



Formulación de propuesta técnico-económica para la construcción de un equipo multifunción para la línea de producción de hojaldres de la empresa The Bakery.

Cristian Camilo Godoy Triana

Facultad de ingeniería

Ingeniería mecánica

Ibagué, Tolima

Colombia

2019



Formulación de propuesta técnico-económica para construcción de un equipo multifunción para la línea de producción de hojaldres de la empresa The Bakery.

Cristian Camilo Godoy Triana

Trabajo de grado presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero mecánico

Director (a):

Dr.Ing. Oscar Javier Araque de los Ríos

Profesor Universidad de Ibagué

Facultad de ingeniería

Ingeniería mecánica

Ibagué, Tolima

Colombia

2019



Lema

Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad.

Albert Einstein



Resumen

El propósito de este trabajo es la elaboración del diseño de una máquina para el mejoramiento del proceso de producción de hojaldres orientado a la empresa “The Bakery”, además de una propuesta técnico - económica para la construcción de esta; para poder llevar acabo esto se tuvo que: identificar y caracterizar las variables del proceso, proponer alternativas de diseño y selección de la que mejor propuesta, realizar los cálculos correspondientes de la propuesta seleccionada y que cumpla con los requerimientos ingenieriles y presupuestar los costos de fabricación, después de esto se llegó a la conclusión que la mejor propuesta es la N°2 debido a su mayor economía y mejor cumplimiento de requerimientos por el clientes ,además de que este equipo puede costar alrededor de \$ 106.705.108 y el cual es muy rentable a la hora de adquirirlo por la empresa ya que puede recuperar su inversión en un año además de aumentar su producción y así mismo sus ventas.

Palabras claves: Producción, economía, diseño, cálculos, ingeniería.

Abstract

The purpose of this work is the elaboration of the design of a machine to improving production process of puff pastry business oriented “The bakery”, moreover of a approaches technical-economic to the construction of this; in order to carry out this, It had to: identify and characterize the process variables, to put up design alternatives and selection of the better proffer, to realize the corresponding calculations of the approach selected and that it complies with the engineering requirements and to budget the manufacturing costs, after of this it came to the conclusion that the best proffer is the N°2 due to its greater economy and better compliance with the requirements by customers, beside that this equipment can cost around \$ 106.705.108 and which is very profitable at the time of acquiring it by the company since it can recover its investment in a year in addition to increasing its production and also its sales.

Keywords: Production, economy, design, calculations, engineering



Contenido

Introducción	1
Capítulo 1: Caracterización y Variables del proceso de producción.	4
1.1 Variables características del proceso de producción de los hojaldres	4
1.1.1 Tiempos y velocidad de amasado	5
1.1.2 Peso en la división de la masa	5
1.1.3 Peso y tiempo de dosificación	6
1.1.4 Velocidad y peso de sellado	6
1.2 Caracterización de ingredientes y rellenos de los hojaldres	6
Capítulo 2: Especificaciones de diseño y selección de alternativas	12
2.1 Especificaciones de diseño	12
2.2 Síntesis estructural de diseño	14
2.3 Selección de materiales	18
2.4 Descripción y Selección de alternativas	21
2.4.1 Características de Propuesta N°1	21
2.4.2 Características de Propuesta N°2	24
2.5 Funcionamiento de propuesta seleccionada	29
Capítulo 3: Cálculo y manufactura de componentes	31
Capítulo 4: Ergonomía del diseño	34
Capítulo 5: Capítulo análisis económico de la maquinaria	45
Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones	46
A. Anexo: Cálculos y manufactura de componentes de sistemas	52
A.1 Calculo de la densidad de la masa de hojaldre	52
A.2 Calculo de las densidades de los rellenos	53
A.3 Sistema de banda transportadora	57
A.3.1 Selección de banda	57
A.3.2 Selección de rodamientos y rodachines	58



A.3.3 Cálculo de Motorreductor.....	68
A.3.4 Análisis del eje	76
A.3.5 Cálculos de análisis estructural estático.....	85
A.3.6 Manufactura del sistema de banda transportadora.....	88
A.4 Sistema de dosificación.....	102
A.4.1 Calculo de uniones soldadas	102
A.4.2 Cálculos de uniones atornilladas.....	122
A.4.3 Calculo para cilindros neumáticos.....	126
A.4.4 Cálculo de presión y tiempo necesario para dosificar cada relleno	128
A.4.5 Selección de compresor	140
A.4.6 Manufactura de sistema de dosificación	142
A.5 Sistema de corte lineal.....	150
A.5.1 Manufactura de soporte de masa	150
A.5.2 Manufactura de rodillo amasador.....	152
A.5.3 Manufactura de corte lineal	156
A.6 Sistema de doblado.....	161
A.6.1 Manufactura de sistema de doblado	161
A.7 Sistema de prensado	164
A.7.1 Calculo de uniones soldadas	164
A.7.2 Selección de banda transmisora.....	178
A.7.3 Manufactura de sistema de prensado	184
A.8 Sistema eléctrico y de control neumático	190
B. Anexo: Análisis económico	196



Lista de figuras

Figura 1-1: Productos a analizar	8
Figura 1-2: Hojaldre de arequipe	9
Figura 1-3: Hojaldre de bocadillo de guayaba.....	9
Figura 1-4: Hojaldre de carne de res	10
Figura 1-5: Hojaldre de carne de pollo	10
Figura 2-1: Modelo Caja negra de la máquina	13
Figura 2-2: Modelo caja gris de la máquina.	13
Figura 2-3: Modelo caja gris con depuraciones de las funciones	16
Figura 2-4: Análisis funcional de la maquina.....	17
Figura 2-5: Base estructural y banda transportadora de propuesta N°1	21
Figura 2-6: Sistema de corte horizontal de propuesta N°1	22
Figura 2-7: Sistema de dosificación de la propuesta N°1	22
Figura 2-8: Sistema de doblado de propuesta N°1	23
Figura 2-9: Sistema de sellado y corte de propuesta N°1	23
Figura 2-10: Diseño final de propuesta N°1	24
Figura 2-11: Sistema estructural de banda transportadora propuesta N°2	24
Figura 2-12: Sistema de aplanamiento de propuesta N°2.....	25
Figura 2-13: Sistema de corte de propuesta N°2	25
Figura 2-14: Sistema de dosificación de propuesta N°2.....	26
Figura 2-15: Sistema de doblado de propuesta N°2	27
Figura 2-16: Sistema de sellado de propuesta N°2.....	27
Figura 2-17: Diseño final de propuesta N°2	28
Figura 2-18: vista isométrica de la alternativa seleccionada.....	30



Figura 4-1: Objetivos de la ergonomía [17].	35
Figura 4-2: Dimensiones del sistema de control	36
Figura 4-3: Medidas de sistema de aplanamiento.	38
Figura 4-4: Dimensiones de sistema de aplanamiento.	38
Figura 4-5: Dimensiones del sistema de corte transversal	39
Figura 4-6: Dimensiones del sistema de dosificación.	40
Figura 4-7: Dimensiones del sistema de dosificación.	40
Figura 4-8: Dimensiones del sistema de doblado	41
Figura 4-9: Dimensiones del sistema de corte horizontal	42
Figura 4-10: Dimensiones del sistema mecánico del motorreductor de la banda transportadora.	43
Figura 4-11: Dimensiones del sistema de corte horizontal	43
Figura A-1: Dimensiones de la masa de pan	52
Figura A-2: Medidas del arequipe “Alpina”	53
Figura A-3: Medidas del Bocado de guayaba “Doña Guayaba”	54
Figura A-4: Medidas de carne de res.	55
Figura A-5: Medidas de carne de pollo “Pollos GAR”	56
Figura A-6: Enumeración e identificación de ejes para instalación de rodamientos.	59
Figura A-7: Dimensiones de eje Numero 1 (unidades mm)	59
Figura A-8: Total de ejes en el diseño número 1	60
Figura A-9: Dimensiones de rodillo (unidades en mm).	60
Figura A-10: Medidas de banda transportadora.	60
Figura A-11: Dimensiones de eje número 2.	63
Figura A-12: Total de ejes en el diseño número 2	63
Figura A-13: Medidas del cilindro	64
Figura A-14: Dimensiones de eje Numero 3 (unidades mm)	66



