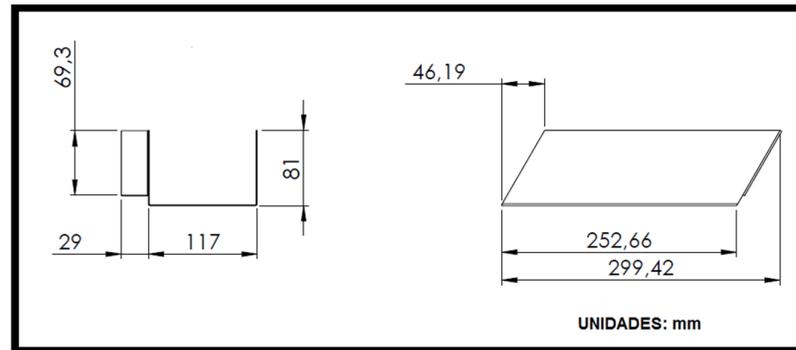


Figura 120 Dimensiones generales del canal

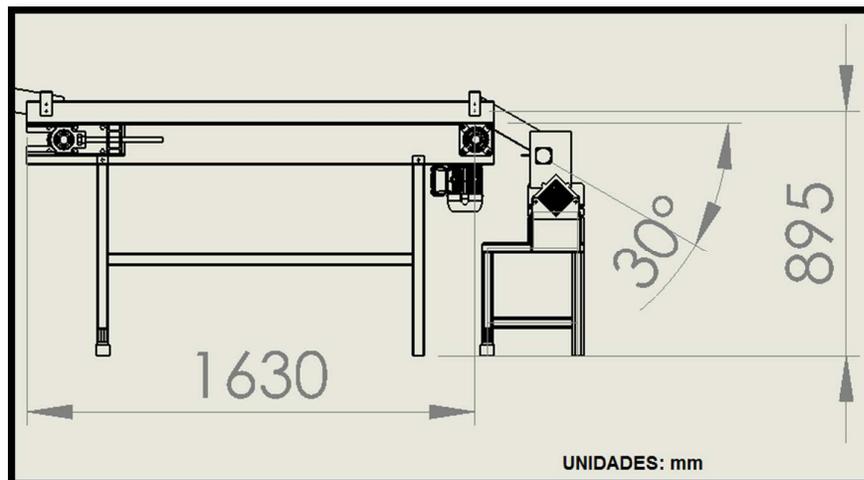


Figura 121 Esquema y ubicación del canal

3.6.3.5 Guía banda transportadora

Las papas necesitarán ser guiadas y acomodadas para entrar al canal de la cortadora, esta función la cumplirá este elemento, el cual en un extremo estará unido a la banda transportadora y el otro extremo a otro elemento de la cortadora.

Será fabricado de acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 1 [mm].

A continuación se muestra una imagen con las dimensiones generales.

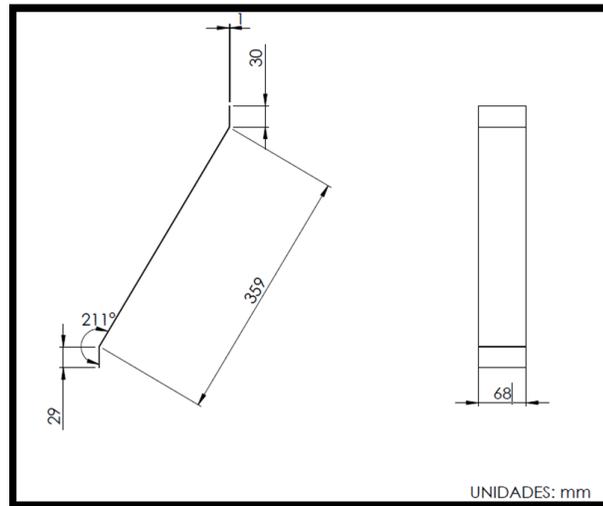


Figura 122 Dimensiones generales de la guía banda transportadora

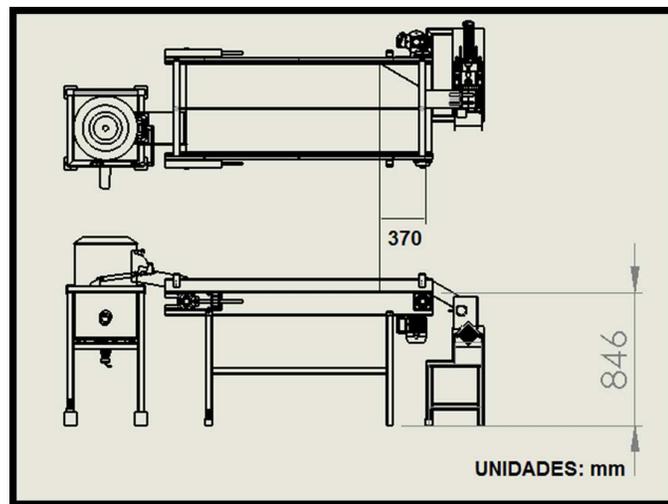


Figura 123 Esquema y ubicación de la guía banda transportadora

3.6.3.6 Nivelador cortadora

El nivelador como su nombre lo dice servirá para nivelar la estructura de la máquina cortadora y en si todos sus componentes.

Estará conformado por una base de duralon redondeada de 50[mm] de diámetro con una varilla roscada galvanizada de ½ pulgada.

Para una mayor información acerca de las medidas, revisar los anexos en la sección de planos.

La ubicación del nivelador se puede observar en la siguiente imagen.

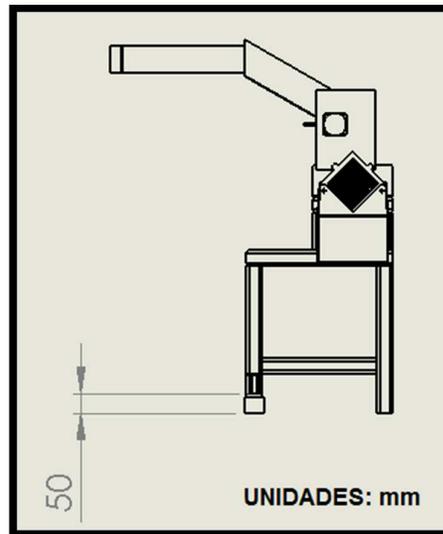


Figura 124 Esquema y ubicación nivelador cortadora

3.6.3.7 Soporte cilindro cortadora

El soporte del cilindro servirá para anclar el cilindro a la estructura de la máquina cortadora.

Estará fabricado de acero inoxidable AISI 304 de espesor 4 [mm].

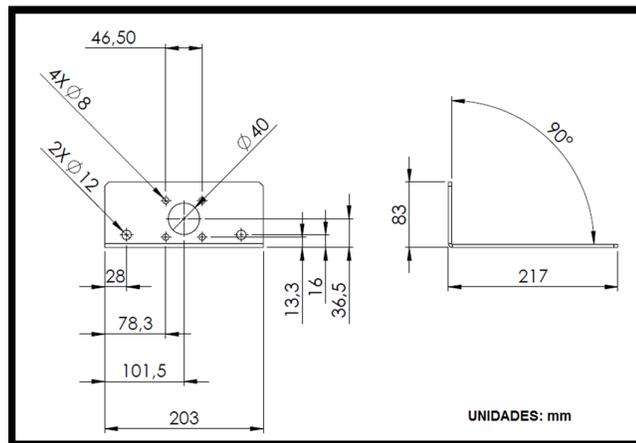


Figura 125 Dimensiones generales soporte cilindro cortadora

La ubicación del soporte del cilindro de la cortadora se puede observar en la siguiente imagen.

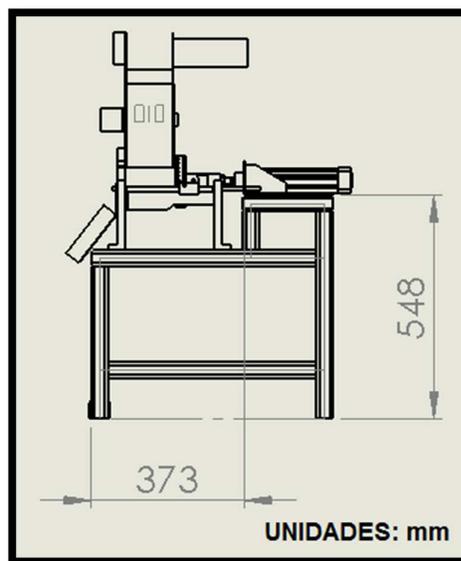


Figura 126 Esquema y ubicación del soporte cilindro cortadora

La carga máxima que va a soportar el soporte del cilindro para cortar papas es de 900 [N] que equivalen a la fuerza que ejerce el cilindro para realizar el corte.

$$F_{\max} = 900 \text{ [N]}$$

A continuación se procedió a realizar el estudio de los esfuerzos obteniendo los siguientes resultados.

Tensión axial y de flexión (Von Mises)

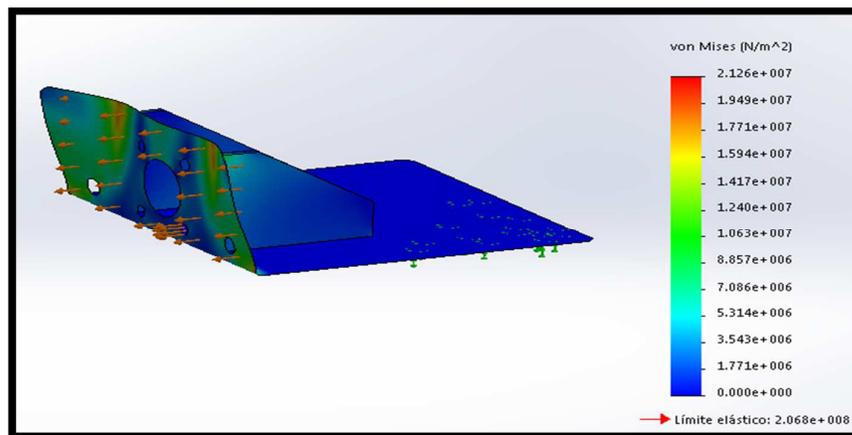


Figura 127 Tensión axial y de flexión (Von Mises)

Conclusión 1:

Se observó que nuestra estructura bajo las condiciones seleccionadas soporta ya que el esfuerzo de Von Mises no supera el límite elástico del material.

Desplazamientos

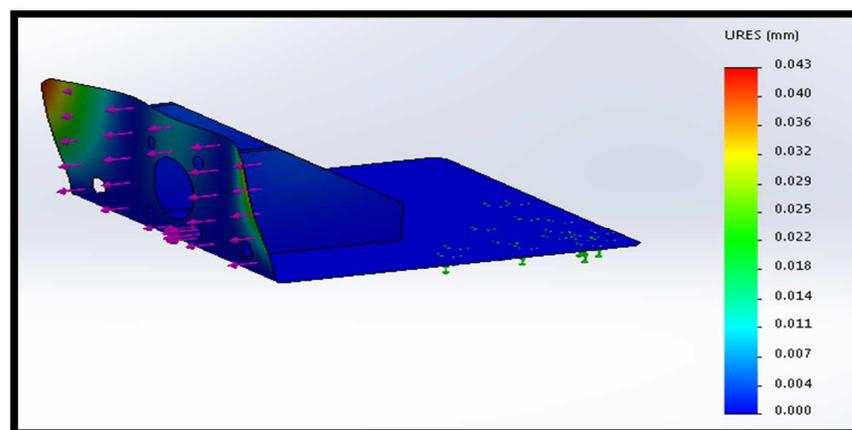


Figura 128 Desplazamiento producidos por la carga

Conclusión 2:

El máximo desplazamiento es de 0,043 [mm] en las zonas de color rojo lo que no afecta a nuestra placa ni a nuestro módulo de corte.

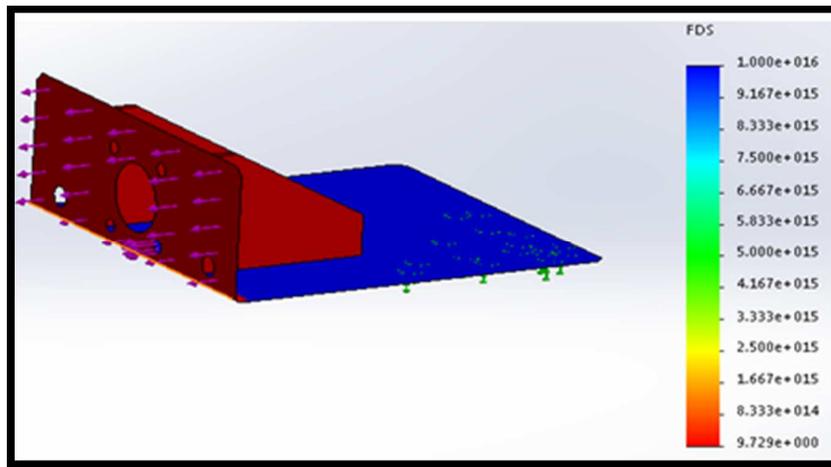
Factor de seguridad distribuida en el modelo.

Figura 129 Resultado análisis del factor de seguridad distribuida

Conclusión 3:

Como se puede observar, el factor de seguridad mínimo es de valor 9,7 por lo tanto queda concluido que la estructura no fallará a la carga máxima lo que cualquier valor por debajo del mismo está permitido.

3.6.3.8 Canal de salida

Una vez que se realizará el corte las papas cortadas necesitan ser guiadas y encaminadas hacia un recipiente, esta es la principal función del canal de salida de papas.

Será fabricado en acero inoxidable AISI 304 de 1[mm] de espesor.

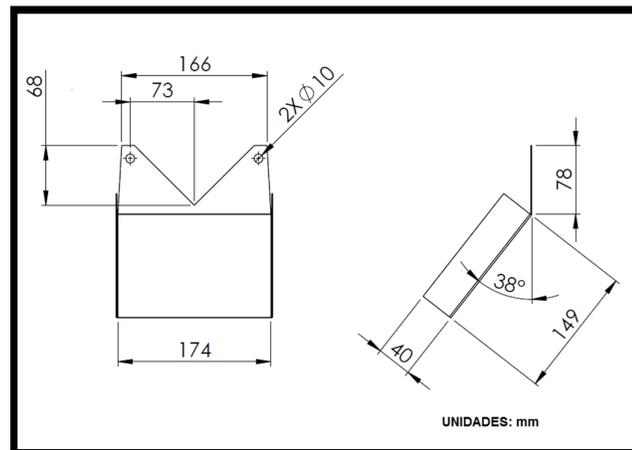


Figura 130 Dimensiones generales canal de salida

La ubicación del soporte del canal de salida se puede observar en la siguiente imagen.

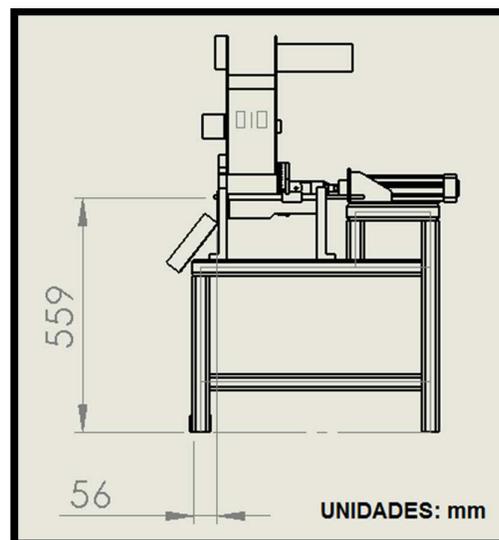


Figura 131 Esquema y ubicación del canal de salida

3.6.3.9 Tolva cortadora

Este elemento que será parte de la máquina cortadora el cual cumplirá las funciones de: una vez que la papa es alimentada por el mecanismo tipo carrusel, el cual detiene, hace caer la papa y la coloca en el punto medio de

la base de la cortadora, produciéndose así la correcta ubicación para realizar el corte de las papas en su mayor medida.

En el diseño de este elemento se considerará que el operador no pueda tener acceso a partes cortantes durante el proceso de corte, asegurando la integridad física de los trabajadores.