Figura A-15: Diseño de eje conductor.....	67
Figura A-16: Funcionamiento de la banda	69
Figura A-17: Diagrama de cuerpo libre de la transmisión de la maquina.....	69
Figura A-18: Diagrama de fuerzas actuantes en eje del motor.....	70
Figura A-19: DCL de la banda	75
Figura A-20: Esquema del conjunto.....	77
Figura A-21: Diagrama de fuerzas en el eje.....	78
Figura A-22: Diagrama de cuerpo libre del eje.....	78
Figura A-23: Diagrama de momentos	79
Figura A-24: Fibra crítica	80
Figura A-25: Factor de sensibilidad a la muesca [31].....	83
Figura A-26: Eje redondón con filete en el hombro en flexión [32]	84
Figura A-27: Análisis estructural estático	85
Figura A-28: Análisis estructural estático	85
Figura A-29: Análisis estructural estático	86
Figura A-30: Análisis estructural estático	86
Figura A-31: Análisis estructural estático	87
Figura A-32: Análisis estructural estático	87
Figura A-33: Análisis estructural estático	88
Figura A-34: Análisis estructural estático	88
Figura A-35: Medidas de banda transportadora.....	88
Figura A-36: Pieza de parte inferior de banda transportadora.....	89
Figura A-37: Vista explosionada de parte inferior de banda transportadora	89
Figura A-38: Vista explosionada de parte inferior de banda transportadora	90
Figura A-39: Pieza de parte superior de banda transportadora.....	95
Figura A-40: vista explosionada de parte superior de banda transportadora.....	95



Figura A-41: Primer cordón de soldadura	103
Figura A-42: Segundo cordón de soldadura	103
Figura A-43: Piezas de sistema de dosificación.....	104
Figura A-44: Medidas de cilindro dosificador (unidades mm)	105
Figura A-45: Medidas de boquilla	106
Figura A-46: Diseño de tubos conectores	107
Figura A-47: Medidas de tanque de masa	109
Figura A-48: Medidas de platina	110
Figura A-49: Medidas de platina	111
Figura A-50: Medidas de platina	111
Figura A-51: Medidas de platina	112
Figura A-52: Medidas de eje.....	112
Figura A-53: Medidas de eje.....	113
Figura A-54: Dimensiones de base.....	115
Figura A-55: Dimensiones de base.....	116
Figura A-56: Dimensiones de tanque de masa	117
Figura A-57: Primer cordón momento alrededor de z	118
Figura A-58: Primer cordón fuerza a lo largo de Y	119
Figura A-59: Segundo cordón fuerza a lo largo del eje Y	120
Figura A-60: Segundo cordón momento alrededor de Z	121
Figura A-61: Análisis de tornillería en solidworks	122
Figura A-62: Análisis de tornillería en solidworks	123
Figura A-63: Diagrama de sujeción del perno	123
Figura A-64: Cilindro neumático del diseño [38].....	126
Figura A-65: Lugares de instalación de resistencias tipo banda.....	129
Figura A-66: Medidas de tubos dosificadores	129



Figura A-67: Medidas de boquilla cónica	129
Figura A-68: Sistema de dosificación ensamblado.....	142
Figura A-69: Soporte de masa ensamblado.....	150
Figura A-70: Soporte de masa vista explosionada	150
Figura A-71: Rodillo amasador ensamblado	152
Figura A-72: Ensamblado de corte lineal	156
Figura A-73: vista explosionado de corte lineal.....	156
Figura A-74: Ensamblado de sistema de doblado.....	161
Figura A-75: Vista explosionada de sistema de doblado.....	161
Figura A-76: Primer cordón de soldadura	165
Figura A-77: Segundo cordón de soldadura	165
Figura A-78: Piezas de sistema de prensado	166
Figura A-79: Medidas de estructura (unidades mm)	167
Figura A-80: Dimensiones de sujetadores	168
Figura A-81: Dimensiones de soportes.....	169
Figura A-82: Dimensiones de eje.....	170
Figura A-83: Dimensiones de resortes.....	171
Figura A-84: Dimensiones de tanque.....	171
Figura A-85: Dimensiones de caja protectora	172
Figura A-86: Dimensiones de tapa	173
Figura A-87: Dimensiones de polea.....	174
Figura A-88: Primer cordón momento alrededor de z	175
Figura A-89: Primer cordón fuerza a lo largo de Y	176
Figura A-90: Segundo cordón fuerza a lo largo del eje Y	177
Figura A-91: Segundo cordón momento alrededor de Z	177
Figura A-92: Sistema de prensado ensamblado	184



Figura A-93: Vista explosionada de sistema de prensado.....	184
Figura A-94: Simulación del sistema neumático	190
Figura A-95: Primer paso de simulación	191
Figura A-96: Segundo paso de simulación	192
Figura A-97: Último paso de simulación	192
Figura A-98: Circuito eléctrico	193
Figura A-99: Conexiones eléctricas a motorreductores.....	194



Lista de tablas

Tabla 1-1: Características ingredientes de hojaldre	6
Tabla 1-2: Características organolépticas del hojaldre de arequipe	9
Tabla 1-3: Características organolépticas del hojaldre de bocadillo de guayaba	9
Tabla 1-4: Características organolépticas del hojaldre de carne de res	10
Tabla 1-5: Características organolépticas del hojaldre de carne de pollo	11
Tabla 2-1: Características de los Aceros inoxidables [14].	18
Tabla 2-2: Características de los aluminios [14].	19
Tabla 2-3: Características de materiales sintéticos y elastómeros [14]	20
Tabla 2-4: Matriz de selección	28
Tabla 3-1: Cálculos del diseño seleccionado	31
Tabla 4-1: Dimensiones estructurales del cuerpo humano [17]	37
Tabla 4-2: Dimensiones estructurales del cuerpo humano [17]	37
Tabla 4-3: Dimensiones estructurales del cuerpo humano [17]	39
Tabla 4-4: Dimensiones estructurales del cuerpo humano [17]	41
Tabla 4-5: Dimensiones estructurales del cuerpo humano [17]	44
Tabla A-1: Características de banda seleccionada [20]	58
Tabla A-2: Características de tubo seleccionado [21]	61
Tabla A-3: Tabla Dimensiones y cálculos de rodamiento SKF 6000 [22]	62
Tabla A-4: Características de tubo seleccionado [23]	65
Tabla A-5: Dimensiones y cálculos de rodamiento SKG 6004 [24].	66
Tabla A-6: Dimensiones y cálculos de rodamiento UCF 205 [25].	67
Tabla A-7: Características de rodachin seleccionado [26].	68
Tabla A-8: características de acero AISI 304 [28]	70
Tabla A-9: Catálogo de siemens [29].	76
Tabla A-10: Manufactura de piezas de banda transportadora	91



Tabla A-11: Manufactura de piezas de banda transportadora.....	96
Tabla A-12: Características de tubo rectangular de 2" [34]	102
Tabla A-13: Características de perfiles angulares [35].....	102
Tabla A-14: Nombre de piezas de sistema	104
Tabla A-15: Ficha técnica del cilindro neumático del diseño [38]	126
Tabla A-16: Características de resistencia tipo banda [42]	128
Tabla A-17: Características comerciales de tubo cedula 40 [43].....	130
Tabla A-18: Características de compresor seleccionado [44].....	141
Tabla A-19: Sistema de dosificación ensamblado.....	142
Tabla A-20: Manufactura de piezas de sistema de dosificación	143
Tabla A-21: Manufactura de piezas de soporte de masa	151
Tabla A-22: Manufactura de piezas de rodillo amasador	153
Tabla A-23: Manufactura de piezas de corte lineal	157
Tabla A-24: Manufactura de piezas del sistema de doblado	162
Tabla A-25: Características de perfiles angulares [45].....	164
Tabla A-26: Características de platinas [34]	164
Tabla A-27: Nombre de piezas de sistema	166
Tabla A-28: Tabla de factores de servicio para transmisiones de banda en V [46].....	179
Tabla A-29: Secciones de bandas trapeziales [46]	180
Tabla A-30: Circunferencias internas de bandas en V [46]	180
Tabla A-31: Potencias nominales de bandas en V [46].....	181
Tabla A-32: Factor de corrección de ángulo de contacto [46]	182
Tabla A-33: Factor de corrección de longitud de banda [46]	183
Tabla A-34: Manufactura de piezas de sistema de prensado.....	185
Tabla A-35: Componentes de la simulación.....	190
Tabla A-36: Componentes eléctricos	193



Tabla A-37: Características de variador de velocidad [47]	195
Tabla B-1: valores de diseño del equipo	196
Tabla B-2: Valores de inversión de maquinaria.....	196
Tabla B-3: Valores de costos fijos	197
Tabla B-4: Costo de materiales para fabricación	197
Tabla B-5: Costos de fabricación de sistemas	206
Tabla B-6: Valores de transporte	208
Tabla B-7: Valor total de gastos de maquinaria	208
Tabla B-8: Costos total de maquinaria	209
Tabla B-9: Proyecciones de ventas anuales de hojaldres	209
Tabla B-10: Proyección económica con la nueva maquina	210
Tabla B-11: Proyección de recuperación de inversión	210
Tabla B-12: Valores del VAN y TIR	211



Introducción

La panadería “The Bakery”, es una empresa dedicada a la producción, distribución y comercialización de productos de panadería. Su principal producto es el hojaldre, el cual se ofrece en distintas presentaciones dependiendo de la forma, tamaño y relleno, para éste último la empresa cuenta con 12 tipos diferentes de relleno con sabores salados y dulces, como por ejemplo arequipe, carne, pollo y bocadillo, entre otros.