Será fabricada en acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 1[mm].

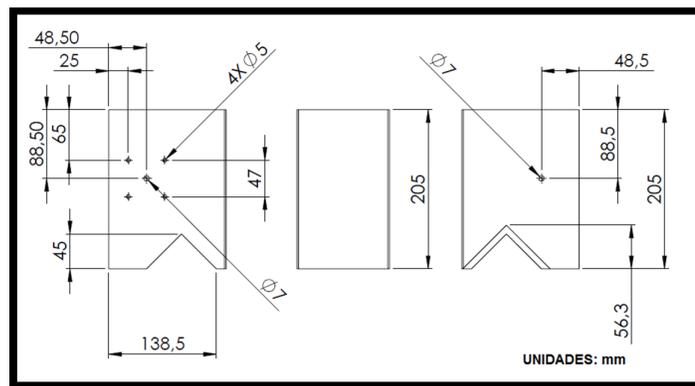
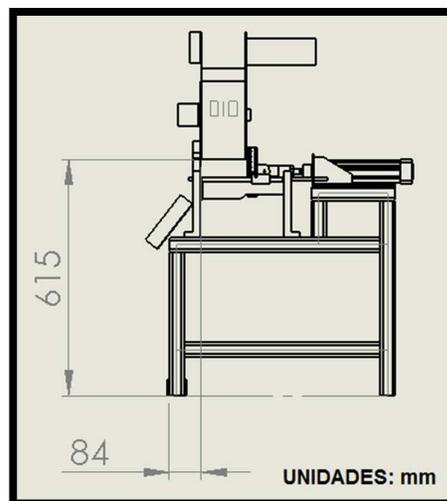


Figura 132 Dimensiones generales tolva cortadora

La ubicación de la tolva cortadora se puede observar en la siguiente imagen.



3.6.3.10 Sensor

Para medir la presencia de una papa en la entrada a la cortadora se utilizará un sensor digital de distancia que tiene un rango de detección de 2 [cm] a 10 [cm], sólo indica si hay un objeto dentro del rango de detección. Cuando una papa es censada el sensor enviará una señal digital al controlador el cual enviará una señal a un módulo L298N para que genere una secuencia de señales el cual girará el motor una serie de pasos.

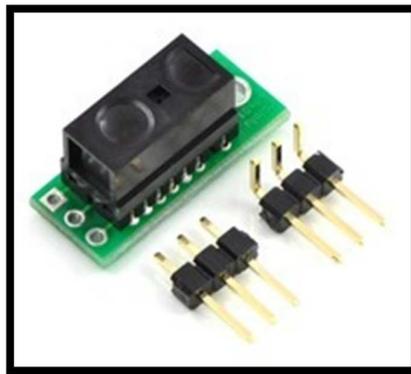


Figura 133 Sensor infrarrojo

Fuente: (Pololu, 2015)

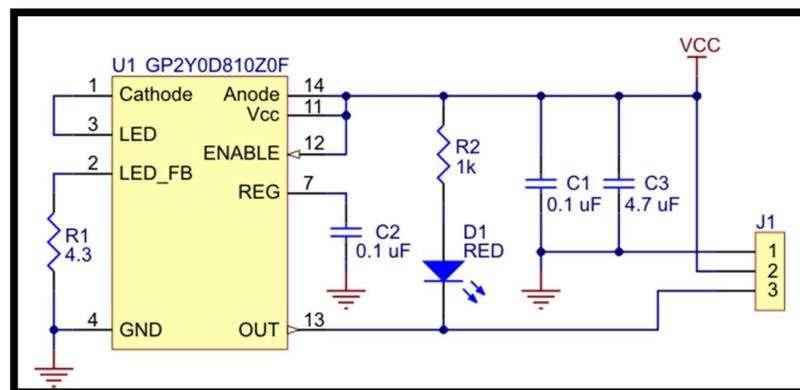


Figura 134 Esquema eléctrico del sensor pololu carrier de distancia

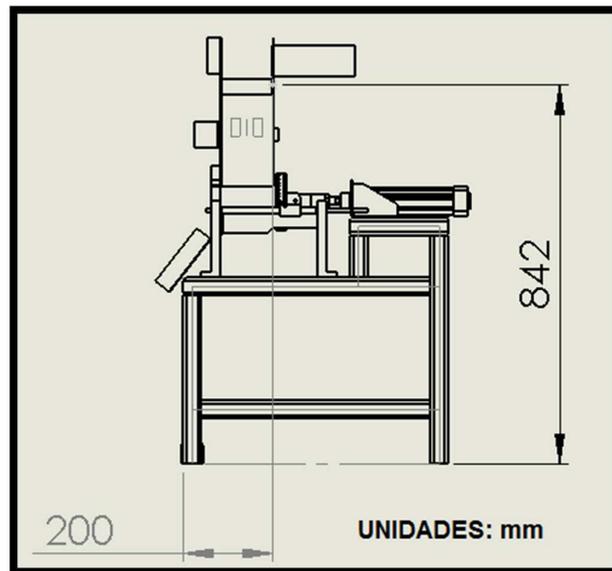


Figura 135 Esquema y ubicación del sensor

Tabla 46
Especificaciones técnicas sensor infrarrojo

Especificaciones Generales	
Voltaje	2,7-6,2 V
Consumo medio	5 mA
Rango de Medición	2-10 cm
Constante periodo de actualización de estado	2,56 ms

3.6.3.11 Motor a pasos

En la etapa de corte será necesario un mecanismo de alimentación de papas hacia la cortadora, un motor a pasos unido con una pieza (en forma de carrusel) serán los cuales alimentarán una papa a la vez a la cortadora.

El motor a pasos es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, dichos impulsos eléctricos serán controlados por una señal que proviene de un sensor de presencia lo que significa que será capaz de avanzar una serie de grados (180 grados).

Una de las ventajas de usar el motor a pasos será de tener precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento.

Para seleccionar el motor (en conjunto con el mecanismo en forma de carrusel), que detenga la papa cuando entra al dispensador y sea capaz de alimentar dicha papa a la cortadora. El motor recibirá la señal emitida por el controlador, una vez que el sensor detectara una papa, trabajando en conjunto con el módulo L298N.

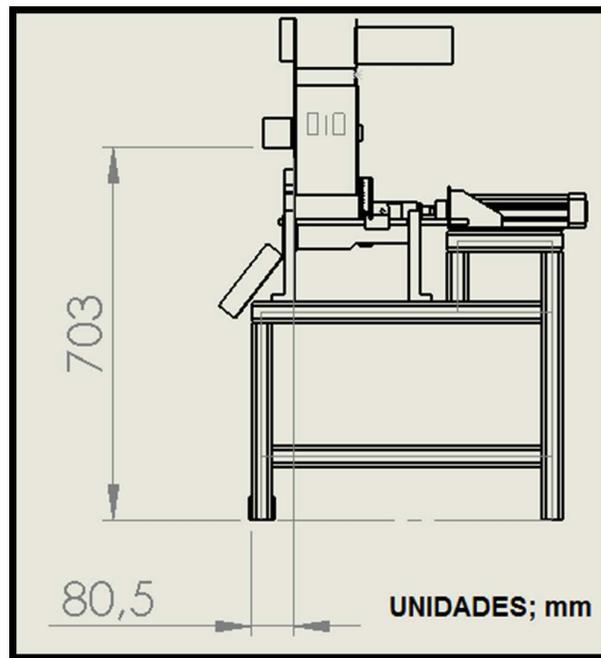


Figura 136 Esquema y ubicación del motor a pasos

Para determinar el torque necesario para mover una papa se realiza un muestreo para tomar la masa de las papas con la ayuda de una balanza seleccionando las papas de mayor tamaño, teniendo los siguientes resultados.

Tabla 47
Toma de datos de masa de las papas

N°	Masa [gramos]
1	258
2	278
3	318
4	306
5	361
6	356
7	435
8	268
9	319
10	366

Datos:

$m =$ masa de la papa de mayor masa = 0,435[Kg]

$d =$ distancia al centro de masa = 0,04 [m]

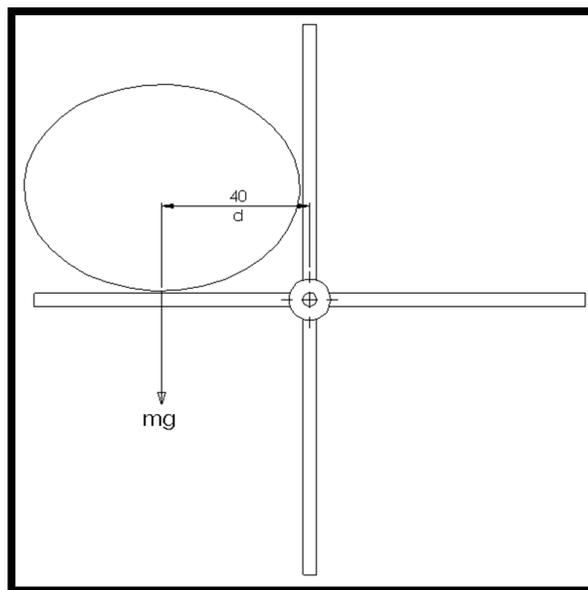


Tabla 48 Diagrama de esfuerzos de la papa con el mecanismo carrusel

$$F = m * g$$

$$F = 0,435 \text{ [Kg]} * 9,8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$F = 4,263 \text{ [N]}$$

Determinamos el torque necesario para que el motor en conjunto con el mecanismo carrusel alimente con papas a la cortadora.

$$T' = F * d$$

$$T = 3,93 \text{ [N]} * 0,04 \text{ [m]}$$

$$T = 0,17 \text{ [Nm]}$$

$$T' = 1,73 \text{ [Kg - cm]}$$

El torque obtenido se multiplica un factor de seguridad recomendado $n=2$.

$$T = T' * 2$$

$$T = 3,46 \text{ [Kg - cm]}$$

Entonces se eligió un motor comercial que posee un torque de $T = 5,5$ [Kg-cm] que cumple para esta aplicación.

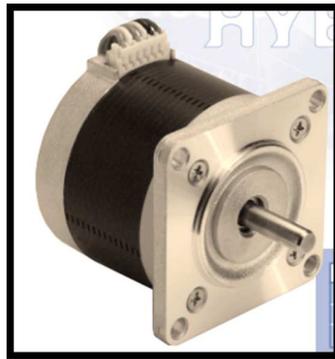


Figura 137 Motor a pasos

Fuente: (CNCITALIA, 2016)

Tabla 49
Especificaciones técnicas motor a pasos

Especificaciones Generales		
Marca	ASTROSYN	
Modelo	23LM-C004-68	
Voltaje	6	V/fase
Amperaje	1.2	A/fase
Grados/paso	1.8	
Par	5.5	kg cm

3.6.3.12 Cilindro neumático

Para realizar el corte de papas se utilizará un cilindro neumático que ejerce una fuerza sobre una rejilla de cuchillas para obtener el corte deseado.

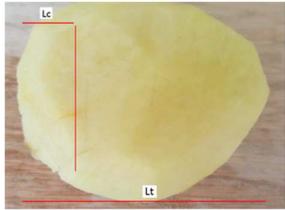
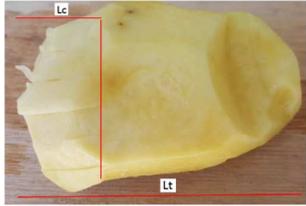
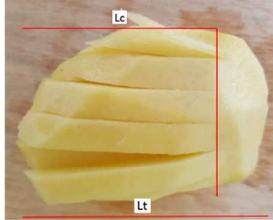
El cilindro neumático originalmente se encontrará contraído, cuando el sensor detectará la presencia de una papa, enviará una señal digital al controlador, el cual enviará una señal eléctrica a una electroválvula 5/2 (5vías / 2 posiciones) la cual permitirá cambiar de posición y por ende cambiar de posición al cilindro es decir realizará el corte de la papa.

Para seleccionar el cilindro que realice la función del corte de papas, se utilizó un método experimental el cual consistió en realizar pruebas con diferentes tamaños de diámetros de cilindros disponibles hasta obtener el cilindro que realice el corte de las papas sin ninguna dificultad trabajando a una presión constante de 6 Bar y en la misma posición.

Dichas pruebas se realizaron gracias a la empresa UNITECH, la cual es una empresa dedicada a la provisión de equipos, componentes y repuestos en áreas como: aire comprimido, neumática, oleohidráulica e instrumentación. Los mismos que cuentan con un laboratorio para realizar pruebas y ensayos con los equipos. Gracias a esta prestigiosa empresa que nos brindó la oportunidad de realizar las pruebas necesarias para seleccionar un cilindro adecuado para realizar el corte de las papas.

Tabla 50
Resultado de pruebas de corte de papas

Prueba: Corte de papas con cilindros neumáticos de distinto diámetro
Variedad de papa: Super chola

N°	Diámetro Cilindro [mm]	Presión [bar]	Masa [gramos]	Longitud total Lt [mm]	Resultado longitud de corte Lc [mm]	Foto
1	25	6	282	90	10	
2	32	6	193	75	25	
3	40	6	318	115	70	
4	50	6	262	95	95	
5	50	6	288	110	110	

Luego de las pruebas se determinó que la fuerza ejercida por los cilindros de 25, 32 y 40 [mm] no es la suficiente para cortar las papas de variedad super chola mientras que el cilindro de diámetro de 50 [mm] corto dos papas sin problemas, por lo tanto este será el cilindro utilizado para el corte.

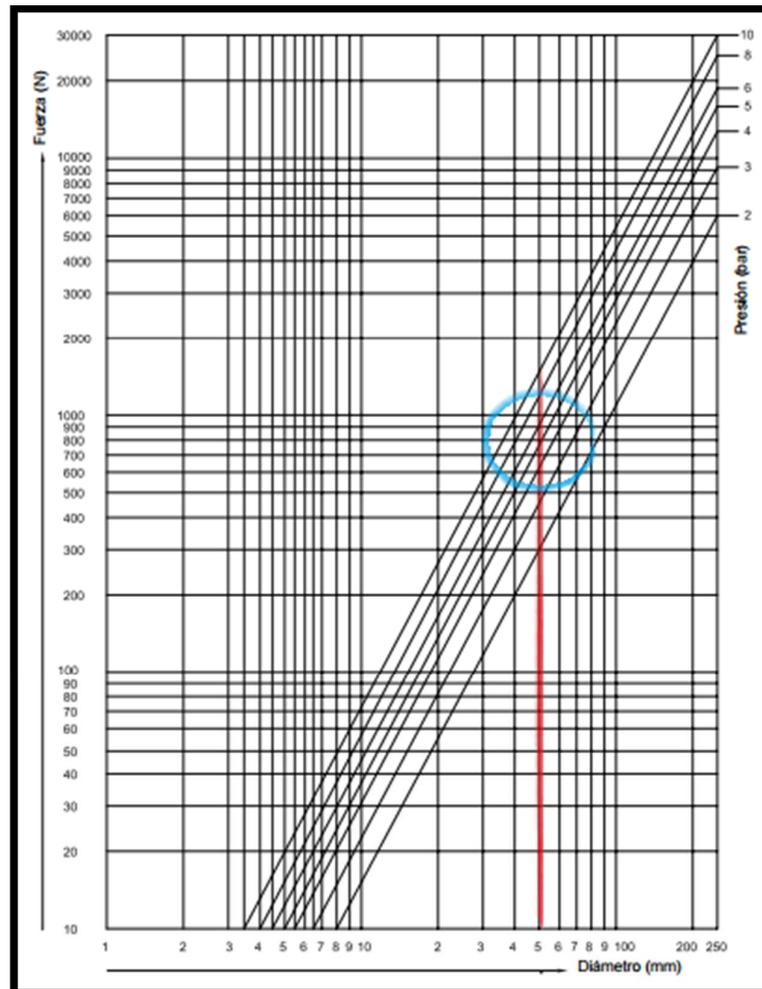


Figura 138 Fuerza vs Diámetro para selección cilindro neumático

Fuente: (Microautomacion, 2015)

Según la tabla el cilindro elegido trabajando en bajo condiciones ideales posee una fuerza $F = 900 \text{ N}$, el cual es apropiado para la aplicación nombrada.