El proceso de preparación de los hojaldres comienza con la mezcla de los ingredientes para la masa. Luego pasa por una laminadora, la cual determina el grosor específico de la masa. Con ayuda de un rodillo, se estira la masa para luego ser cortada en secciones de 7x7 cm manualmente por el operario utilizando una regleta. A continuación, se pasa al proceso de relleno, donde el trabajador debe administrar una cantidad exacta de 15 gramos del relleno seleccionado para cada una de las secciones; Posteriormente se realiza el cierre de cada hojaldre en una forma determinada (Triangular, en rollo) y para finalizar se lleva a una máquina en la cual se realiza el proceso de ultra congelación del hojaldre para conservarlo.

En el instante de realizar un análisis del proceso descrito con anterioridad, se puede decir que es un procedimiento que depende netamente de las habilidades del operario para cumplir con la calidad del producto, así mismo que requiere de más personal para suplir con la alta demanda que está requiriendo la empresa debido a la expansión de la misma por medio de franquicias nacionales y en un futuro cercano internacionalmente, con estas razones este trabajo de grado tiene como principal justificación la elaboración de una máquina que pueda cumplir con todos los estándares de calidad, cumpla las normas exigidas en el manipulamiento de alimentos, aumente su producción y pueda ser económicamente viable de pasar de un proceso manual a automático; eliminando los cuellos de botella y ayudando al crecimiento y expansión de la empresa

El objetivo de este trabajo de grado se centra en la posibilidad de mejoramiento en la producción de hojaldres de la empresa para esto se espera diseñar una máquina que realice los procesos de corte, dosificación de relleno y cierre de hojaldres para la empresa “The Bakery” en la ciudad de Ibagué, con el fin de aumentar la producción de 600 hojaldres/hora a aproximadamente 5000 hojaldres/hora debido a la alta demanda existente del producto. Además de apoyar el proceso de producción de hojaldres en la empresa.

En el momento de realizar este trabajo de grado se tendrán en cuenta los siguientes objetivos:



OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta técnico - económica para la construcción de una máquina que realice los procesos de corte, dosificación de relleno y cierre de hojaldres para la empresa “The Bakery” en la ciudad de Ibagué

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y caracterizar las variables del proceso requeridas en la preparación de hojaldres rellenos de arequipe, bocadillo y carne

-Proponer alternativas de diseño y selección de la mejor propuesta, conforme a los requerimientos de la empresa.

-Realizar los cálculos correspondientes con el propósito de que el equipo realice correctamente las funciones y cumpla con los requerimientos ingenieriles.

-Realizar un análisis económico de fabricación y puesta en funcionamiento de la maquina diseñada

Además de esto para poder llevar a cabo este diseño se deben tener en cuenta una serie de especificaciones ingenieriles, entre estas especificaciones obtenemos:

Tamaño: el tamaño debe ser acorde al recinto donde se va a operar la maquina respetando unos espacios adecuados para su funcionamiento.

Consumo energético: el consumo se debe hacer mediante energía eléctrica debido a que ya existen conexiones de este tipo en la planta.

Resistencia mecánica: la adecuada para que no exista material excesivo y teniendo en cuenta que no puede fallar.

Materiales adecuados: es muy importante al tratarse de productos consumibles, las leyes son muy estrictas para esto.

Productividad: es la necesidad más importante de la compañía en la actualidad.

Mantenibilidad: los mantenimientos de este este equipo deben ser fácil de emplear.

Duración: tiene que recuperar el costo de la inversión y generar ganancias para la compañía.

Precisión: es muy importante para no generar pedidas en la empresa y también por la normatividad Invima.



Peso: es un factor para tener en cuenta debido a que la fábrica se encuentra en un segundo piso.

Adaptabilidad: el diseño se debe adaptar al proceso existente actualmente.

Las limitaciones que se pueden presentar es que en el momento de la construcción de este diseño, sea necesario la cotización y solicitud de algunos materiales por fuera de la ciudad de Ibagué, ya que es una ciudad muy limitada en el mercado del acero inoxidable y esto pueda aumentar el precio de los materiales por condiciones de envío, además de los diferentes cambios que pueden surgir en el momento de la fabricación en base a que pueden haber materiales poco comerciales y que sea de gran dificultad obtenerlos en la ciudad por su poca comercialización, para esto se hará una buena consulta acerca de los materiales que se pueden encontrar en la ciudad, antes que se elabore esta línea de producción para así mismo realizar sus respectivas modificaciones para su diseño final.

Las áreas que se desarrollaran en este trabajo de grado son:

*Desarrollo de conocimientos: esto se tendrán muy en cuenta en las diferentes normas que rigen este tipo de diseños de la industria alimenticia, además de su manipulación; con esto la aplicación de esto en los distintos cálculos de diseño para su óptimo funcionamiento, asimismo, de la caracterización de los distintos rellenos existentes en las diferentes presentaciones de los hojaldres.

*Solución de problemas prácticos: en este caso evidente en la dificultad que presenta la empresa “The Bakery” en su línea de producción, el cual es necesario su pronta solución por las justificaciones explicadas con anterioridad.



Capítulo 1: Caracterización y Variables del proceso de producción.

Para iniciar este capítulo se tiene que tener en cuenta las diferentes normas que se rigen en el momento de llegar a manipular alimentos como lo pueden ser:

Lavarse adecuadamente las manos:

- Al inicio de la jornada laboral, o al reincorporarse al puesto de trabajo tras una ausencia.
- Tras haber manipulado alimentos crudos y empezar a manipular alimentos preparados.
- Tras toser o estornudar y haberse tapado la boca o la nariz con las manos, o tras rascarse el pelo.
- Después de haber manipulado embalajes sucios, o haber manipulado basuras.

En los locales de manipulación deben instalarse lavamanos, de fácil acceso, de accionamiento no manual, dotados de agua fría y caliente y útiles higiénicos para el lavado y secado de manos. (Las toallas de tela de más de un uso y las pastillas de jabón están prohibidas) [1].

Usar ropa de trabajo adecuada:

- En adecuadas condiciones de limpieza. (Debe cambiarse a ser posible diariamente)
- De colores claros.
- Debe ser cómoda, ligera, amplia, y que facilite los movimientos del manipulador.
- Debe llevarse prenda de cabeza, para evitar que se toquen los cabellos o puedan caer sobre los alimentos.
- No puede emplearse nada más que en el momento de ejercer sus funciones.
- El cambio de ropa debe hacerse en el vestuario propio del establecimiento, al inicio de la jornada laboral [1].

1.1 Variables características del proceso de producción de los hojaldres

Las especificaciones de las variables que están implicadas en este proceso manual son de gran importancia para el diseño de este equipo, puesto que el producto terminado debe perfeccionar al obtenido por la producción de forma manual, las variables más importantes involucradas en el proceso de los hojaldres son



- Tiempos y velocidad del amasado
- Peso en la división de la masa.
- Peso y tiempo de dosificado.
- Velocidad de doblado y peso de sellado.

1.1.1 Tiempos y velocidad de amasado

Un amasado realizado en su totalidad a baja velocidad (40-50 rpm) , da como resultado una masa homogénea que raramente se muestra perfectamente lisa y suave al tacto debido en parte a la falta de trabajo mecánico y en parte a falta de oxigenación de la masa; Dicha oxigenación es débil y consecuentemente, el gluten, al no estar suficientemente trabajado (poco maduro) se muestra corto, poco estirado y elástico es necesario un reposo de toda la masa en bloque, durante la cual la red proteica del gluten se desarrolla gracias a la acción fermentativa. La dosis de levadura suele ser inferior al 1,5% respecto a la harina y la temperatura de la masa inferior a 23°C; un volumen inferior, una miga húmeda y bien alveolada y lo que debería de ser más importante, un gran sabor con una excelente conservación [4].

Un amasado efectuado a mayor velocidad (80-90 rpm), presenta una masa de aspecto liso y muy suave al tacto, el gluten está muy desarrollado (maduración artificial) lo que permite en muchos casos, y por desgracia, suprimir los reposos de la masa en bloque. La oxidación de la masa es mayor y presenta también una relajación mayor al finalizar el amasado, la masa aparece más blanca con un amasado rápido (espiral), característica que se aumenta con la acción del ácido ascórbico, presenta un mayor volumen y desarrollo, y como consecuencia directa de este desarrollo pueden tener una corteza más fina y permeable, una miga más seca e insípida y una menor conservación [4].

1.1.2 Peso en la división de la masa

Mientras la densidad de la masa se conserva constante, como el volumen en la misma, las piezas tendrán el mismo peso. Cualquier circunstancia que afecta a la densidad de la masa puede cambiar el peso de las piezas divididas. Si las masas son pequeñas (40-45 gramos) y la operación de división se hace a una mayor velocidad (20-25 piezas/minuto), las variaciones de pesos de las piezas quedan dentro de los límites tolerables que puede ser hasta 7 cm, pero si esto se hace en masas grandes (55-60 gramos) es necesario un ajuste de inmediato para que ningún hojaldre quede fuera de los límites, además se debe de tener en cuenta que la pérdida de agua durante la cocción es de entre el 20 al 25% de su peso. Por lo que la cantidad de masa ha de ser 20-25% más de lo que deseamos que tenga el hojaldre una vez cocido [4].



1.1.3 Peso y tiempo de dosificación

Este se debe de realizar de forma manual es de gran importancia ya que, el operario debe pesar en una báscula previamente el relleno (carnes, arequipe y bocadillo), antes de colocarlo sobre la masa, el peso exacto de este debe ser 15 gramos ya que deben cumplirse con los estándares de calidad que el producto exige, en este caso esta cantidad; Además de esto se debe realizar a una elevada velocidad (8-10 masas dosificadas/minuto) para la producción y su calidad, por esto depende netamente de las habilidades que tenga el operario que realiza esta operación.

1.1.4 Velocidad y peso de sellado

El proceso de doblado y sellado se realiza de forma manual, el doblado de la masa se hace después de su dosificación y este se puede hacer en forma de rectangular para rellenos de carne y bocadillo y triangular doblando sus esquinas para pollo y arequipe, esto se debe realizar a una alta velocidad (20-25 piezas/minuto) por su misma producción así que dependen de las destrezas del operario, además se debe realizar la división o sellado de cada unidad de forma rectangular o triangular el cual es importante tener un peso estándar (45-55 gramos) ya que cualquier circunstancia que afecta a la densidad de la masa puede cambiar el peso de las piezas divididas y puede variar sus condiciones en el momento de cocción.

1.2 Caracterización de ingredientes y rellenos de los hojaldres

De conformidad a la información suministrada por la empresa “The Bakery” se determina las características físicas y cantidad de los productos utilizados para realizar una masa para de los hojaldres (98 unidades), los cuales se pueden observar en la tabla 1-1, además de las características organolépticas de los rellenos de los hojaldres y se pueden examinar en la figura 1-1 los productos que se analizaran.

Tabla 1-1: Características ingredientes de hojaldre

Ingrediente	Marca	Cantidad	Características
Harina de trigo	Haz de oros	3000 gramos	-Mayor esponjosidad y crecimiento en tus preparaciones -Fortificado con hierro y vitaminas B1, B2, B3 y B9. -No altera el sabor de tus comidas [5].
Agua	Servicio publico	1500 gramos	Este ingrediente es previamente hervido antes de su uso para que no contenga ningún elemento que atente contra el consumidor.



Margarina	Dagusto	250 gramos	<ul style="list-style-type: none">-Es ideal para todo tipo de preparaciones en la panificación.-Alta incorporación y atrapado de aire es igual a mayor volumen.-Excelente sabor y aroma a mantequilla.-Alta retención de humedad la cual es la mayor duración del producto terminado.-Ahorro de tiempo, esfuerzo físico y equipos por su suave consistencia, más color a mantequilla [6].
Sal	Refisal	60 gramos	<ul style="list-style-type: none">-sabor. 99% libre de impurezas, homogénea, más blanca, más pura y más suelta*.-Su grano es fino y puedes usarla antes, durante y después de las preparaciones [7]
Azúcar	Incauca	60 gramos	<ul style="list-style-type: none">-El azúcar Incauca refinado es sacarosa cristalizada- Se puede utilizar para consumo directo o como materia prima para la elaboración de otros procesos industriales en los sectores de alimentos y farmacéuticos.- Este producto se debe conservar en un sitio seco, fresco y sin contacto directo con humedad [8].
Bocadillo de guayaba	Doña guayaba	1470 gramos	<ul style="list-style-type: none">-Producto elaborado a base de pulpa de guayaba, azúcar y colorante natural.-Saludable fuente de energía.-Beneficios nutricionales de la guayaba-Elaborado artesanalmente con las más estrictas normas de calidad [9].



Arequipe	Alpina	1470 gramos	-Es un dulce de leche de textura suave y delicioso sabor, elaborado a partir de leche entera higienizada y azúcar principalmente. -Aporta 100 calorías por porción de 30 g -Consérvase refrigerado después de abierto [10].
Carne	Mercado corriente	1470 gramos	-Semiblando contorno limpio, textura firme (que no presente viscosidad), debe estar exento de cualquier elemento extraño que represente un riesgo para el consumidor [11]
Pollo	Pollos GAR	1470 gramos	Procesado con los más altos estándares de calidad y tecnología, por un personal idóneo y certificado, el cual deja listo el producto para ser distribuido [12]

Figura 1-1: Productos a analizar



Hojaldre de Arequipe

El hojaldre analizado se puede observar en la figura 1-2 en donde se puede observar sus características en la tabla 1-2



Figura 1-2: Hojaldre de arequipe



Tabla 1-2: Características organolépticas del hojaldre de arequipe

Textura	Homogénea, cremosa y sin cristales perceptibles
Sabor	Leche azucara, característico (dulce)
Olor	Lácteo que debido a la masa opaca su olor característico de dulce y se hace poco perceptible.

Hojaldre de Bocado de guayaba

El hojaldre analizado se puede observar en la figura 1-3 en donde se puede observar sus características en la tabla 1-3

Figura 1-3: Hojaldre de bocado de guayaba



Tabla 1-3: Características organolépticas del hojaldre de bocado de guayaba

Textura	Compacta y sin cristales perceptibles
Sabor	Dulce característico de la guayaba
Olor	Olor de guayaba fuerte que no es apocado por su masa



Hojaldre de Carne de res

El hojaldre analizado se puede observar en la figura 1-4 en donde se puede observar sus características en la tabla 1-4.

Figura 1-4: Hojaldre de carne de res



Tabla 1-4: Características organolépticas del hojaldre de carne de res

Textura	Blanda, grumoso y textura firme (que no presente viscosidad)
Sabor	Característico de la carne de res molida
Olor	Común de la carne de res con un poco de condimentos conservantes

Hojaldre de Carne de pollo

El hojaldre analizado se puede observar en la figura 1-5 en donde se puede observar sus características en la tabla 1-5.

Figura 1-5: Hojaldre de carne de pollo





Tabla 1-5: Características organolépticas del hojaldre de carne de pollo

Textura	Blanda, grumosa y textura firme (que no presente viscosidad)
Sabor	Característico de la carne de pollo cocinado
Olor	Común del pollo con un pequeño guisado característico

Nota: con respecto a las normas se puede agregar que hay normativas legales para el procesamiento de alimentos las cuales son los decretos N°2162 y N°539 del año 2014 y 1983 respectivamente, si se quiere ampliar más sobre este tema se pueden encontrar en las referencias bibliográficas [2] y [3]. Además de esto la normativa de la aplicación de los contenidos teóricos de las normas en 1672-2 e ISO 14159 esencial para un diseño higiénico de los mecanismos y se puede ampliar en la citación bibliográfica N°19



Capítulo 2: Especificaciones de diseño y selección de alternativas

El diseño de la máquina parte de una necesidad específica, el cual se deben aplicar una serie de conocimientos (dibujo industrial, resistencia de materiales, selección de materiales, manufactura y teoría de mecanismos), la cual se verán proyectados en la máquina que debe cumplir con las especificaciones de la necesidad, en este diseño se pueden encontrar las siguientes etapas:

2.1 Especificaciones de diseño

Este parte de la necesidad la cual es el aumento de la línea de producción de hojaldres de la empresa “The Bakery”, debido a su expansión por medio de franquicias a nivel nacional y en un futuro cercano a nivel internacional, para esto requieren un equipo (automático o semiautomático) que pueda reemplazar su personal de trabajo en las partes de su proceso que contengan aquellas actividades que disminuyen el proceso de producción, incrementando los tiempos de espera y reduciendo la productividad, lo cual genera un aumento en el costo final del producto.