Figura 139 Cilindro neumático

Fuente: (Mindman, 2015)

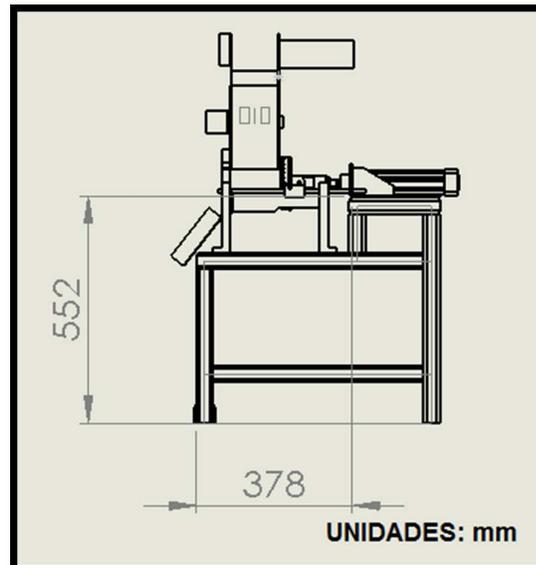


Figura 140 Diagrama y ubicación del cilindro corntadora

Tabla 51

Especificaciones técnicas cilindro neumático cortadora

Especificaciones Generales		
Diámetro	50	mm
Carrera	150	mm
Medio	Aire	
Rango Presión	0,5-0,9	Mpa

3.6.3.13 Compresor

Los cilindros neumáticos necesitarán el abastecimiento de aire comprimido para su funcionamiento; para lo cual un compresor será la mejor opción, este debe tener como principal característica dotar del caudal suficiente para que ambos cilindros tanto el de la etapa de pelado y la etapa de corte trabajen con normalidad para dicha labor. Otro aspecto importante será la presión que también va acorde con todos los componentes que conformarán el sistema neumático, el compresor seleccionado tendrá como presión máxima de 0,83 [MPa] suficiente ya que los elementos van a funcionar en un intervalo de 0,6 – 0,8 [MPa].

Consumo de aire de los cilindros neumáticos

$$Q_n = 1,41 \left(\frac{\pi * D^2 * L * N_c * (P_{trabajo} + 1,013)}{4 * 10^6} \right)$$

Donde:

Q_n = Caudal máximo [lt/min]

D = Diámetro del cilindro [mm]

L = Longitud de la carrera [mm]

N_c = Numero de carreras

P = Presión de trabajo [Bar]

Consumo del cilindro neumático para la puerta de la peladora.

Datos:

Diámetro = 16 [mm]

Longitud de trabajo = 150 [mm]

Numero de carreras = 2 [número de carreras / min]

Presión de trabajo = 6 [Bar]

$$Q1 = 1,41 \left(\frac{\pi * 16^2 * 150 * 2 * (6 + 1,013)}{4 * 10^6} \right)$$

$$Q1 = 0,59 \text{ [lt/min]}$$

Consumo del cilindro neumático para el corte de papas.

Datos:

Diámetro = 50 [mm]

Longitud de trabajo = 150 [mm]

Numero de carreras = 20 [número de carreras / min]

Presión de trabajo = 6 [Bar]

$$Q2 = 1,41 \left(\frac{\pi * 50^2 * 150 * 30 * (6 + 1,013)}{4 * 10^6} \right)$$

$$Q2 = 70,64 \text{ [lt/min]}$$

Caudal total consumido

$$Qt = Q1 + Q2 \text{ [lt/min]}$$

$$Qt = 0,59 + 70,64 \text{ [lt/min]}$$

$$\mathbf{Qt = 71,23 \text{ [lt/min]}}$$

Por tanto se ha comprobado que el caudal que suministra el compresor con el que cuenta la empresa es de $Q = 147,55 \text{ [lt/min]}$, el cual será apropiado para alimentar ambos cilindros con sus componentes.



Figura 141 Compresor

Fuente: (Ferrosur, 2015)

Tabla 52

Especificaciones técnicas compresor

Especificaciones Generales		
Marca	SCHUZ	
Modelo	MSI 5.2 ML	
Desplazamiento	147.55	Lt/min
Presión Max.	8.3	
Rotación	2275	RPM
Motor Compresor		
Potencia	0.75	kW
Marca	WEG	
Voltaje	110/220	
Amperaje	13/6,5	A
FS	1.15	
Temperatura	40°	C
FP	0.8	

3.6.3.14 Unidad de mantenimiento FRL

Un Sistema neumático requiere de una preparación del aire comprimido por lo que hará indispensable la utilización de una unidad de mantenimiento la cual estará compuesta por 3 componentes el filtro, regulador y lubricador. El filtro depurará el aire de polvo, residuos de las conducciones, aceite solidificado del compresor. El regulador mantendrá la presión de trabajo lo más constante posible. El lubricante evitará el desgaste prematuro de las

piezas móviles, reduce el rozamiento y protege lo componentes contra la corrosión.

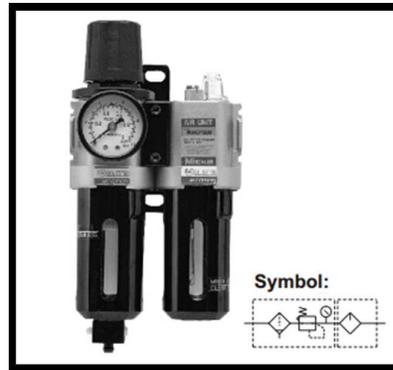


Figura 142 Filtro regulador lubricador

Fuente: (Mindman, 2016)

Tabla 53

Especificaciones técnicas unidad de mantenimiento

Especificaciones Generales	
Modelo	MACP300
Fluido	Aire
Rango Presión	0 - 0,9 Mpa
Filtración	5
Peso	720 g

3.6.3.15 Electroválvula

El control de paso del aire comprimido del depósito hacia los cilindros se lo realizará por medio de una electroválvula 5/2 (5 vías 2 posiciones) que contiene una bobina de 110V para su activación. Una señal del microcontrolador activará la salida al relé permitiendo energizar la bobina para que la electroválvula cambie de posición y permita el paso del fluido. Se utilizarán dos solenoides o electroválvulas una para el cilindro neumático, encargado de la apertura/cierre de la compuerta de la máquina peladora y otro para el control del cilindro de la cortadora de papas.



Figura 143 Electroválvula

Fuente: (Airtac, 2015)

Tabla 54

Especificaciones técnicas electroválvula

Especificaciones Generales		
Modelo	3V310-10	
Fluido	Aire	
Tipo	5/2	
Lubricación	No requerida	
Voltaje	110	V
Tiempo Activación	0,05 y menos	seg
Frecuencia Max	5	ciclos/seg

3.6.4 Módulo IV. Etapa de potencia y control del sistema

El dimensionamiento de las protecciones para los motores será según el artículo de National Electric Code. (Code, 2014)

Datos:

- Motor Peladora

Tabla 55**Datos motor peladora**

Potencia	½ HP – 0,375 KW
Corriente Nominal	10,2 A

- Motor Banda Transportadora

Tabla 56**Datos motor banda transportadora**

Potencia	¼ HP – 0,185 KW
Corriente Nominal	3,4

3.6.4.1 Interruptor termo magnético principal

Para dimensionar el interruptor magnético principal; se suman las corrientes a plena carga y el motor al motor más grande se lo multiplica por 1,25.

$$I_t = I_{mp} (1,25) + I_{mb} [A]$$

Donde:

I_t : corriente del interruptor principal [A]

I_{mp} : corriente del motor de la peladora [A]

I_{mb} : corriente del motor de la banda transportadora [A]

$$I = 10,2 (1,25) + 3,4$$

$$I = 16,15 [A]$$

Entonces el interruptor termo magnético comercial será de 20 [A].



Figura 144 Interruptor Termomagnético

Fuente: (LS, 2016)

Tabla 57

Especificaciones técnicas interruptor termomagnético

Especificaciones Generales	
Protección	Sobrecarga y Corto Circuito
Corriente	20 A
Curva	BCD
Número Polos	2
Montaje	Riel DIN

3.6.4.2 Contactores

Para dimensionar un contactor multiplicamos la corriente nominal o a plena carga por 1,44.

$$I_c = I_n * 1,44 [A]$$

Donde:

I_c : corriente nominal del contactor [A]

I_n : corriente nominal del motor [A]

I_{mp} : corriente nominal del motor de la peladora [A]

I_n : corriente nominal del motor de la banda transportadora [A]

$$I_{mp} = 3,4 * 1,44 = 4,89 [A]$$

$$I_{mb} = 10,2 * 1,44 = 14,68 [A]$$



Figura 145 Contactor

Fuente: (Altechcorp, 2014)

Entonces el contactor comercial para la peladora será de 18 [A].

Tabla 58

Especificaciones técnicas contactor peladora

<u>Especificaciones Generales</u>	
Número de Polos	3
Voltaje	120 V
Frecuencia	50/60 Hz
Amperaje	18 A

Y el contactor comercial para la banda será de 9 [A].

Tabla 59

Especificaciones técnicas contactor banda transportadora

<u>Especificaciones Generales</u>	
Número de Polos	3
Voltaje	120 V
Frecuencia	50/60 Hz
Amperaje	9 A

3.6.4.3 Relé térmico

Para dimensionar el relé térmico o de sobrecarga se multiplica la corriente nominal o a plena carga por 1,25 para motores menores a 1HP.

$$I_{rt} = I_n * 1,25 [A]$$

Donde:

I_{rt} : corriente nominal del relé térmico [A]

I_n : corriente nominal del motor [A]

I_{mp} : corriente nominal del motor de la peladora [A]

I_n : corriente nominal del motor de la banda transportadora [A]

$$I_{mp} = 3,4 * 1,25 = 4,25[A]$$

$$I_{mb} = 10,2 * 1,25 = 12,75 [A]$$



Figura 146 Relé Térmico

Fuente: (Altechcorp, 2014)

Entonces el relé térmico comercial para la peladora será de un rango de 9 a 13 [A].

Tabla 60**Especificaciones técnicas relé térmico peladora**

Especificaciones Generales		
Número de Polos	3	
Voltaje	120	V
Frecuencia	50/60	Hz
Rango Amperaje	9-13	A

Y el relé térmico comercial para la banda será de un rango de 4 a 6 [A].

Tabla**61****Especificaciones técnicas relé térmico banda transportadora**

Especificaciones Generales		
Número de Polos	3	
Voltaje	120	V
Frecuencia	50/60	Hz
Rango Amperaje	4 - 6	A

3.6.4.4 Módulo de relés

El dispositivo que permitirá controlar los distintos pre-actuadores utilizados en el proyecto es el módulo de relés. Este dispositivo recibirá señales enviadas por el microcontrolador y activa/desactiva las salidas a relé las cuales controlarán el paso de corriente hacia las bobinas de contactores y bobinas de electroválvulas. Serán 5 relés que controlarán dos bobinas de contactores (motor peladora y motor banda transportadora), dos bobinas de solenoides (puerta y cortadora) y una bobina de electroválvula de agua. Los cuatro primeros relés conmutarán a 110 [V] AC y la última a 12 [V] DC.

El arduino no puede controlar directamente las cargas por lo que es necesario utilizar otros elementos para dicho fin. Teniendo en cuenta que se desea controlar 2 motores AC y 3 electroválvulas, dos de ellas AC y una DC. Los módulos de relés tienen como ventaja ser compatibles con arduino y que según la necesidad el número de relés es variado, van desde módulos

compuestos por 1 relé hasta 16 relés. Para nuestro caso utilizaremos un módulo de 1 relé para el control de la electroválvula (agua) que funcionará con 12 [V] y para las otras cargas en AC se utilizará un módulo compuesto por 4 relés. Las electroválvulas si podrán ser gobernadas directamente por el módulo de relés pero los motores debido a su potencia no, es por ello que se adiciona dos contactores, quedando el módulo de relés para controlar la bobina del contactor y el contactor para controlar el motor.

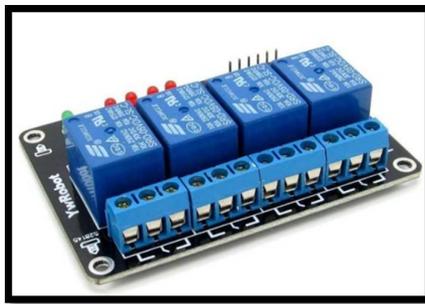


Figura 147 Módulo de relés

Fuente: (Arduino, 2016)

Tabla 62

Especificaciones técnicas módulo de relés

Especificaciones Generales		
Voltaje	5	V
Corriente máx. en contactos	10	A
Número de Relés	4	

3.6.4.5 Controlador Arduino

Las principales características del controlador es que sea económico, y con suficientes entradas/salidas para los distintos elementos de entrada y salida. Se optará por el microcontrolador Arduino NANO que cumple con dichas especificaciones y en el proyecto se utilizaron dos; uno para el control de entradas/salidas (pulsadores, sensores/relés), y el otro Arduino Nano se

encargará específicamente de controlar el motor a pasos. La influencia del costo y del número de entradas/salidas serán determinantes para su elección pero también el hecho de que es una plataforma open source, fácil de programar, y que no será necesario el pago de licencias como el caso de ciertos PLC.

Una vez determinado arduino como controlador se procede a seleccionar el modelo cuya principal característica es que tenga las suficientes entradas y salidas para la conexión de pulsadores, sensor y actuadores para lo cual enumeramos las entradas y salidas.

Entradas

1. Pulsador para el proceso de pelado
2. Pulsador para activar la banda transportadora
3. Selector modo manual
4. Selector modo semiautomático
5. Pulsador rearme
6. Sensor

Salidas

1. Motor peladora
2. Motor banda transportadora
3. Electroválvula puerta
4. Electroválvula corte
5. Electroválvula (agua)
6. Motor a pasos

El modelo de arduino debe tener por lo menos 12 pines que puedan ser configurados 6 como entrada y los otros 6 como salida. En la página oficial de arduino se puede encontrar los distintos modelos, luego de analizar los distintos modelos el arduino NANO es el más adecuado ya que cuenta con 14 pines digitales que pueden ser configurados como entradas y salidas.

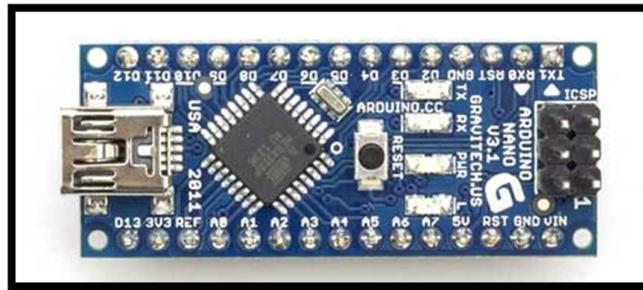


Figura 148 Arduino Nano

Fuente: (Arduino, 2016)

Tabla 63

Especificaciones técnicas arduino Nano

Especificaciones Generales		
Microcontrolador	Atmel ATmega168 o ATmega328	
Voltaje de Operación	5	V
Voltaje de Entrada (recomendado)	7-12	V
Voltaje de Entrada (límite)	6-20	
Digital I/O Pines	14 (6 salidas PWM)	
Pines de entrada analógico	8	
Corriente I/O DC por pin	40	mA
Memoria Flash	16 (ATmega168)	KB
	32 (ATmega328)	
SRAM	1 (ATmega168)	KB
	2 (ATmega328)	
EEPROM	512 (ATmega168)	bytes
	1024 (ATmega328)	
Velocidad Reloj	16	MHz
Peso	5	g

3.6.4.6 Módulo L298N

El motor a pasos será utilizado para la colocación de papas en la cortadora, es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares, por lo que será necesario utilizar un módulo que realice esta tarea. El módulo L298N puede controlar dos motores DC o un motor a pasos, el módulo cuenta con cuatro salidas en las cuales van conectado el motor a pasos y cuatro pines de entradas que

serán conectados al Arduino NANO para su control. El Arduino generará una serie de impulsos que el módulo interpretará en pasos que debe realizar el motor.