Para tener una idea más concreta como se puede diseñar un sistema que optimice el proceso de la elaboración de hojaldres que pueden contener en su interior pollo, carne bocadillo de guayaba o arequipe, además que cumpla con las variables característica del proceso descritas en el anterior capítulo, teniendo en cuenta esto se debe partir por un diseño conceptual el cual es donde sientan las bases de como de cómo va a ser el producto, esta es la parte más creativa del desarrollo, el cual también se puede entenderse como un proceso cognitivo, en el que la generación de ideas, la externalización se inicia realizando el modelo de caja negra el cual se apoya en identificar cualquier proceso o mecanismo cuya forma de actuar no es comprendida, ni accesible al usuario.

El enfoque de la caja negra para solucionar problemas es un método simple, pero eficaz e importante para solventar problemas complejos, su mayor ventaja radica en que diferencia claramente entre entradas que son los recursos que se usa y las salidas que son las metas a las que se quieren llegar, para la máquina que hará la línea de producción de hojaldres se identifica el modelo de caja negra en la figura 2-1.



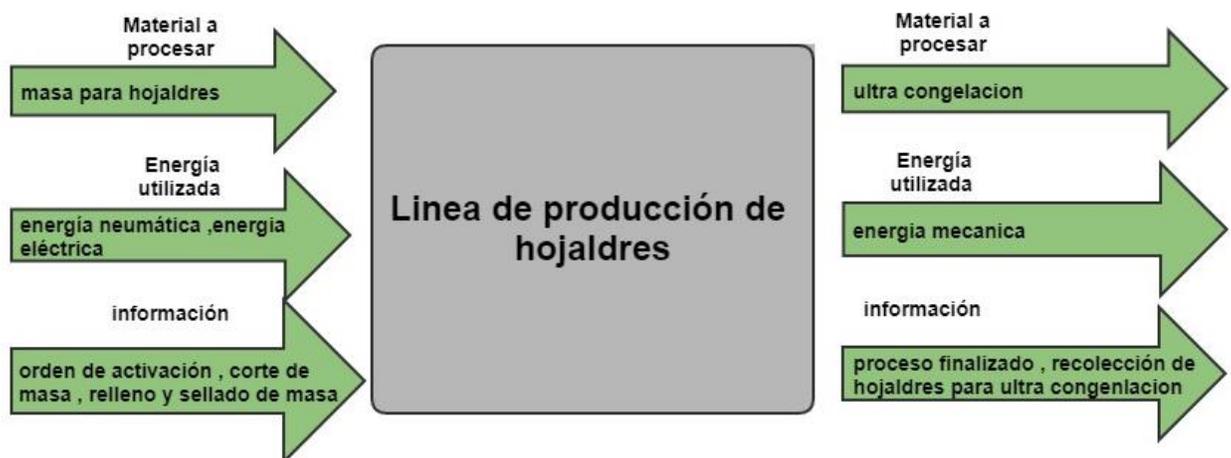
Figura 2-1: Modelo Caja negra de la máquina



Después de obtener la caja negra, el siguiente paso a realizar es el modelo de la caja gris en donde se puede evidenciar de manera más ampliada los elementos de las entradas y salidas que se van a llevar a cabo para la máquina que hará la línea de producción de hojaldres.

Los modelos de caja gris se basan en la generación de casos de prueba como requisitos porque así se presentan todas las condiciones antes de que alguna propuesta de diseño sea aprobada. Se usa un lenguaje de especificación de requisitos para que estos sean más fáciles de entender, este modelo se puede encontrar en la Figura 2-2.

Figura 2-2: Modelo caja gris de la máquina.





2.2 Síntesis estructural de diseño

Este asunto se refiere a la definición del tipo de mecanismos y subsistemas que se deben componer de esta línea de producción, para esto hay que primero partir que esto es un mecanismo para la Industria Alimentaria la cual es necesario que cumpla con unas estrictas normas de seguridad e higiene alimentaria, se debe tener en cuenta diferentes aspectos como:

- Montajes y sellados rápidos y fiables de cubiertas, ventanas de inspección y uniones atornilladas. Ideales para acero inoxidable y vidrio, gracias a la excelencia tecnológica de nuestros adhesivos estructurales y adhesivos y selladores flexibles.
- Materiales especialmente homologados para la industria alimentaria.
- Sistemas de lubricación fiables con lubricantes homologados para maquinaria de procesado de alimentos.
- Adhesión rápida de piezas pequeñas, tales como escobillas, sellos de caucho, etc. con nuestros adhesivos instantáneos.
- Mecanismos más fiables, precisos y sostenibles: como uniones atornilladas, montajes cilíndricos (por ejemplo, rodillos, ejes, engranajes o rodamientos), máquinas clasificadoras de distintos tipos de artículos, con nuestra gama de fijadores de roscas, retenedores y formadores de juntas ampliamente probada y segura [13]

Prosiguiendo con esta idea se identifican cuáles son las diferentes etapas que debe cumplir para la línea de producción de los hojaldres en los cuales se hace de manera manual o con ayuda de algún equipo y se explicara a continuación:

- Mezcla de ingredientes para hojaldres (Ayuda de una mezcladora de alimentos)
- Laminar la masa resultante (Ayuda de una laminadora de masa)
- Laminar del espesor requerido (Desarrollo manualmente)
- Corte horizontal de masa según tipo de forma (Desarrollo manualmente)
- Deposición de relleno con la cantidad exacta (Ayuda de báscula digital y deposición manual)
- Sellado de masa según sea la forma requerida triangular o rectangular (Desarrollo manualmente)
- División vertical de la masa de manera individual de cada hojaldre (Desarrollo manualmente)



-Ultra congelación por determinado grupo de hojaldres (Realizado con refrigerador)

Entre estos se identifica cuáles son las actividades que requieren más tiempo y retardan el proceso de producción de los cuales se pueden encontrar las siguientes:

-Laminar del espesor requerido

-Corte horizontal de masa según tipo de forma

- Deposición de relleno con la cantidad exacta

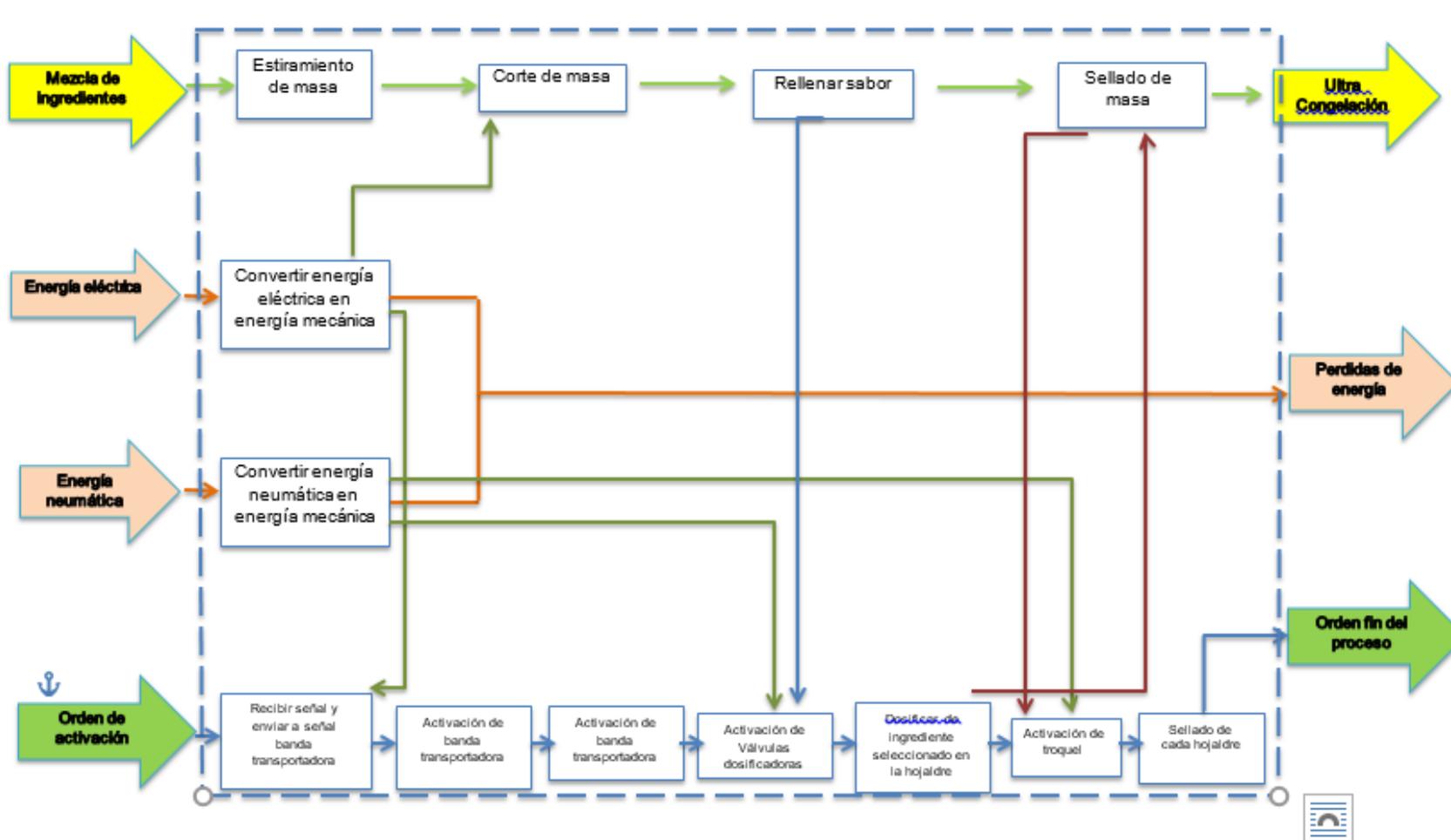
-Sellado de masa según sea la forma requerida triangular o rectangular