Para el control del motor a pasos se deberá tomar en cuenta el voltaje y corriente que necesita suministrar al motor por lo tanto estos son los criterios para su selección. El motor consume 6 voltios y 2,2 amperios, el módulo L298N es un driver que puede suministrar un voltaje entre 5-35 Voltios y una corriente hasta 3 amperios, su potencia máxima es de 25W y tiene 4 terminales de control que se conectan directamente al arduino. La potencia del motor es la siguiente:

Donde:

P = Potencia consumida en [W]

V = Voltaje de alimentación del motor a pasos [V]

I = Corriente de consumo del motor a pasos [A]

$$P = V * I$$

$$P = 6[V] * 2,2[A]$$

$$P = 13,2 [W]$$

La potencia consumida por el motor es de 13,2 [W] y la potencia máxima suministrada por el módulo es de 25W por lo tanto el módulo L298N es el más adecuado para su control.

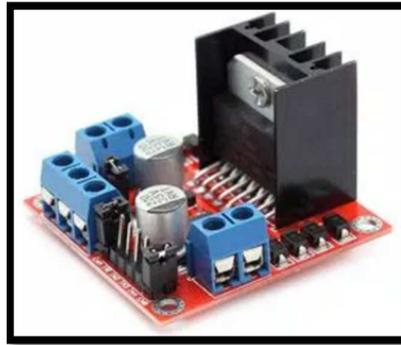


Figura 149 Módulo L298N

Fuente: (Electronilab, 2016)

Tabla 64

Especificaciones técnicas módulo L298N

Especificaciones Generales	
Voltaje	5 V
Corriente Máx.	2 A
Entradas de Control	6

3.6.4.7 Convertidor DC – DC

La alimentación de ciertos componentes como el Arduino Nano y los distintos módulos (relés y de motor a pasos) funcionarán con un voltaje de 5VDC y ya que la fuente brinda 12 VDC de salida será necesario un convertidor DC – DC que nos permita regular la salida de voltaje de la fuente de 12VDC a 5VDC. Este convertidor además de permitir regular el voltaje también ayudará a tener un bajo voltaje de rizado el cual perjudica el normal funcionamiento de los componentes.

Existen componentes que trabajarán a distintos voltajes por lo que la solución para alimentar de energía estos elementos podría ser utilizar un fuente con los voltajes requeridos o la utilización de una fuente con el voltaje más alto y convertidores de voltaje DC – DC que permita regular el voltaje y además reduzca el voltaje de rizado de la fuente. Los elementos según los voltajes son los siguientes:

Componentes que funcionan a 12V:

- Electroválvula (agua)

Potencia consumida

Donde:

P = Potencia consumida en [W]

V = Voltaje de alimentación [V]

I = Corriente de consumo [A]

$$P = V * I$$

$$P = 12[V] * 0,32[A]$$

$$P = 3,84 [W]$$

Componentes que funcionan a 6V

- Módulo L298N
- Motor a pasos

Potencia consumida

Donde:

P = Potencia consumida en [W]

$V1$ = Voltaje de alimentación del módulo L298N [V]

$I1$ = Corriente de consumo del módulo L289N [A]

$V2$ = Voltaje de alimentación del motor a pasos [V]

$I2$ = Corriente de consumo del motor a pasos [A]

$$P = V1 * I1 + V2 * I2$$

$$P = 6[V] * 0,036[A] + 6[V] * 2,2[A]$$

$$P = 13,42 [W]$$

Componentes que funcionan a 5V

- Arduino NANO1 (control entradas/salidas)
- Arduino NANO2 (control motor a pasos)
- Módulo de relés (4)
- Módulo de relés (1)
- Sensor

Potencia consumida

Donde:

P = Potencia consumida en [W]

$V1$ = Voltaje de alimentación del arduino NANO1 [V]

$I1$ = Corriente de consumo del arduino NANO1 [A]

$V2$ = Voltaje de alimentación del arduino NANO 2 [V]

$I2$ = Corriente de consumo del arduino NANO 2 [A]

$V3$ = Voltaje de alimentación del módulo de relés (4) [V]

$I3$ = Corriente de consumo del módulo de relés (4) [A]

$V4$ = Voltaje de alimentación del módulo de relés (1) [V]

$I4$ = Corriente de consumo del módulo de relés (1) [A]

$$P = V1 * I1 + V2 * I2 + V3 * I3 + V4 * I4 + V5 * I5$$

$$P = 5[V] * 0,44[A] + 5[V] * 0,2[A] + 3[V] * 0,45[A] + 5[V] * 0,09[A] +$$

$$5[V] * 0,005[A]$$

$$P = 5,93 [W]$$

Por lo tanto se usara dos convertidos DC-DC uno para alimentar los componentes de 5 voltios y otros para los componentes de 6 voltios, la electroválvula puede ser energizada directamente de la fuente. La potencia

máxima suministrada por los convertidos es 20 W, por lo que los convertidores DC – DC son los adecuados para la aplicación.



Figura 150 Convertidor DC - DC

Fuente: (Electronilab, 2015)

Tabla 65

Especificaciones técnicas convertidor DC - DC

Especificaciones Generales	
Voltaje Salida	1,5-35 VDC
Voltaje Entrada	4,5-40 VDC
Corriente Salida	3 A
Frecuencia de Swtiching	150 kHz

3.6.4.8 Fuente

La parte de control necesitará de una alimentación en corriente continua y con una potencia lo suficiente como para suministrar de energía a los distintos componentes.

La alimentación debe estar dimensionada para abastecer todos los componentes de la siguiente tabla.

Consumo por elementos:

Tabla 66
Consumo por elementos

Elemento	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]
Módulo de 4 Relés (Cargas AC)	5	0,45	2,25
Módulo de 1 Relés (Cargas DC)	5	0,09	0,45
Motor a pasos	6	2,2	13,2
Módulo L298N	6	0,036	0,216
Convertidor DC - DC	12	0,1	1,2
Convertidor DC - DC	12	0,1	1,2
Arduino Nano 1	5	0,44	2,2
Arduino Nano 2	5	0,2	1
Electroválvula	12	0,32	3,84
Sensor	5	0,005	0,025

Consumo de energía

Tabla 67
Consumo de energía

Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]
5	1,185	5,925
6	2,236	13,416
12	0,52	6,24
Total		25,581

Se requerirá una fuente de 12 voltios y 4 amperios DC por lo mínimo para alimentar, en el mercado local la fuente comercial más cercana es de 12 [V] y 5 [A] por lo que se selecciona esta fuente de 60 W, la carga total es de 26 [W].



Figura 151 Fuente Eléctrica

Fuente: (Velasco, 2015)

Tabla 68
Especificaciones técnicas fuente eléctrica

Especificaciones Generales		
	90/260	VAC
Entrada	1	A
	50/60	Hz
Salida	12	VDC
	5	A
Potencia	60	W
Potenciómetro de ajuste de voltaje		
Borneras de conexión		

3.7 Control de calidad ejercido en el módulo II.

Control de calidad

Dentro de un proceso es un conjunto de técnicas y actividades que se utilizan, para evaluar los requisitos que se deben cumplir en la elaboración de un producto para cumplir con metas planteadas y requerimientos del cliente.

Dicho control de calidad no se aplica únicamente al producto final, sino que se realiza a lo largo de todo el proceso de producción. Es decir para nuestra aplicación se realizará un exhaustivo control de calidad a cada una las papas una vez que haya culminado la etapa de pelado, dicho control será realizado en una banda transportadora en la cual reposarán las papas para ser examinadas rigurosamente por un trabajador.

La inspección, se la realizó de forma visual, tomando en cuenta parámetros mencionados a continuación los mismos que determinaron las características del producto a controlar.

Tabla 69
Parámetros para el control de calidad en el módulo II

Parámetro	Descripción	Control Calidad	Fotografía
Residuos de corteza en la papa	Las papas no deberán tener ningun residuo de corteza en su periferia.	El trabajador retirará dichos residuos de corteza de utilizando un cuchillo.	
Residuos indeseables producidos en la papa (ojo)	Las papas no deberán tener ningún ojo.	El trabajador retirará dichos ojos con la ayuda de un cuchillo.	
Tamaño de las papas	Las papas no deberán exceder entre los 12 y 13 centímetros en su mayor medida.	El trabajador deberá cortar dicha papa por la mitad para reducir su medida para no tener dificultades en la etapa de corte	
Color de las papas peladas	Las papas peladas deberán poseer una pulpa color amarillo pálido	El trabajador separará cualquier papa con un color distinto al mencionado	
Estado de descomposición de las papas	Si alguna de las papas se encuentra en estado de descomposición presentado un mal olor o textura.	El trabajador automáticamente separará dicha papa del proceso.	

CAPITULO IV

4.1 IMPLEMENTACION

En el capítulo se puntualiza el proceso de construcción, ensamblaje e instalación de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que constituyen el sistema de pelado y corte de papas.

Construcción sistema automatizado de pelado y corte de papas

Para la construcción del sistema se siguió un orden de pasos iniciando con la construcción de las estructuras de los distintos subsistemas con sus respectivos componentes. Una vez terminada la parte mecánica, se prosigue a instalar los componentes eléctricos y electrónicos, los que por medio de la programación realizarán el control ansiado sobre el proyecto. Cada uno de estos pasos se pormenoriza a continuación.

4.1.1 Construcción etapa de pelado y lavado de papas

4.1.1.1 Estructura

La construcción de la estructura es la primera parte y una de las más importantes ya que sobre se colocara la peladora y otros componentes que conformaran el subsistema de pelado de papas. El material utilizado es Tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304 de 40x1.2 mm, siguiendo los planos se procede a trazar las longitudes y ángulos para posteriormente cortar y soldar con soldadura TIG. En el interior de la estructura se coloca una placa de acero inoxidable AISI 304 de 3mm de espesor como base para ubicar la peladora. Luego se procede a decapar las zonas de soldadura quedando así lista la estructura como se observa en la figura.



Figura 152 Estructura máquina peladora

4.1.1.2 Instalación componentes para lavado

El proceso de pelado requiere que se dosifique agua al interior de la máquina peladora con el objetivo de que se drene la cascara y polvo producto del pelado. Se instaló una electroválvula que funciona a 12V la cual es encargada de abrir y cerrar el paso de agua hacia la máquina. Además se colocó una manguera en forma de arco para un mejor manejo.



Figura 153 Colocación electroválvula (izquierda), manguera en forma de arco (derecha)

4.1.1.3 Mecanismo apertura de puerta

Para la apertura de la puerta se colocó una barra unido por rótula a un cilindro neumático en un extremo, y agarrado a la estructura de la peladora en el otro. El cilindro neumático tiene un diámetro de 16 mm y una carrera de 150 mm suficiente para la salida de las papas luego de ser lavadas y peladas. El cilindro es controlado por un solenoide monoestable de 5 vías 2 posiciones ubicado en la estructura cerca del cilindro.

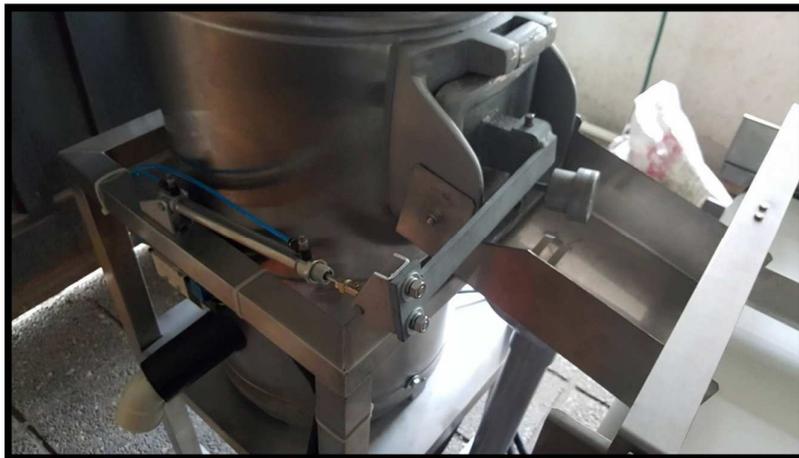


Figura 154 Mecanismo apertura puerta máquina peladora

4.1.1.4 Canal para salida de papas peladas

Para unir la parte de pelado con transporte fue necesario colocar un canal de acero inoxidable AISI 304 de espesor de 1 mm que sirve como puente entre la máquina peladora de papas y la banda transportadora con 20° de caída y sujeta con pernos.



Figura 155 Canal de unión máquina peladora – banda transportadora

4.1.2 Construcción etapa de transporte de papas

4.1.2.1 Estructura

La estructura está fabricada en tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304 de 40x1,2 [mm] luego de operaciones como trazado, corte, soldadura se realiza decapado de la soldadura al igual que la estructura de pelado, y corte.



Figura 156 Estructura banda transportadora

4.1.2.2 Bastidor

El bastidor es el componente sobre el cual se sujetaran las chumaceras tanto para el tambor motriz como el tambor de cola. Fabricado en acero inoxidable AISI 304 espesor de 3 [mm]. Entre las operaciones para su manufactura están trazado, corte, doblado, soldadura y taladrado. Esta sujeto con pernos M10 a la estructura.

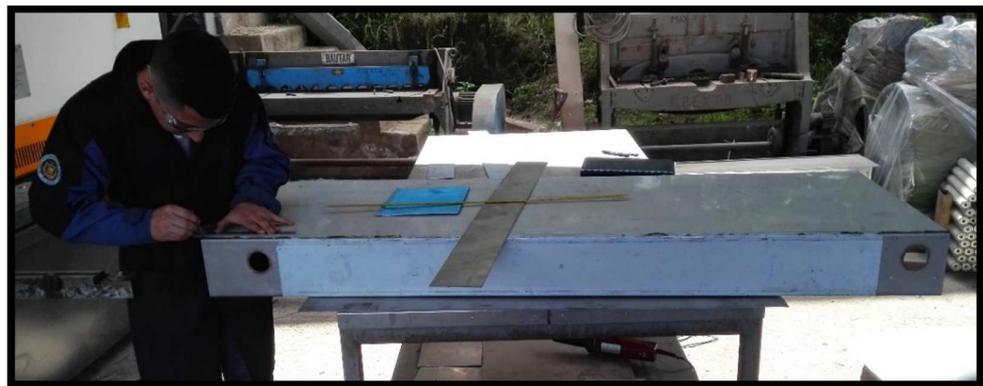


Figura 157 Trazado de medidas bastidor de la banda transportadora

4.1.2.3 Guías para chumaceras tensoras

Las guías están elaboradas en acero inoxidable AISI 304 de espesor 3[mm]. Es un canal que en el interior tiene soldado dos varillas cuadradas de acero inoxidable de ½” sobre las cuales se desliza la chumacera tensora. Al inicio del canal se encuentra soldado un soporte similar a una H que contiene una varilla roscada la cual permitirá tensar la banda. El canal se encuentra sujeta al bastidor por medio de soldadura.

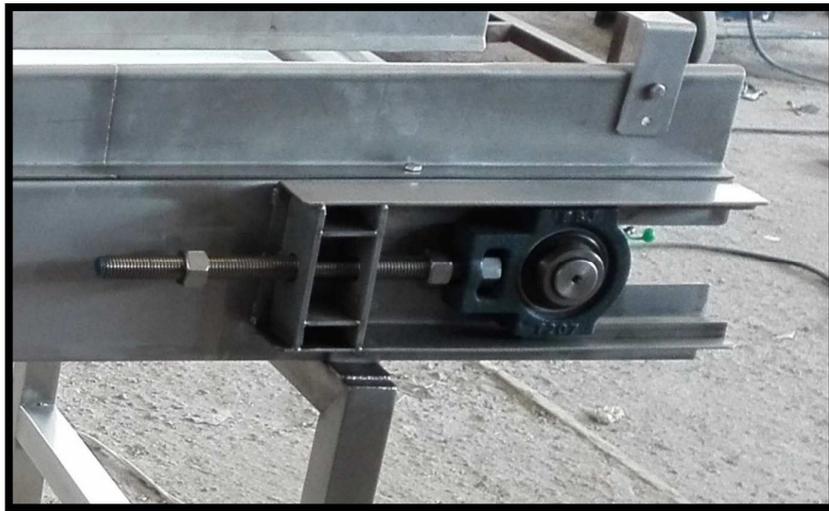


Figura 158 Guías chumaceras tensoras

4.1.2.4 Tambores motriz y de cola

Los tambores son los encargados de dar el movimiento a la banda, el tambor motriz se encuentra conectado a un motor de 0,187 KW con caja reductora de i 70 teniendo una salida de 25 RPM, además de estar envuelto por una banda forradora fina para mejorar el agarre de la banda de 2mm de PVC. El tambor de cola solo se encuentra colocado sobre las chumaceras tensoras y no cuenta con banda forradora. Los materiales utilizados para su construcción son tubo de vapor cédula 40 ASTM A53 de 4 1/2 “, eje de acero ASTM A36 que luego de ser soldados se tornean según el plano.



Figura 159 Tambor motriz y de cola

4.1.2.5 Separador

La banda transportadora se encuentra dividida en dos zonas la zona de control de calidad donde se procede a sacar la cáscara que no pudo ser pelada en la máquina peladora y la zona de corte donde es colocada la papa luego del control de calidad que es transportada hacia la cortadora. Esta construida en acero inoxidable AISI 304 de espesor 3 mm, sujetado con pernos de 6,35 [mm].



SEPARADOR

Figura 160 Separador banda transportadora

4.1.2.6 Ensamble

Una vez terminados todos los componentes que conforman la banda se proceden al ensamble, primero se coloca el bastidor sobre la estructura y se los sujeta con pernos M10, sobre este están colocados dos soportes laterales sujetos con pernos de 6,35mm de diámetro, luego se colocan los tambores tanto el motriz junto con el motor como el de cola finalmente se coloca la banda de 2 mm de PVC.



Figura 161 Ensamble final banda transportadora

4.1.3 Construcción etapa de corte de papas

4.1.3.1 Estructura

Está construida en acero inoxidable AISI 304 tubo cuadrado de 40x1,2 mm, se siguen los mismos pasos de construcción utilizados en la estructura de la peladora, y de la banda transportadora.



Figura 162 Estructura cortadora de papas

4.1.3.2 Canal

Es el componente que permite la unión entre la banda transportadora y la cortadora de papas, construida en acero inoxidable AISI 304 en espesor de 1 mm, sobre este se sujeta un motor a pasos el cual es el encargado de colocar las papas en la cortadora. Un sensor digital de alcance 10 cm está ubicado a un costado del canal, este detecta el paso de la papa y activa el motor a pasos y segundos después la electroválvula que controla el cilindro neumático.



Figura 163 Canal de unión banda transportadora - cortadora

4.1.3.3 Soporte cilindro

Esta placa doblada en forma de L está construido en acero inoxidable AISI 304 de espesor de 4 mm sobre este se coloca el cilindro neumático de diámetro de 50 mm y una carrera de 150 mm encargado del corte de las papas, a los costados del cilindro se soldaron dos cartelas para evitar la deformación de la placa debido a la fuerza de corte.

4.1.3.4 Ejes cortadora

Para evitar que la cortadora manual de papas se doble por la fuerza ejercida del cilindro neumático se cambiaron los ejes por unos más largos para que puedan ser sujetados en la placa que soporta el cilindro como se observa en la figura siguiente.

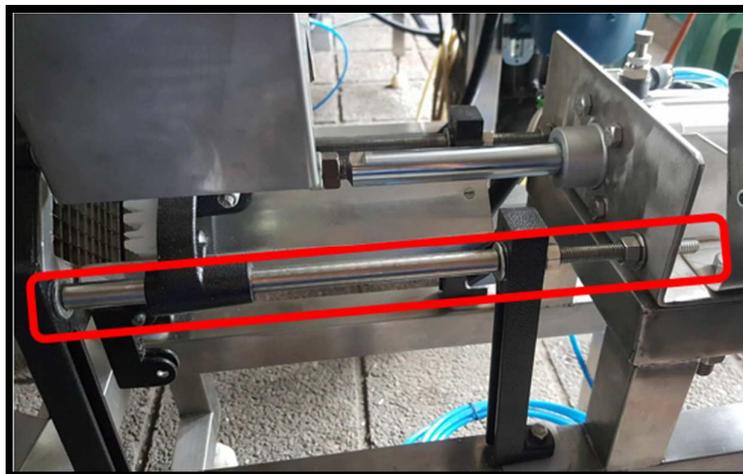


Figura 164 Ejes cortadora

4.1.3.5 Ensamble cortadora

Sobre la estructura se coloca la cortadora manual, junto a la placa en forma de L que soporta el Cilindro neumático, el filtro – regulador y lubricador en uno de los costados y en el otro la solenoide 5/2 monoestable que controla al cilindro neumático. Sobre la Cortadora se encuentra los canales que comunican la banda transportadora con la cortadora, como se observa en la siguiente figura.



Figura 165 Ensamble final cortadora

4.1.4 Implementación etapa de potencia y control

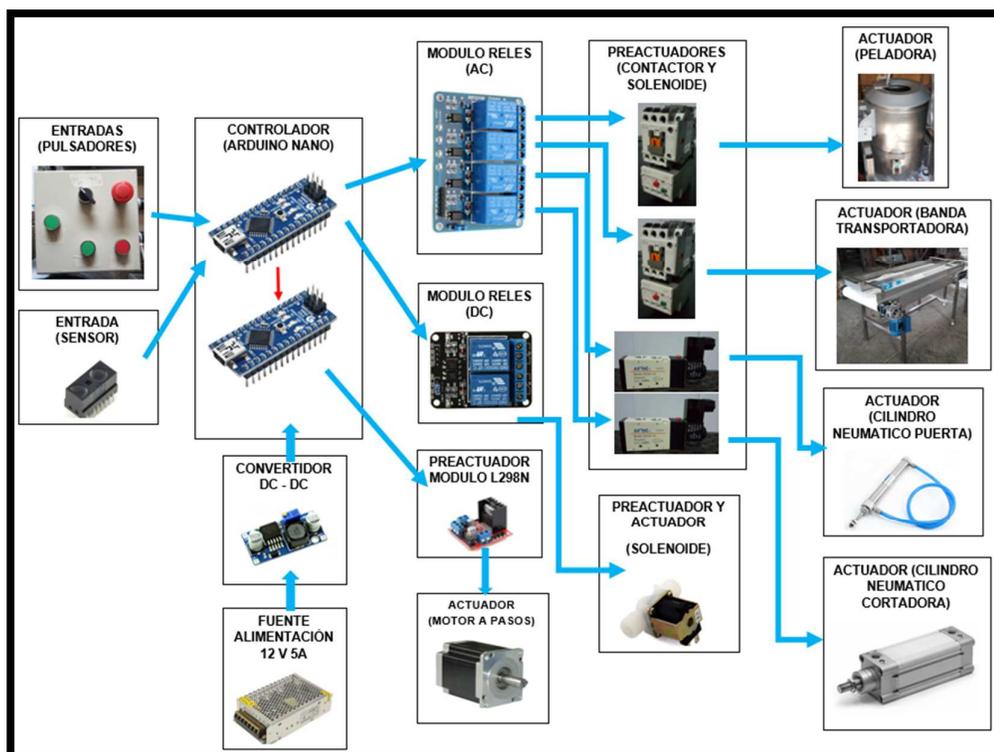


Figura 166 Diagrama modular de funcionamiento

4.1.4.1 Implementación etapa de potencia

La etapa de potencia consta de un gabinete metálico que consta de dimensiones 40 x 30 x 20 [cm] en cuyo interior se encuentran los siguientes elementos:

Tabla 70
Componentes cuadro de potencia y su función

Designación Diagrama de Fuerza	Elemento	Función
Q1	Breaker	Protección contra cortocircuito
KM1	Contactador	Activa/desactiva motor peladora
RT1	Relé Térmico	Protección contra sobrecarga motor peladora
M1	Motor Peladora	Mover disco de la peladora
KM2	Contactador	Activa/desactiva motor banda
RT2	Relé Térmico	Protección contra sobrecarga motor banda
M2	Motor banda transportadora	Mover tambor banda transportadora

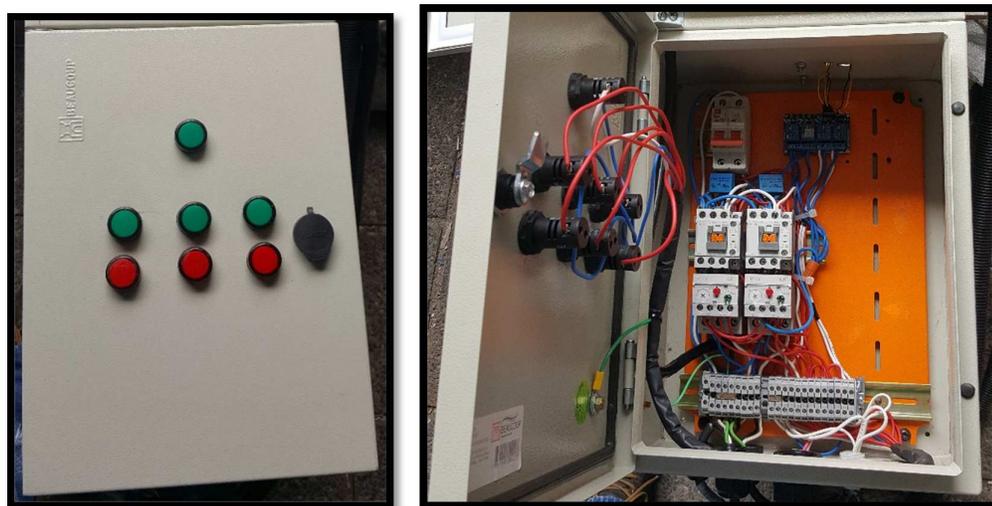


Figura 167 Cableado gabinete de potencia

4.1.4.2 Implementación etapa de control

La etapa de control consta de un gabinete de dimensiones de 30 x 30 x 15 cm en cuyo interior se encuentra:

Tabla 71
Componentes cuadro de control y su función

Designación Diagrama de Control	Elemento	Función
S1	Paro de Emergencia	Cortar el suministro de energía en caso de emergencia
RT1	Contactos NC/NO relé térmico	Corta suministro de energía en caso de sobrecarga del motor de la máquina peladora. Activa Luz piloto H1 en caso de sobrecarga
RT2	Contactos NC/NO relé térmico	Corta suministro de energía en caso de sobrecarga del motor de la banda transportadora Activa Luz piloto H2 en caso de sobrecarga
G1	Fuente 110VAC/12VDC 5A	Alimentación para 2 convertidores DC-DC, 2 arduinos nano, 2 módulo de relés, 1 módulo L298N, 1 motor a pasos, electroválvula (agua).
U1	Convertidor 12VDC/5VDC	Alimentación para 2 arduinos, 2 módulos de relés, sensor
U2	Convertidor 12VDC/6VDC	Alimentación módulo L298N y motor a pasos
S2	Pulsador PELADO	Envía señales al arduino nano 1 para ejecutar las instrucciones para el proceso de pelado
S3	Pulsador BANDA T.	Envía señales al arduino uno para ejecutar las instrucciones para el proceso de transporte y corte
S4	Selector	Permite selección entre el modo manual y modo semi-automático
S5	Pulsador REARME	Corta cualquier proceso que se este ejecutando
ARDUINO NANO1	Microcontrolador	Ejecutar las instrucciones grabadas según el estado de los pulsadores, selector y sensor
MÓDULO DE RELÉS (4)	Modulo de 4 relés	K1 Activa/desactiva contactor de la máquina peladora K2 Activa/desactiva contactor de la banda transportadora K3 Activa/desactiva bobina electroválvula (puerta) K4 Activa/desactiva bobina electroválvula (corte)
G3	Alimentación 110 VAC	Alimentación para las bobinas en AC del módulo de 4 relés
KM1 (bobina)	Contactador	Activa/desactiva bobina contactor motor máquina peladora
KM2 (bobina)	Contactador	Activa/desactiva bobina contactor motor banda transportadora
Y1	Bobina electroválvula	Activa/desactiva electroválvula (puerta)
Y2	Bobina electroválvula	Activa/desactiva electroválvula (corte)
MÓDULO DE RELÉS (1)	Modulo de 1 relé	K1 Activa/desactiva bobina en DC electroválvula (agua)
G1	Fuente 110VAC/12VDC	Alimentación electroválvula (agua)
Y3	Bobina electroválvula	Activa/ desactiva electroválvula (agua)
ARDUINO NANO 2	Microcontrolador	Enviar señales al módulo L298N
MÓDULO L298N	Driver L298N	Controlar Motor a pasos
M3	Motor a pasos	Colocar la papa en la cortadora
H1	Luz piloto (verde)	Indicar cuadro de potencia esta energizado
H2	Luz piloto (rojo)	Indicar falla térmica motor peladora
H3	Luz piloto (rojo)	Indicar falla térmica motor banda transportadora
KM1 (contacto)	Contacto abierto	Activa/desactiva luz piloto H4
KM2 (contacto)	Contacto abierto	Activa/desactiva luz piloto H5
H4	Luz piloto (verde)	Indicar que el motor de la peladora esta en marcha
H5	Luz piloto (verde)	Indicar que el motor de la banda esta en marcha
Sensor	Sensor Infrarrojo	Detección la presencia de papa en el canal



Figura 168 Cableado gabinete de control

Tabla 72

Entradas y salidas controlador arduino NANO 1

PIN ARDUINO	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	Entrada/Salida
D11	MSA	Selector Modo semi-automático	ENTRADAS
D9	MM	Selector Modo Manual	
D7	PB	Pulsador Banda transportadora	
D5	PP	Pulsador Pelado	
D3	S1	Sensor Digital	
D2	R	Rearme	
D4	SA2	Señal Arduino 2	SALIDAS
A0	MP	Relé Motor Peladora	
A1	MB	Relé Motor Banda Transportadora	
A2	EVP	Relé Solenoide Puerta	
A3	EVC	Relé Solenoide Cortadora	
Nota: El resto de Pines estan conectados a GND			

Tabla 73

Entradas y salidas controlador arduino NANO 2

PIN ARDUINO	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	Entrada/Salida
D4	SA1	Señal Arduino 1	ENTRADA
D12	IN4	Señal Control motor a pasos	SALIDAS
D11	IN3		
D10	IN2		
D9	IN1		
Nota: El resto de Pines estan conectados a GND			

4.2 Funcionamiento:

4.2.1 Pelado en modo manual:

Con el selector en la posición MANUAL el Pulsador de PELADO realiza las siguientes acciones:

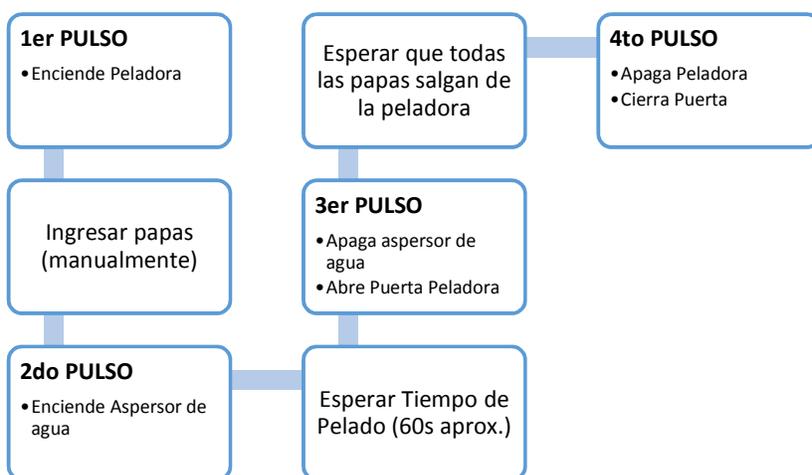


Figura 169 Secuencia Modo Manual Pelado

4.2.2 Corte en modo manual:

Con el selector en la posición modo Manual el pulsador de BANDA T. realiza las siguientes acciones:

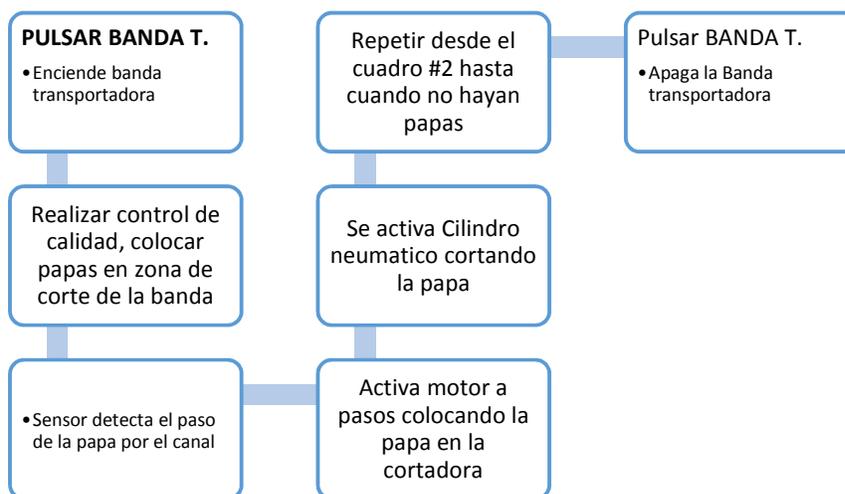


Figura 170 Secuencia modo manual corte

MODO SEMI – AUTOMATICO

4.2.3 Pelado semi - automático

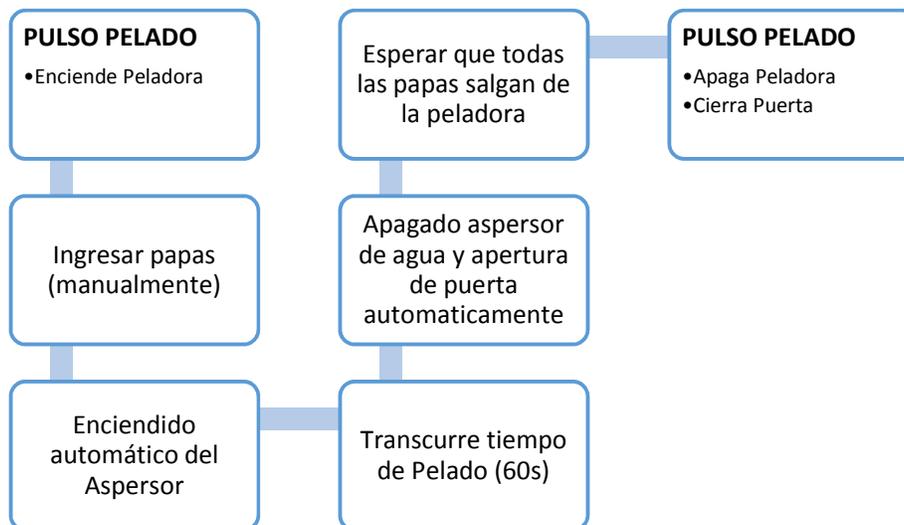


Figura 171 Secuencia modo semi-automático pelado

4.2.4 Corte semi – automático

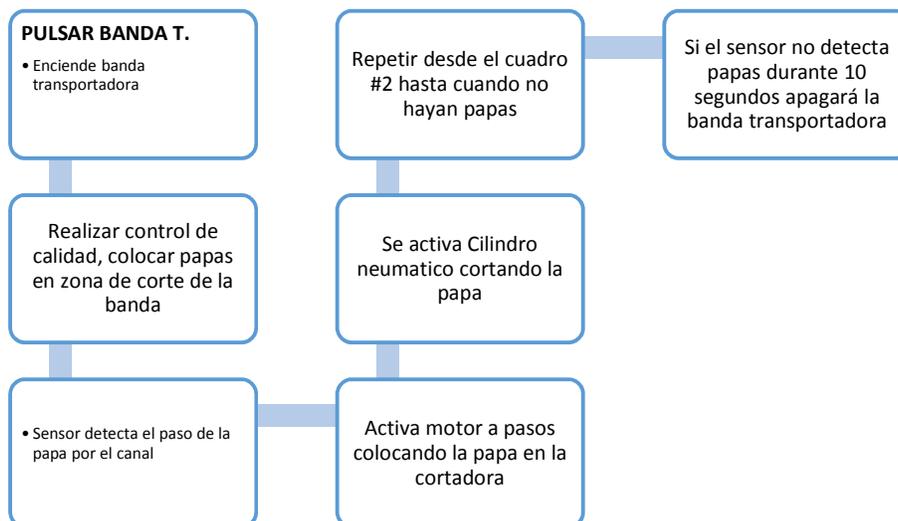


Figura 172 Secuencia modo semi-automático corte

CAPITULO V

5.1 PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas del sistema de pelado y corte de papas, se llevaron a cabo una vez terminada el ensamblaje mecánico como eléctrico y electrónico, para poder evaluar su funcionamiento con el fin de detectar anomalías en el comportamiento planteado en el proyecto.

5.1.1 Pruebas etapa de pelado

Las pruebas en la etapa de pelado tienen como objetivo determinar fallas en los componentes de aspersion de agua durante el lavado, así como fallas en la salida de las papas de la peladora.

Resultados

Los componentes que conforman el sistema de lavado funcionan correctamente no existen fugas de agua en las conexiones de la electroválvula, pero existe una fuga de agua por la puerta de la peladora, además la descarga de papas peladas obstruyen la salida ya que se acumulan en el canal de la peladora.

La corrección del problema de fuga fue realizar ranuras en el canal para que se drene el agua con residuos de cascara de papas, para el problema de obstrucción de papas se procedió a elevar la peladora 8 cm y dar una inclinación del canal.



Figura 173 Canal peladora (izq.) Canal peladora con ranura (dcha.)

5.1.2 Pruebas etapa de traslado

En la etapa de traslado se analiza el funcionamiento de la banda transportadora, el objetivo principal es verificar que los tambores; motriz y de cola, se encuentren paralelos ya que tiene una repercusión directa en el desplazamiento de la banda sobre el bastidor.

A más de pruebas acerca del control de calidad realizado en esta etapa por un operario. Las pruebas fueron realizadas tomando una base de 12 Kg de papas por prueba que es la capacidad de la peladora, teniendo en cuenta los parámetros mencionados en la etapa de control de calidad.

Resultado

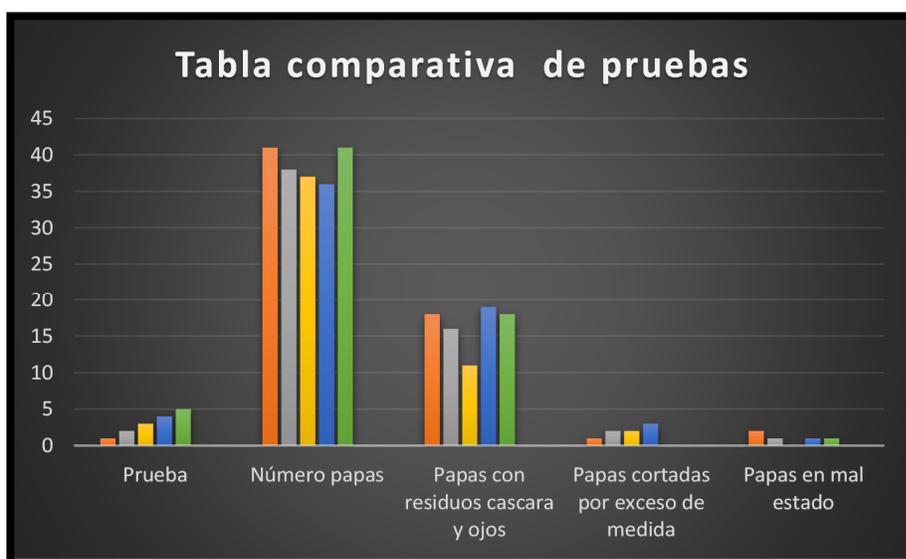
Al encender por primera vez el motor que mueve la banda se detectó que giraba en sentido contrario y la banda tenía una desviación hacia el lado derecho de la banda.

La solución para el sentido de giro fue cambiar las conexiones en la placa de bornes del motor, para la desviación se ajustó las chumaceras tensoras hasta obtener un desplazamiento centrado de la banda sobre el bastidor.

Tabla 74
Pruebas de control de calidad realizado en el módulo II

Prueba	Número papas peladas	Papas con residuos cascara y ojos	Papas cortadas por exceso de medida	Papas en mal estado
1	41	18	1	2
2	38	16	2	1
3	37	11	2	0
4	36	19	3	1
5	41	18	0	1

Tabla 75
Tabla comparativa de pruebas realizadas en el control de calida



Donde podemos observar claramente que el mayor factor que va a intervenir es el número de papas que poseen residuos de cascara y los comúnmente llamados ojos, es en este punto en donde se debe tener más precaución y control para mantener la calidad en el producto final.

5.1.3 Pruebas etapa de corte

El objetivo de las pruebas en la etapa de corte es determinar el correcto funcionamiento del sensor junto con el motor a pasos y el funcionamiento en general del proceso de corte.

Resultado

En la etapa de corte se encontró que la fuerza ejercida sobre la cortadora manual por el cilindro neumático era fuerte que provocaba flexión en los soportes de la cortadora problema que se puede agravar con los ciclos repetitivos de trabajo, además que la salida de las papas cortadas no caían en el recipiente destinado para el almacenaje de la papa cortada. El resto de componentes como sensor y motor a pasos funcionaron de la manera planificada.

La solución para el problema de flexión de la cortadora fue alargar los ejes hasta el soporte del cilindro neumático, con lo que se logra rigidizar los soportes de la cortadora. Para la caída de las papas cortadas se optó por colocar una tolva a la salida de la cortadora.

5.1.4 Pruebas eléctricas y electrónicas

Se realizó pruebas del circuito en general tanto en la etapa de potencia como en la etapa de control teniendo los siguientes resultados:

- Existió interferencia electromagnética provocada por los componentes inductivos como motores y electroválvulas, este inconveniente provocaba la activación aleatoria de los distintos actuadores, este problema se resolvió utilizando capacitores de desacoplo en las entradas del controlador.
- Otro problema fue que la desactivación de la bobina de los Contactores generaba reseteo del controlador, la solución fue colocar un capacitor supresor en paralelo a la bobinas de Contactores y solenoides.

5.2 Diseño robusto (Taguchi)

El diseño robusto consiste en que un proceso o producto funcione como se desea bajo condiciones no ideales, estas pueden ser variaciones de manufactura o una variedad de circunstancias de operación.

En el proceso de corte de papas se realizaron pruebas para determinar los factores que afectan que el corte sea a lo largo y definir el valor óptimo de parámetros de trabajo.

En las pruebas desarrolladas se utilizó dos tipos de mecanismos que colocan la papa en la cortadora que serán llamadas Tipo I y Tipo II como se observa en la figura más adelante; además, dos tiempos de espera para activación del cilindro de corte.

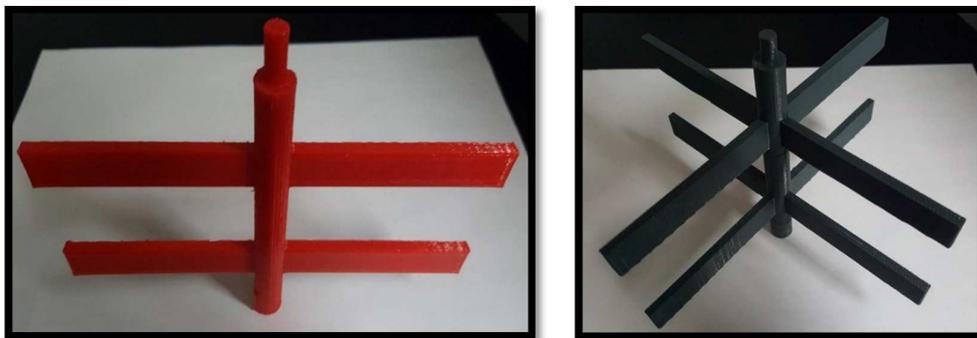


Figura 174 Tipo I (izq.) Tipo II (dcha.)

En la siguiente tabla se detalla el factor y los niveles en que fueron variados para ver su efecto sobre el proceso.

Tabla 76

Factores y niveles de diseño robusto

FACTOR	DESCRIPCIÓN	NIVEL 1	NIVEL 2
A	Mecanismo Coloca de papas	Tipo I	Tipo II
B	Tiempo de espera activación cilindro	1 seg	4 seg

Se analizará el efecto de estos dos factores a dos niveles cada uno, por lo tanto, se usará un arreglo ortogonal L4. Se realizaron 4 pruebas, la columna e es para evaluar el error aleatorio.

Tabla 77
Arreglo ortogonal L4

N°	A	B	e	Mecanismo	Tiempo	Yi
1	1	1	1	Tipo I	1 seg	0,16
2	1	2	2	Tipo I	4 seg	0,12
3	2	1	2	Tipo II	1 seg	0,2
4	2	2	1	Tipo II	4 seg	0,04

Utilizamos la tabla Anova para facilitar los cálculos y obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 78
Cálculos importancia de factores tabla Anova

N°	A	B	e	Yi
1	1	1	1	0,16
2	1	2	2	0,12
3	2	1	2	0,2
4	2	2	1	0,04
TOTAL Yi				0,52
Promedio Yi				0,13
T1	0,28	0,36	0,2	
T2	0,24	0,16	0,32	
SS	0,0004	0,01	0,0036	
GL	1	1	1	
V	0,0004	0,01	0,0036	
F	0,11111	2,7778		
Sg	No	Si		
P1	0,14	0,18		
P2	0,12	0,08		
Ni	2	2		
Ef	-0,01	-0,05		

Donde:

T1 = Total de lecturas al nivel 1

T2 = Total de lecturas al nivel 2

n = Número total de lecturas

$$SS = \frac{(T2 - T1)^2}{n}$$

gl = Grados de libertad (columnas)

V = SS/gl

F = V/Ve

Sg = ¿Efecto significativo?

P1 = Promedio nivel 1

P2 = Promedio nivel 2

Ni = Nivel seleccionado

Ef = Efecto de la variable

Y = Promedio de todos los datos

Yest = Valor estimado de la variable a las condiciones propuestas

$$Y_{est.} = Y + Ef_{A2} = 0,13 - 0,01 = 0,12$$

En la siguiente gráfica se evalúa el efecto de cada factor. Entre más vertical se encuentre la línea mayor será el efecto de este factor; por lo tanto, se concluye que el factor más influyente en el corte de la papa es el tiempo de espera para la activación del cilindro de corte.

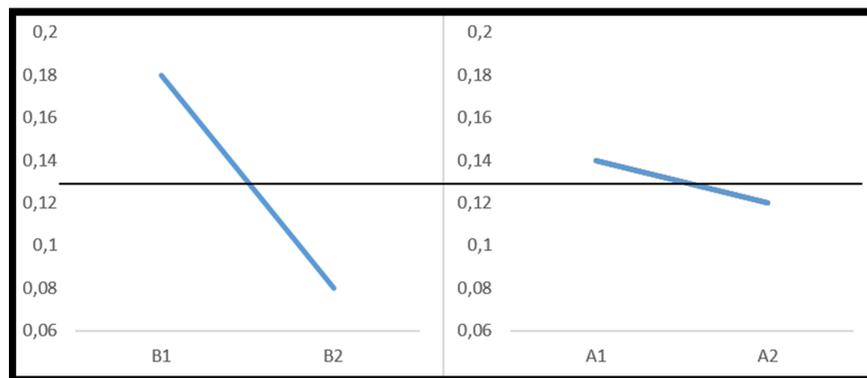


Figura 175 Gráfica del efecto de cada factor

5.3 Análisis económico

En este apartado se realiza un análisis del costo de la realización del proyecto, tomando en cuenta tanto los costos directos, indirectos así como costos de mano de obra.

5.3.1 Costos directos

Los Costos directos son los que se asocian directamente a la actividad: mano de obra, maquinaria, materias primas. Para este proyecto se lo ha dividido en componentes mecánicos, componentes eléctricos y electrónicos, y mano de obra.