-División vertical de la masa de manera individual de cada hojaldre.

A partir de estas actividades se da a conocer cuáles son las principales funciones que debe cumplir este equipo para la optimización de la producción de hojaldres, dividido por subsistemas, tipo de energía y ordenes de activaciones que se requieran en cada uno, se puede ampliar después de tener un modelo caja gris elaborado anteriormente y teniendo sus funciones principales en la figura 2-3.



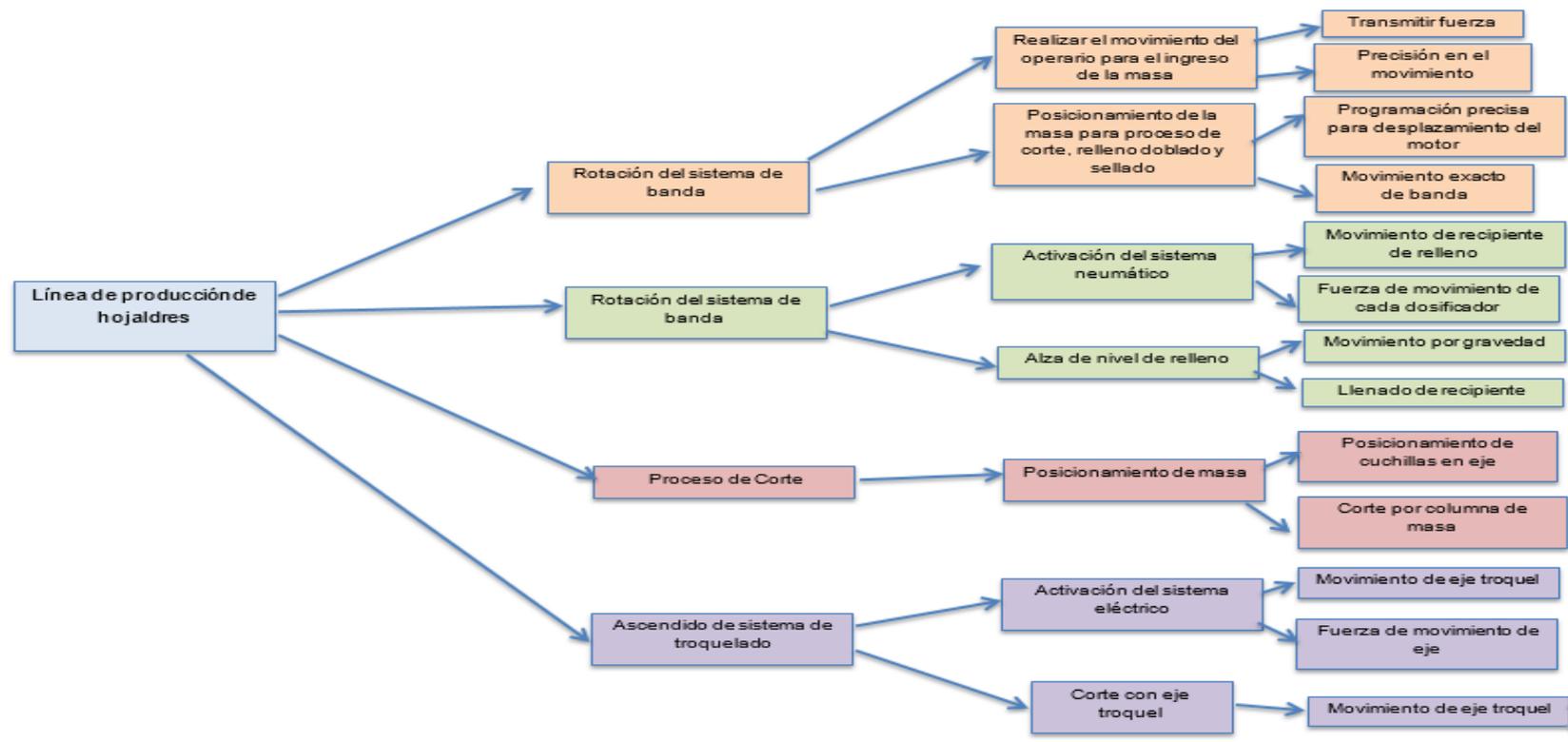
Figura 2-3: Modelo caja gris con depuraciones de las funciones





Al realizar los anteriores modelos de caja negra y gris se procede a realizar una proyección de ¿cómo será el funcionamiento de la máquina?, esto nos ayuda para estructurar e identificar una idea conceptual de las operaciones que realizara máquina, en base a esto se desarrollarán las propuestas de diseño que se darán a conocer más adelante, estas tareas del equipo se muestran en la figura 2-4.

Figura 2-4: Análisis funcional de la maquina



Activ
Ve a C



2.3 Selección de materiales

Para garantizar la seguridad durante la limpieza, se deben seleccionar los materiales de los componentes de la máquina que no reaccionen al producto de limpieza ni a los productos químicos antimicrobianos (desinfectantes), por lo tanto, deben ser resistentes a la corrosión, estables mecánicamente y diseñados de manera que la superficie del material no sufra alteraciones [14], teniendo en cuenta estos parámetros se van a describir los materiales con sus características más factibles que puedan cumplir con estas funciones a continuación:

Acero inoxidable

En general, el acero inoxidable ofrece una gran resistencia a la corrosión, por ese motivo se usa mucho en la industria alimentaria, la gama de aceros inoxidables disponibles es grande y la selección de la calidad más apropiada depende de las propiedades corrosivas (no sólo por lo que respecta a los iones químicos involucrados, sino también al pH y la temperatura) del proceso y de los productos de limpieza y desinfección, la elección también estará determinada por otros factores como las tensiones a las que esté sometido el acero y a su soldabilidad, dureza, coste [15].

Los aceros utilizados en la industria alimentaria son el AISI-304L (para procesos en que se ve sometido a bajos niveles de cloruro, bajas temperaturas y pH no ácido) y el AISI-316L, que se utiliza más comúnmente por su mayor resistencia a la corrosión. Si las temperaturas se acercan a 150° C, incluso los aceros AISI-316 pueden sufrir corrosión y puede que sea necesario el uso de aceros AISI-410, AISI-409, AISI-329, el acero inoxidable de aleación fina suele ser la opción más lógica para la construcción de máquinas y equipos en la industria alimentaria [15], en la tabla 2-1 se pueden encontrar las características de los aceros inoxidables

Tabla 2-1: Características de los Aceros inoxidables [14].