Tabla 79
Costos materiales mecánicos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Plancha Acero Inoxidable AISI 304 espesor 3mm	1	257,77	257,77
Tubo cuadrado Inoxidable 40x1,2	4	56,61	226,44
Chumaceras de pared UCF 207-20	2	13,03	26,06
Chumaceras tensoras UCT 207-20	2	14,56	29,12
Banda Forradora	1	12	12
Banda 2 mm PVC	1	171	171
Caja de Paso 20x20x10 cm	1	5,15	5,15
Barra chaveta 6mm	1	1	1
Eje Ertalon 450 mm x 50 mm	1	7,94	7,94
Plancha Polietileno espesor 3mm	1	3,36	3,36
Barra Roscada Galvanizada 1/2"	1	7,12	7,12
Platina Acero Inoxidable 304 6x50 mm	1	8,65	8,65
Placa Ac. Inox. 304 espesor 1mm	1	30	30
Placa Ac. Inox. 304 espesor 4mm	1	40	40
Riel DIN	1	3	3
Gabinete	1	44,6	44,6
Platina Acero 30x5 mm	1	1	1
Tubo de vapor L=585 mm	2	13,98	27,96
Eje Ac. Inox. 304 1/2"	1	4,96	4,96
Eje Acero de transmisión 1 1/4"	2	14,9	29,8
Barra Roscada Acero Inox. 304 3/4"	1	19,9	19,9
Discos Acero	2	14,5	29
Cortadora Manual de papas	1	179	179
Spray Plateado	2	4,8	9,6
Tornillos, Pernos, Remaches, Arandelas, Arandelas de presión y tuercas en distintas medidas	1	100	100
Microcilindro 2E Diam. 16x150 mm	1	63,29	63,29
FRL 1/4"	1	93,58	93,58
Silenciador Bronce 1/8"	4	1,7	6,8
Pisco Conector T 8mm	1	3,65	3,65
Regulador de Velocidad tipo Banjo 8mm 1/4"	2	11,56	23,12
Pisco Conector Codo 4mm 1/4"	2	5,14	10,28
Regulador de Velocidad tipo Banjo 4mm M5	2	10,08	20,16
Horquilla Rótula para Vastago M6x1	1	15,72	15,72
Acople Rápido Plug 1/4" Macho Milton "A" Acero	1	2,08	2,08
Pisco Conector Codo 8mm x 1/4"	5	2,78	13,9
Tubo de poliuretano 8mm	8	1,66	13,28
Tubo de poliuretano 4mm	2	0,96	1,92
Cilindro 2E diam. 50 x 150 mm	1	155,55	155,55
Horquilla Rótula para Vastago M12x1.25	1	26,88	26,88
Bushing Bronce Niquelado 3/8" x 1/4" NPT	6	1,23	7,38
Bushing Bronce Niquelado 3/8" x 1/4" NPT	4	0,89	3,56
TOTAL			1735,6

Tabla 80
Costos materiales eléctricos y electrónicos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Motor 1/4 Hp 1670 RPM 110V+Reductor i70	1	336	336
Electroválvula Agua	1	35	35
Solenoides	2	14	28
Contactador 9A 110V	1	16,9	16,9
Contactador 18A 110V	1	23,82	23,82
Rele Sobrecarga 2,5-4 A	1	32,37	32,37
Rele Sobrecarga 9-13A	1	32,37	32,37
Disyuntor 20 A	1	16,28	16,28
Arduino Nano	2	18	36
Luz Piloto Verde1	1	10	10
Módulo 2 Relés	1	5,7	5,7
Módulo LM25965 DC - DC	3	4	12
Sensor digital 10 cm	1	9,5	9,5
Selector 3 posiciones	1	2,16	2,16
Pulsador al raz Metalico	4	1,69	6,76
Bloque de Contactos	6	0,64	3,84
Paro de Emergencia	1	8	8
Borne para Riel	6	0,44	2,64
Puente Equipotencial	1	1,33	1,33
Luz piloto 110Vac	7	1,54	10,78
Bornera 4mm	30	0,44	13,2
Cable Flexible #14	12	0,35	4,2
Cable Felxible #16	10	0,25	2,5
Prensa stopa PG11	7	0,5	3,5
Prensa stopa Pg13	1	0,5	0,5
Modulo L293D	1	10	10
Fuente de alimentación 12V 5A	1	25	25
Motor a pasos	1	6	6
TOTAL			694,35

5.3.2 Costos de manos de obra directa

Los costos de mano de obra son aquellos que están relacionados con cada una de las operaciones de manufactura para la implementación del proyecto.

Tabla 81
Costos de fabricación y ensamblaje

OPERACIÓN	COSTO (USD)
Corte	
Doblado	
Taladrado	978
Torneado	
Soldadura	
Galvanizado	16
TOTAL	994

Nota: el costo es por obra, no por hora

5.3.3 Costos indirectos

Los costos indirectos son aquellos vinculados al periodo productivo y no al producto terminado como costos de materiales indirectos.

Tabla 82
Costos materiales indirectos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Disco de Zirconio 4 1/2 x 7/8" ZA60	1	4,09	4,09
Disco de corte 4 1/2 "	2	3,8	7,6
Lija Grano Fino	2	0,75	1,5
Lija Grano Medio	2	0,75	1,5
Broca diam. 14 mm	1	7,8	7,8
TOTAL			22,49

5.3.4 Costo total del proyecto

El costo total es la sumatoria de los costos directos más los costos indirectos.

Tabla 83

Costo total del proyecto

Rubro	Costo
Costo Materiales	2429,95
Costo Mano de obra	994
Costos Indirectos	22,49
Costo Total Proyecto	3446,44

5.3.5 Rentabilidad del equipo

Producción mensual para el cálculo de los ingresos

$$Pm = Pt * Ph * D$$

Donde:

Pm = producción mensual

Pt = trabajo de la máquina en horas/día

Ph = producción en kg/hora

D = días al mes

$$Pm = 2 \frac{h}{día} * 125 \frac{kg}{h} * 20 \frac{días}{mes}$$

$$Pm = 5000 \frac{kg}{mes}$$

El ingreso diario por la venta de papas fritas es de 230 USD dividido para la producción de 250 kg se tiene la relación 0,92 USD/kg

Ingreso anual por venta de papas fritas

$$Ip = 0,92 \frac{USD}{kg} * 5000 \frac{kg}{mes} * 12 \frac{meses}{año}$$

$$Ip = 55200 \text{ USD}$$

Costos por operación y mantenimiento

Costos energía eléctrica

La máquina contiene dos motores uno de ½ Hp (0,373kW) de la máquina peladora y otro de ¼ Hp (0,187 kW) y la parte de control que consume 0,025kW y el periodo de trabajo es 2 horas/día teniendo un consumo de

$$C_{diario} = C * t$$

Donde:

C_{diario} = consumo diario (kW-h)

C = consumo de motores y control (kW)

t = tiempo diario de consumo (horas)

Reemplazando en la ecuación anterior tenemos

$$C_{diario} = 0,585 \text{ kW} * 2 \text{ horas}$$

$$C_{diario} = 1,17 \text{ kWh}$$

En el país el costo del kW-h es de 0,09 dólares. Para calcular el consumo eléctrico mensual se usa la siguiente ecuación:

$$C_{mensual} = 1,17 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} * 0,09 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}} * 20 \frac{\text{días}}{\text{mes}}$$

$$C_{mensual} = 2,11 \text{ USD}$$

Costos por operación y mantenimiento

Tabla 84
Costos por operación y mantenimiento

Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Total (USD)
Grasa	1	5	5,00
Materiales Limpieza	1	10	10,00
Agua para pelado y limpieza m^3	20	0,41	8,20
Operador	2	366	732,00
Servicio eléctrico [kWh]	23,4	0,09	2,11
Total costo mensual			757,31

El gasto mensual por concepto de operación y mantenimiento es de 757,31 USD.

El costo de producción para la venta está compuesta por los siguientes elementos:

Tabla 85
Costo de producción para la venta

Detalle	Cantidad	Costo unitario	Total (USD)
Envases pequeños	3500	0,06	210
Envases grandes	2000	0,07	140
Papas (sacos 50 kg)	100	21	2100
Aceite 20 lt	8	47	376
Gastos varios	1	800	800
Agua (sin máquina)	1	25	25
Servicio Eléctrico (sin máquina)	1	35	35
Total costo mensual			3686

La depreciación es la disminución del valor de los bienes, la depreciación de los activos fijos se lo realiza por la técnica contable y la duración (su vida útil). Según el SRI para instalaciones, maquinarias, equipos y muebles la depreciación es del 10% anual o 10 años de vida útil.

Causas de depreciación:

- Agotamiento
- Envejecimiento
- Desgaste

En la siguiente tabla se encuentra en forma resumida los costos anuales

Tabla 86
Resumen de costos anuales

Detalle	Mensual [USD]	Anual [USD]
Costos por operación y mantenimiento	757,31	9087,72
Costos producción para la venta	3686	44232,00
Depreciación	28,72	344,64
Costo total anual		53664,36

Para el cálculo del valor actual neto (VAN) se utilizó las funciones de Excel VNA teniendo como datos una tasa de recuperación del 15% sugerido por la empresa, el flujo y la inversión.

Mientras que para la tasa interna de retorno (TIR) los datos son la inversión y el flujo teniendo los siguientes resultados.

Tabla 87
Egresos e ingresos

Año	Ingresos	Egresos	Flujo	Saldo
0		3447	-3447	-3447
1	55200	53664,36	1535,64	-1911,36
2	55200	53664,36	1535,64	-375,72
3	55200	53664,36	1535,64	1159,92
4	55200	53664,36	1535,64	2695,56
5	55200	53664,36	1535,64	4231,2
VAN		\$ 1.700,70		
TIR		34%		

Al analizar el resultado del VAN se obtiene que la empresa gana 1700,70 USD en 5 años determinando que el proyecto es rentable según los siguientes criterios.

- VAN > 0 proyecto rentable
- VAN < 0 proyecto no rentable

La tasa de interés anual que otorgan los bancos y cooperativas no supera el 10% para dar un criterio de aceptación o rechazo del proyecto se considera los siguientes criterios:

- Si TIR < 10 % entidades financieras no es aconsejable
- Si TIR > 10 % entidades financieras es aconsejable

Como el TIR = 34% la inversión es aconsejable.

Retorno del capital se logra a los 2 años y 3 meses. Sumando la inversión (signo negativo) más los flujos de cada año hasta que el valor se hace positivo ahí tenemos el número de años y para los meses se hace una regla de 3 como se indica a continuación.

$$\begin{array}{rcl} 1535,64 & \rightarrow & 12 \text{ meses} \\ 375,72 & \rightarrow & x \end{array}$$

$$x = 2,93 \text{ meses}$$

Conclusión como el VAN es de 1700,70 y el TIR es de 34 % la inversión es aceptable. El tiempo de recuperación es 2 años y 3 meses.

CAPITULO VI

6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.1 Conclusiones

- Se diseñó e implementó exitosamente un sistema automatizado para realizar el proceso de pelado y corte de papas para la empresa Los Hot Dogs El Portón Real. En un principio el corte tenía una producción de 13 papas/min, actualmente el sistema permite una producción de 20 papas/min lo que significa un aumento en la producción del 53,84%.
- La utilización del método de criterios ponderados facilitó la selección técnica de elementos en la parte mecánica como en el parte eléctrica-electrónica.
- Se instaló una botonera que nos permite obtener un funcionamiento en modo manual y modo semi-automático del sistema. En el modo manual el proceso de pelado es controlado visualmente por un operador que por medio de pulsos realiza las distintas etapas, mientras que en el modo semi-automático el proceso de pelado se realiza por etapas temporizadas determinadas por pruebas, el tiempo de pelado total apropiado fue de 60 segundos.
- Mediante pruebas realizadas se determinó que las dimensiones totales de la banda transportadora no son las adecuadas ya que se podría diseñar una más compacta que cumpla con las mismas prestaciones.
- Se tuvo inconvenientes al utilizar componentes que producen interferencias electromagnéticas (ruido) como motores y solenoides, que fueron solventadas al utilizar capacitores de desacoplo y capacitores supresores.
- Con la adaptación del sistema de aspersion de agua en el proceso de pelado, se logró reducir el consumo de agua potable en un 27%, ya que inicialmente el consumo de agua era de 30 litros/pelado, actualmente se consume alrededor de 22 litros/pelado.

6.1.2 Recomendaciones

- Colocar capacitores de desacoplo de 10 uF lo más cerca posible a las entradas del Arduino Nano o en caso de utilización de otros micro-controladores. En caso de utilización de controladores más robustos como PLC cuentan con las debidas protecciones.
- Separar la etapa de potencia de la etapa de control de ser posible en dos gabinetes debido a la influencia electromagnética que producen los componentes que poseen bobinas como motores y solenoides que provocan estados no deseados en las entradas al micro-controlador.
- Se puede mejorar la precisión de detección de papas si se emplea un sensor más robusto el cual no se lo escogió en el desarrollo del proyecto debió a su elevado costo.
- Implementar una interfaz hombre-máquina HMI para realizar una configuración de tiempos para el proceso de pelado y registros de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- (2010). Obtenido de Monografias.com S.A.:
<http://www.monografias.com/trabajos93/motor-paso-paso/motor-paso-paso.shtml>
- (10 de 05 de 2015). Obtenido de CURSOS VIRTUALES Y PRESENCIALES RAMA UCSA IEEE:
<http://vciee.besaba.com/ieee/>
- (2015). Obtenido de AliExpress Español: <http://es.aliexpress.com/item/3pcs-DC-6v-9v-12v-Gear-Motor-For-DIY-Car-Robot-Boat-with-Synchronous-Belt-Free/32261494081.html>
- (2015). Obtenido de RoboShop : <http://www.robotshop.com/ca/en/hitec-hs-5585mh-servo-motor.html>
- (24 de 02 de 2015). Obtenido de Wikipedia:
[http://es.wikipedia.org/wiki/Puente_H_\(electr%C3%B3nica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Puente_H_(electr%C3%B3nica))
- (2015). Obtenido de Ebay: <http://www.ebay.com/itm/Dual-VNH2SP30-Stepper-Motor-Driver-Module-30A-Monster-Moto-Shield-Replace-L298N-/310780916584>
- (2015). Obtenido de XBee.cl: <http://xbee.cl/xbee-pro-63mw-wire-antenna/>
- Actuadores, N. (2015). Obtenido de
http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/7_actuadores_neumaticos.pdf
- Airtac. (2015). Obtenido de
http://sp2.airtac.com/pro_det.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=40&c_kind4=46&c_kind5=77&id=57
- Aldebaran. (s.f.). <https://www.aldebaran.com/en>.
- Altechcorp. (2014). Obtenido de http://www.altechcorp.com/PDFS/Contactors_MC.pdf
- Altechcorp. (2014). Obtenido de http://www.altechcorp.com/PDFS/Contactors_MC.pdf
- Arduino. (2008). Obtenido de <https://www.arduino.cc>
- ARDUINO. (2015). *ARDUINO MEGA*. Obtenido de
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- Arduino. (2016). Obtenido de <http://www.ebay.es/itm/MODULO-RELE-5V-4-CANALES-Arduino-placa-PIC-aislado-channels-4-reles-/221514667496>
- Arduino. (2016). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>
- Automatizando, S. (2011). Obtenido de
<http://www.automatizando.com.co/sensoresdeproximidad.htm>
- Barrientos, A. (1997). *Fundamentos de Robótica*. Madrid: McGRAW-HILL.
- Baseequipment. (2014). Obtenido de <http://www.baseequipment.com/Nemco-56455-3-1-2-Monster-Airmatic-FryKutter-p/nem-564553.htm>

- Baseequipment. (2014). Obtenido de <http://www.marcelissen.nl/img/gebruikersmappen/PDF/Slitmaster%20E.pdf>
- Baturone, A. O. (2001). En A. O. Baturone, *Robótica Manipuladores y robots móviles*. España: MARCOMBO, S.A.
- BeagleBord. (2014). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/BeagleBoard>
- Beaucoup*. (2016). Obtenido de <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://inselec-ecuador.com/wp-content/uploads/2016/03/FICHA-TECNICA-BEAUCOUP-GABINETES.pdf&hl=es>
- BOSCH. (2005). *Catálogo de motores eléctricos*. Obtenido de <http://www.bosch.com.br/br/negociosindustriais/produtos/peqPorte/pg/pdf/catalogogomt.pdf>
- Bräunl, T. (2006). *Embedded Robotics, Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems*. Springer.
- Carnegie Mellon University. (1994). *The Robotics Institute - Dante II*. Obtenido de https://www.ri.cmu.edu/research_project_detail.html?project_id=163&menu_id=261
- Cepeda, D. P. (2014). *Diseño y construcción de un robot todo terreno utilizando el sistema ROCKER-BOGIE y teleoperado inalámbricamente para el laboratorio de robótica de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE*. Sangolquí. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8169>
- Cilindros, N. (2015). Obtenido de http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Tarea_2:_Cilindros_neum%C3%A1ticos_en_fluidsim_por_14637280
- CNCITALIA. (2016). Obtenido de http://www.cncitalia.it/upload_ele/pap_nmb.pdf
- Code, N. E. (2014). Dimensionamiento arrancadores directos de motores. 1-2.
- Competition, V. R. (2015). *Vex Robotics Competition*. Obtenido de <http://www.vexrobotics.com.mx/vex/Producto/mecanum.html>
- Compresores*. (2012). Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/43538386/17/DEFINICION-DE-COMPRESORES>
- Conti, F. (2014). *Motores paso a paso*. Librería y editorial Alsina.
- CONTITECH. (2015). *Manual de Ingeniería Bandas Transportadoras*. Obtenido de <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2016/05/manual-ingenieria-bandas-transportadoras.pdf>
- Conveyor Handbook*. (2015). Obtenido de http://www2.hcmuaf.edu.vn/data/dangnh/file/5_Fenner%20Dunlop_%202009_%20Conveyor%20Handbook.pdf
- Corfo. (2010). Obtenido de <http://clickpapas.cl/blog/2012/12/05/la-planta/>

- DELTA. (2010). Obtenido de <http://www.controlage.com/goods-232-dvp16es200r-delta-plc-es2-serial-new.html>
- DIARIAMOTOR Freire, J. (13 de Febrero de 2007). *DIARIAMOTOR*. Obtenido de <http://www.diariomotor.com/2007/02/13/traccion-delantera-o-propulsion-trasera-%C2%BFque-prefieres/>
- Dictator. (2015). Obtenido de <http://www.dictator.de/wp-content/uploads/14-Indicaciones-para-calculary-determinar.pdf>
- Directindustry. (2016). Obtenido de <http://www.directindustry.com/prod/weg/product-12491-1560610.html>
- Dreamstime. (2010). Obtenido de <http://saturros13.blogspot.es/>
- Dynamics, B. (2015). *Cheetah - Wildcat*. Obtenido de http://www.bostondynamics.com/robot_cheetah.html
- Ecoserv. (2014). Obtenido de http://mec-s1-p.mlstatic.com/peladora-de-papas-25-libras-por-minuto-trabajo-pesado-604-MEC4068365477_042013-O.jpg
- Eidelman, A. (2008). *Robots Móviles*. Obtenido de profesores.esfq.edu.ec/laurents/IME440/IME440_RobotMovil.pdf
- Electronilab. (2015). Obtenido de <http://electronilab.co/tienda/modulo-lm2596-convertidor-de-voltaje-dc-dc-buck-1-25v-35v/>
- Electronilab. (2015). Obtenido de <http://electronilab.co/tienda/modulo-lm2596-convertidor-de-voltaje-dc-dc-buck-1-25v-35v/>
- Electronilab. (2016). Obtenido de <http://electronilab.co/tienda/driver-dual-para-motores-full-bridge-l298n/>
- Elhinel. (2015). Obtenido de http://www.elhinel.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=1195&Itemid=505
- Embajadores, E. (2015). Obtenido de <http://www.electronicaembajadores.com/Productos/Detalle/17/IMELG12/solenoid-e-12v-g1-2--normalmente-abierto--electrovalvula->
- Embajadores, E. (2015). Obtenido de <http://www.electronicaembajadores.com/Productos/Detalle/17/IMELG12/solenoid-e-12v-g1-2--normalmente-abierto--electrovalvula->
- Eurobelt. (2010). Obtenido de <http://www.eurobelt.com/e30-flush-grid/>
- Ferrosur. (2015). Obtenido de http://www.ferrosur.com.uy/index.php?id_product=268&controller=product
- Festo. (2010). Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/festo/product-4735-120580.html>
- Fimar S.p.a. (2014). *Fimar S.P.A.* Obtenido de <http://www.fimarspa.it/R08/ES/prodotti.php>

- Fuchs, P. (2013). Obtenido de http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_182.htm?view=productgroupoverview
- Foundation, O. S. (2015). *ROS. org*. Obtenido de <http://wiki.ros.org/es>
- Hidalgo, M. H. (2014). *Diseño y construcción de un robot móvil experimental 8X8 articulado para saltar obstáculos*. Sangolquí. Obtenido de Repositorio Digital: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7672>
- HONDA. (2015). *HONDA, The Power of Dreams*. Obtenido de <http://world.honda.com/ASIMO/technology/2000/index.html>
- HONDA. (2015). *The Honda humanoid Robot ASIMO*. Obtenido de http://world.honda.com/ASIMO/history/p1_p2_p3.html
- <http://jamangandi2012.blogspot.com/2012/10/que-es-arduino-te-lo-mostramos-en-un.html>. (05 de 10 de 2012).
- http://profesores.usfq.edu.ec/laurents/IME440/IME440_RobotMovil.pdf. (s.f.).
- http://profesores.usfq.edu.ec/laurents/IME440/IME440_RobotMovil.pdf. (s.f.).
- http://profesores.usfq.edu.ec/laurents/IME440/IME440_RobotMovil.pdf. (s.f.).
- http://profesores.usfq.edu.ec/laurents/IME440/IME440_RobotMovil.pdf. Obtenido de http://profesores.usfq.edu.ec/laurents/IME440/IME440_RobotMovil.pdf.
- INCAFLER. (s.f.). Obtenido de <http://www.incalfer.com/nueva2015/linea/papas-fritas-cont.html>
- INCAFLER. (2016). Obtenido de <http://www.marcelissen.nl/img/gebruikersmappen/PDF/Slitmaster%20E.pdf>
- INCAFLER. (2016). Obtenido de <http://www.incalfer.com/nueva2015/linea/papas-fritas-cont.html>
- INCAFLER. (2016). Obtenido de <http://www.incalfer.com/nueva2015/linea/papas-fritas-cont.html>
- INCAFLER. (2016). Obtenido de http://www.incalfer.com/WEB/fotos/lineas/papafritascontinua_g2.jpg
- INCAFLER. (2016). Obtenido de http://www.incalfer.com/WEB/fotos/lineas/papafritascontinua_g3.jpg
- Industrial, I. M. (2009). Obtenido de <http://meri.hol.es/actuadores-o-accionadores/>
- INIAP. (2011). Obtenido de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Las%20papa%20nativas%20en%20el%20Ecuador..pdf>
- INIAP. (2011). Obtenido de <http://192.156.137.121:8080/cipotato/region-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/variedades>

- INTPLUS Super Robótica*. (06 de 02 de 2015). Obtenido de <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>
- LAC, R. (2010). Obtenido de <http://192.156.137.121:8080/cipotato/region-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/variedades>
- Lanniser, S. (2015). *Raspberrypi - Comunidad en español*. Obtenido de <http://www.raspberrypi-es.com/2013/04/>
- Levinson Aceros*. (2015). Obtenido de <http://www.aceroslevinson.com/aceros/acero-inoxidable/>
- LINAK. (2010). Obtenido de <http://www.linak.es/about/?id3=4283>
- LS. (2016). Obtenido de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj-xuZjvjLAhUJpx4KHxY8ACcQFggblMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.lsis.com%2Fusa%2Fdownload%2Fno-check%2Fdownload%2FMCB_E_1402.pdf&usg=AFQjCNHjYclRyKdNLMsHHJybWeUwaEbVg&sig
- Machinery Zhengzhou Whirlston. (2011). *Alibaba*. Obtenido de http://www.alibaba.com/product-detail/electric-potato-peeler-machine-pumpkin-washing_60304007998.html?spm=a2700.7724838.35.1.0quVGo
- Manflex. (2013). Obtenido de <http://www.manflex-peru.com/index.php/productos/fajas-transportadoras>
- Máquinas, m. y. (2014). Obtenido de <https://sites.google.com/site/gabrielmecanismos/Home/parte-iii/0-2---transformacion-del-movimiento-giratorio-en-lineal-alternativo/2-3---sistema-biela-manivela-embolo>
- Materiales Industriales* . (2014). Obtenido de Materiales FI: <http://materias.fi.uba.ar/7201/AleacionesNoferrosas.pdf>
- Materiales Industriales* . (2014). Obtenido de Materiales Industriales FI: <http://materias.fi.uba.ar/7201/AleacionesNoferrosas.pdf>
- Mecanismos. (2015). Obtenido de <https://sites.google.com/site/gabrielmecanismos/Home/parte-iii/0-2---transformacion-del-movimiento-giratorio-en-lineal-alternativo/2-3---sistema-biela-manivela-embolo>
- Microautomacion. (2015). Obtenido de <http://www.microautomacion.com/catalogo/Actuadores.pdf>
- Mindman. (2015). Obtenido de http://www.mindman.com.tw/upload/prod_download/E_MCMI.pdf

- Mindman. (2015). Obtenido de <http://spanish.alibaba.com/product-gs/mcmi-miniature-air-cylinder-11799443.html>
- Mindman. (2015). Obtenido de http://www.mindman.com.tw/upload/catalogerr/E5_E41-45.pdf
- Mindman. (2015). Obtenido de <http://www.pneumaticsolutions.com.au/catalog/product/view/id/2361/s/mindman-mcqv-series-cylinders/category/40/>
- Mindman. (2016). Obtenido de <http://www.mindman-hellas.com/misc/MACP300.pdf>
- Motor, O. (2013). *Oriental Motor*. Obtenido de http://www.orientalmotor.com/products/pdfs/2012-2013/G/usa_tech_calculation.pdf
- Motorreductores, M. (2015). Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos13/reducty/reducty.shtml>
- Mouser. (2016). Obtenido de http://www.mouser.com/pdfdocs/Gravitech_Arduino_Nano3_0.pdf
- NASA. (10 de Agosto de 2012). *Mars Pathfinder*. Obtenido de www.nasa.gov/mission_pages/mars-pathfinder/
- National, E. C. (2015). Dimensionamiento de Arrancadores Directos de Motores.
- NAUMATICOS, C. (2013). Obtenido de <http://saturos13.blogspot.es/>
- Panamahitek*. (2014). Obtenido de <https://panamahitek.com/herramientas-de-control-para-arduino-el-relay-o-relevador/>
- Place, P. (2015). Obtenido de Power Place - Solution Total: http://www.powerplace.com.ec/site/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.browse&category_id=68&Itemid=1&vmcchk=1&Itemid=1
- Pololu. (2012). Obtenido de <https://www.pololu.com/product/1134>
- Pololu. (2015). Obtenido de <https://www.pololu.com/product/1134>
- PROVECUADOR. (2014). *PROVECUADOR*. Obtenido de <http://provecuador.com.ec/bandas-transportadoras.html#sinteticas>
- Raspberry. (2012). Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-2-on-sale/>
- Real Academia Española. (Octubre de 2014). *Real Academia Española*. Obtenido de <http://lema.rae.es/drae/?val=rob%C3%B3tica>
- Robomotios. (2015). *RBMT Robomotion*. Obtenido de <http://www.robomotion.es/>
- ROBÓTICA. (2014). *ROBÓTICA*. Obtenido de <http://trabajorobotica.weebly.com/los-robots-maacutes-avanzados.html>
- S.L.L., R. A. (2015). *Robotnik*. Obtenido de <http://www.robotnik.es/robots-moviles/summit-x/>

- S.L.L., R. A. (7 de Agosto de 2015). *Robotnik*. Obtenido de <http://www.robotnik.es/robots-moviles/autonomo-agvs/>
- SAEuroFlon. (2015). *EuroFlon,SA*. Obtenido de <http://www.euroflon.com.ar/>
- SAMMIC. (s.f.). Obtenido de <http://es.sammic.com/catalog/preparacion-dinamica/maquina-corta-patatas/cf-5>
- Seritiuneumatica. (2014). Obtenido de <http://seritiumneumatica.wikispaces.com/Unidad+de+mantenimiento>.
- Siegwart, R. (2011). *Autonomous Mobile Robots*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Siemens. (2014). Reductores mecánicos . *Productos eléctricos industriales* , 53.
- Solutions, B. M. (2016). Obtenido de http://www.bosch-mobility-solutions.es/es/es/_technik_1/component_8/SF_PC-CV_BS_Brake-Booster_SF_PC-CV_Brake-Systems_3264.html?compld=3137
- SONY. (2015). Obtenido de SONY AIBO: www.sony-aibo.com
- SORMAC B.V. (2015). *SORMAC*. Obtenido de <http://www.sormac.es/es/producto/Peladora-de-cuchillas-en-continuo-MS-10%2C-MS-20%2C-MS-20-Combi-81>
- Standford Research Institute. (2015). *Artificial Intelligence Ceneter*. Obtenido de www.ai.sri.com/shakey/
- Steck. (2016). Obtenido de <http://productos.steck.com.br/item/botoes-22-5/botao-de-retencao-tipo-soco-girar-para-destravar/slpdfn2r4>
- Steck. (2016). Obtenido de <http://productos.steck.com.br/item/botoes-22-5/botao-a-impulsao/slprn2?&bc=100|1002|1431|1435|1440|1438>
- Steck. (2016). Obtenido de <http://productos.steck.com.br/viewitems/botoes-22-5/botao-comutador>
- Steck. (2016). Obtenido de <http://productos.steck.com.br/item/max-botton/sinalizador-led/slids1103?&bc=100|1002|1431|1435|1440|1438|1449>
- STripFET. (2015). *STripFET - VNH2SP30-E*. Obtenido de <http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/CD00043711.pdf>
- Super Robótica*. (06 de 02 de 2015). Obtenido de <http://www.superrobotica.com/S300167.htm>
- Systems, C. W. (2015). *Wheelift Systems*. Obtenido de http://www.wheelift.com/agv_systems.html
- Tecnicnc. (2015). Obtenido de <http://tecnicnc.com/productos.html>
- UDLA. (2013). Obtenido de https://prezi.com/au8l_wbpi7ww/variedades-de-papas-en-el-ecuador/

- Varvel. (2015). Reduscores series RS y RT. *Varvel motion control*, 25.
- Velasco. (2015). Obtenido de <http://www.velasco.com.ec/velasco/producto.php?id=2800>
- Vicente Díaz López, B. L. (2014). *Universidad Carlos III de Madrid*. Obtenido de http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/bandas_transportadoras.pdf
- Vistronica. (s.f.). Obtenido de <http://www.vistronica.com/robotica/modulo-l298n-para-control-de-motores-detail.html>
- Vulcanizados, V. (2014). Obtenido de <http://www.vulcanizadosruiz.com/bandas-transportadoras/pvc.html>
- Wikipedia. (2008). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_infrarrojo
- Wikipedia. (2010). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>
- Wikipedia. (2012). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Interruptor_magnetot%C3%A9rmico
- Wikipedia. (2014). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Contactor>
- Wikipedia. (2014). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9_t%C3%A9rmico
- Wikipedia. (2016). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso
- Wikipedia. (2016). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_de_alimentaci%C3%B3n
- Wikipedia. (2014). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_\(m%C3%A1quina\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_(m%C3%A1quina))
- xatakafoto. (2009). *Sensores con tecnología CCD vs CMOS*. Obtenido de <http://www.xatakafoto.com/camaras/sensores-con-tecnologia-ccd-vs-cmos>
- Zambeca. (2016). Obtenido de http://www.zambeca.cl/tiendaOficial/index.php?route=product/product&product_id=576