Aceros de aleación fina (conforme con la directiva 2002/95/CE (RoHS))

AISI	EN 10088-1	DIN	Internacional	Apto para el contacto con productos alimentarios según	Clase de resistencia a la corrosión CRC
AISI 304	X5CrNi18-10	1,4301	0Cr18Ni9 (China) SUS 304 (Japón) STS 304 (Corea) 08Ch18N10 (CEI)	ANSI/NSF 51	3 (4 Con superficie lisa p.ej. Mediante pulido electrónico)
AISI 316	X5CrNiMo17-12-2	1,4401	0Cr17Ni12Mo2 (China) SUS 316 (Japón) STS 316 (Corea) 08Ch16N11M3 (CEI)	ANSI/NSF 51	3 (4 Con superficie lisa p.ej. Mediante pulido electrónico)
AISI 316L	X2CrNiMo17-12-2	1,4404	00Cr17Ni14Mo2 (China) SUS 316L (Japón) STS 316L (Corea)		3 (4 Con superficie lisa p.ej. Mediante pulido electrónico)



AISI 316L	X2CrNiMo18-14-3	1,4435	00Cr17Ni14Mo2 (China) SUS 316L (Japón)	ANSI/NSF 51	3 (4 Con superficie lisa p.ej. Mediante pulido electrónico)
AISI 329	X3CrNiMoN27-5-2	1,4460	0Cr26Ni5Mo2 (China) SUS 329J1 (Japón) 10Ch26N5M (CEI)	ANSI/NSF 51	3 (4 Con superficie lisa p.ej. Mediante pulido electrónico)
AISI 316LTi	X6CrNiMoTi17-12-2	1,4571	0Cr18Ni12MoTi (China) SUS 316Ti (Japón) STS 316Ti (Corea) 10Ch17N13M2T (CEI)	ANSI/NSF 51	El titanio incrementa la CRC a 4

Materiales de aluminio

El aluminio es un metal muy ligero y muy buen conductor eléctrico y térmico, presenta, una excelente resistencia a la corrosión ya que reacciona con el oxígeno para formar una capa muy delgada de óxido de aluminio, que le protege de los medios corrosivos, pero tiene una baja dureza, pequeña resistencia al desgaste y su utilización a alta temperatura es muy limitada, por este motivo únicamente se utiliza para la fabricación de algunos utensilios [15], los materiales de aluminio suelen utilizarse con frecuencia para las estructuras, son económicos sus características se pueden encontrar en la tabla 2-2

Tabla 2-2: Características de los aluminios [14]

Aleaciones de aluminio (conformidad con directiva 2002/95/CE (ROHS))

Denominación	Código de material según EN	Apto para el contacto con productos alimenticios según	Clase de resistencia a la corrosión CRC sin tratar	Clase de resistencia a la corrosión CRC anodizado
AlCuMg1,AlCuMg2	EN AW-2017A, En AW-2024	-	0	1
Al99,5	EN-AW-1050A	ANSI/NSF 51	0...1	2
AlMgSi0,5	EN-AW-6060	ANSI/NSF 51	1...2	3
AlMgSi0,7	EN-AW-6005A	ANSI/NSF 51	1...2	3
AlMgSi1	EN-AW-6082	ANSI/NSF 51	1...2	3
AlMgSi1, AlMgSi3, AlMgSi5	EN-AW-5005, EN-AW-5774, EN-AW-5019	ANSI/NSF 51	1...2	3

Materiales poliméricos

Los polímeros presentan propiedades que los hacen aptos para su uso en industria alimentaria, como son; baja densidad, amplio rango de utilización, su coste e incluso cierta resistencia a la corrosión, sus propiedades varían mucho, en función de la materia prima utilizada, los aditivos incorporados y el procedimiento de fabricación.



Al igual que el resto de materiales utilizados en la industria alimentaria deben ser inocuos y se deben seleccionar en función de las condiciones del uso al que se destinan.

Los polímeros termoplásticos utilizados en alimentación suelen ser resistentes a los ácidos, álcalis y productos de limpieza y desinfección, soportan grandes variaciones de temperatura y suelen emplearse en la construcción de tuberías, accesorios y cintas transportadoras.

Los termoestables suelen pertenecer a las familias de los poliésteres, los poliuretanos y las resinas epoxídicas, el intervalo de temperaturas de uso es más amplio que para los termoplásticos, pero son más sensibles a ácidos y álcalis.

Los elastómeros o cauchos suelen emplearse para cierres, juntas, tuberías y cintas transportadoras, el más utilizado es el caucho natural, pero también se emplean otros sintéticos como el neopreno [15].

Materiales sintéticos

Los materiales sintéticos y elastómeros que pueden entrar en contacto directo con el alimento deben cumplir la disposición 1935/2004/CE o la disposición sobre materiales sintéticos 10/2011 o las directivas de la FDA.

Además de la resistencia al riesgo de corrosión, la capacidad de limpieza es un factor importante para seleccionar el material sintético apropiado, las piezas no deben desprender ni absorber sustancias nocivas [14]

Nota

Los materiales sintéticos indicados pueden encontrarse en la industria alimentaria [14]

Tabla 2-3: Características de materiales sintéticos y elastómeros [14]

Denominación	Abreviatura	Conformidad dentro de un grupo posible según	Resistencia a ácidos diluidos	Resistencia a lejitas diluidas
Polipropileno	PP	FDA y/o 10/2011	±	+
Poliamida	PA	FDA y/o 10/2011	-	0
Cloruro de Polivinilo	PVC	-	±	±
Polifluoruro de vinilideno	PVDF	FDA y/o 10/2011	±	±
Polioximetileno	POM	FDA y/o 10/2011	-	0



Polimetilmetacrilato	PMMA	FDA y/o 10/2011	±	±
Polycarbonato	PC	FDA y/o 10/2011	±	-
Polietileno HD	PE-HD	FDA y/o 10/2011	±	±
Tereftalato de polietileno	PET	FDA y/o 10/2011	0	-
Polieteretercetano	PEEK	FDA y/o 10/2011	±	±
Politetrafluoroetileno	PTFE	FDA y/o 10/2011	±	±
Caucho etileno-propileno-dieno	EPDM	FDA	±	±
Caucho fluorado	FKM/caucho fluorado	FDA	±	-

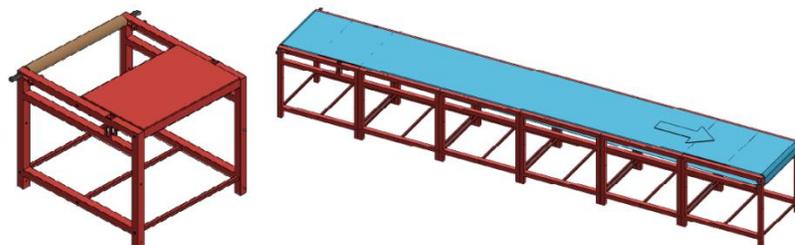
2.4 Descripción y Selección de alternativas

Con el fin de cumplir las especificaciones del diseño anteriormente especificadas en el capítulo 3 se decidió elaborar las dos siguientes alternativas sobre el diseño del equipo multifunción para la línea de producción de hojaldres de la empresa “The Bakery”, la cual se pueden se van a describir a continuación:

2.4.1 Características de Propuesta N°1

Este equipo contiene las siguientes medidas: alto 1.2 m, ancho 1 metro y 6.5 metros de largo, el cual costa de una base estructural elaborada en perfil rectangular, en donde se va a sostener por medio de unos ejes rodillos a sus extremos la banda transportadora, la cual se puede desplazar por medio de unos rodamientos instalados a las puntas de los ejes, estos están conectado al motorreductor por medio de un sistema de poleas para el desplazamiento de la banda puede visualizar en la figura 2-5 este mecanismo.

Figura 2-5: Base estructural y banda transportadora de propuesta N°1

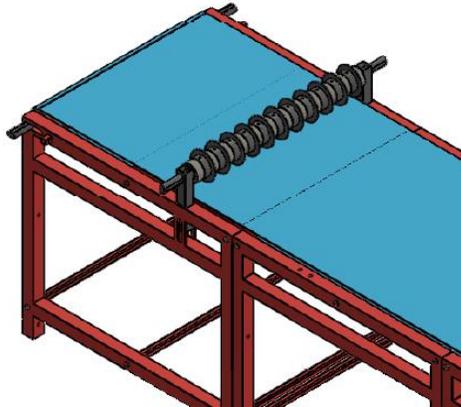


Además, contiene un sistema de corte horizontal la cual está compuesta por 11 cuchillas las cuales se encargan de cortar la masa del hojaldre que pasa por la banda transportadora en secciones de 7 cm, en la parte externa del eje que sostiene las



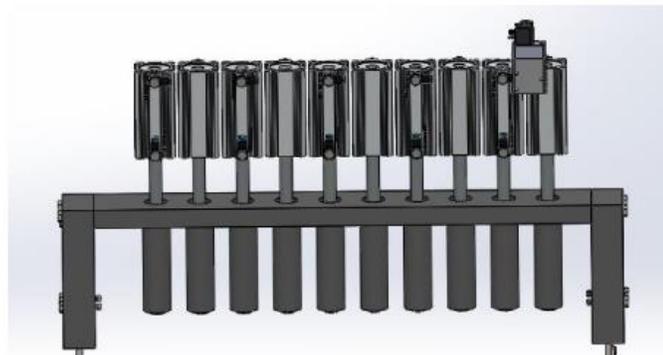
Cuchillas se instalan unos rodamientos para cumplir con su objetivo y pueda rodar, este se puede observar en la figura 2-6.

Figura 2-6: Sistema de corte horizontal de propuesta N°1



También en este equipo se puede evidenciar que tiene un sistema de dosificación este contiene 10 cilindros los cuales el relleno se depositaran de manera manual por unos orificios que se encuentran en la parte superior, y los cuales unos émbolos de cilindros neumáticos que se introducen en los cilindros se encargan de generar una presión que va producir que el relleno salga la determinada cantidad en la parte inferior, además contiene una estructura angular en acero inoxidable, que sostendrá los cilindros neumáticos los cuales tienen una válvula reguladora de tipo solenoide y que se pueden controlar según el criterio que se desee, se puede analizar esta sección en la figura 2-7.

Figura 2-7: Sistema de dosificación de la propuesta N°1



Continuando con esta propuesta se encuentra las divisiones de doblado, que debido a su geometría triangular inclinada se hace accesible en el momento en que la masa pasa por este, pueda doblarse y pueda adquirir el doblado que se requiera, a nivel estructural está



Compuesto por un eje estructural, 2 piezas en cuadradas que la sostenga y las varillas redondas con su geometría todo en acero inoxidable, este sistema se puede observar en la figura 2-8.

Figura 2-8: Sistema de doblado de propuesta N°1



La siguiente sección que es la parte final, la cual consta de sellar el hojaldre ya elaborado por medio de una presión ejercida por el operario de forma manual hacia una pieza la cual tiene unas ranuras que al ejercer una baja fuerza, sella y corta de manera vertical el producto terminado y debido a unos resortes hace posible devolver esta pieza, este subsistema está elaborado en platina y en una pieza cuadrada en acero inoxidable, la cual se puede analizar en la figura 2-9 y con ello su diseño final de la propuesta N°1 en la figura 2-10.

Figura 2-9: Sistema de sellado y corte de propuesta N°1

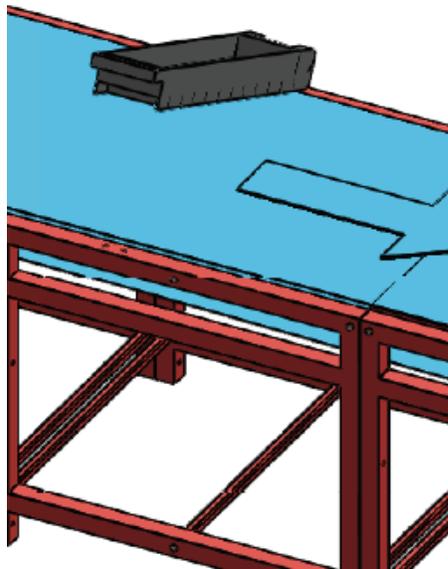
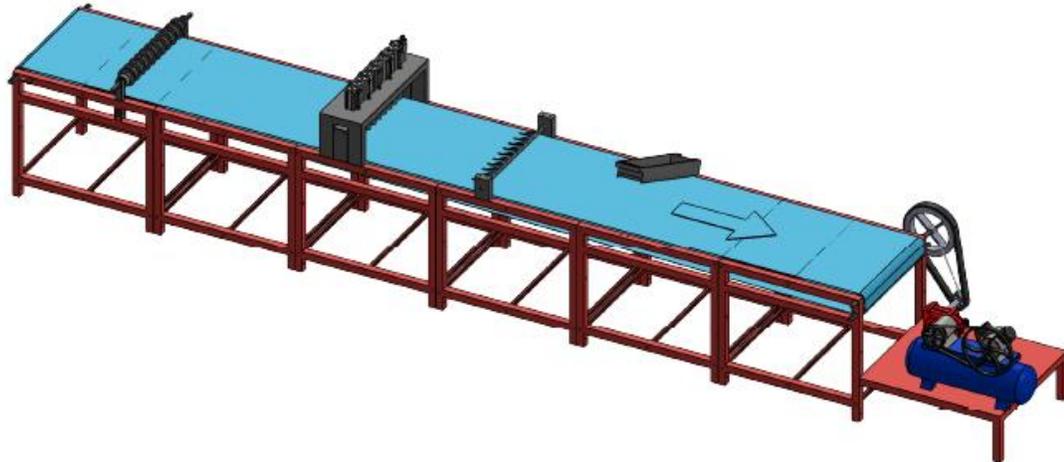




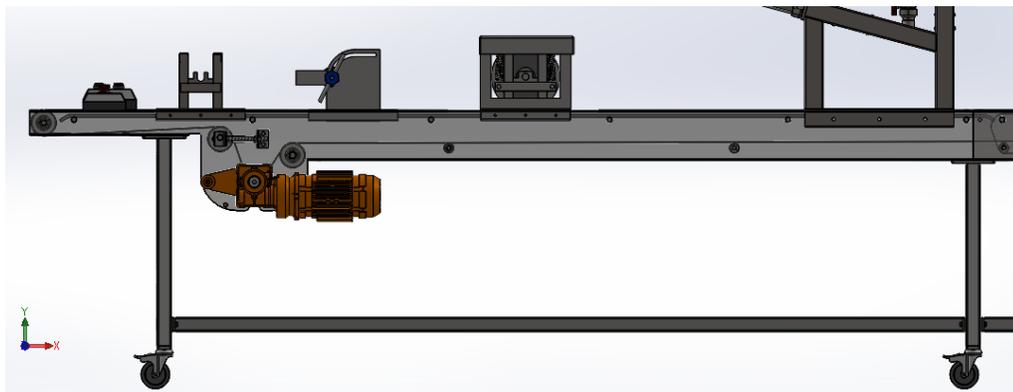
Figura 2-10: Diseño final de propuesta N°1



2.4.2 Características de Propuesta N°2

Esta maquinaria contiene las siguientes medidas: alto 1.56 m, ancho 0.54 metro y 5.35 metros de largo, la cual consta de una base estructural elaborada en perfil rectangular y lamina en acero inoxidable, en donde se va a sostener la banda transportadora por medio de unos ejes que se pueden ajustar debido a un sistema que este contiene, estos pueden desplazar la banda por medio de unos rodamientos instalados a las puntas de los ejes, el cual está conectado a un motorreductor por medio de un acople directo para el movimiento de la banda se puede visualizar en la figura 2-11 este mecanismo este puede controlarse por medio interruptores de encendido, apagado y emergencia.

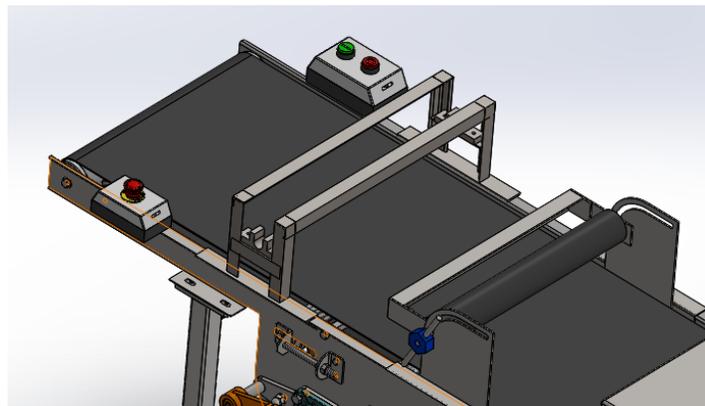
Figura 2-11: Sistema estructural de banda transportadora propuesta N°2





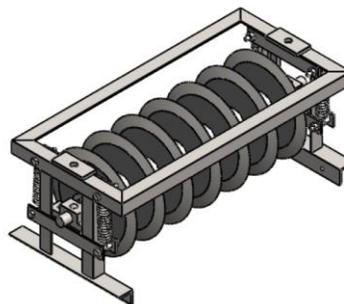
Prosiguiendo con el siguiente sistema, se encuentra el de aplanamiento el cual costa de una base estructural elaborada en perfil tipo "L" y piezas cuadradas que sostendrán el rodillo en acero inoxidable, en el que se enrolla la masa del hojaldre y se es desplazada por el contacto con la banda en movimiento, a continuación esta masa es aplanada debido a un eje que realiza presión para obtener el espesor que se requiera, esto ocurre debido a que el eje se puede ajustar de forma manual a la medida que el operario así lo necesite por medio de unas placas ranuradas que permiten su desplazamiento, este mecanismo se puede evidenciar en la figura 2-12.

Figura 2-12: Sistema de aplanamiento de propuesta N°2



El siguiente mecanismo que encontramos en este equipo, es el de corte el cual costa de un eje que contiene 8 discos en acero inoxidable las cuales se encargan de cortar de manera longitudinal la masa aplanada con anterioridad, la estructura está compuesta de perfil tipo "L", dos piezas cuadradas que sostiene el eje y cuatro resortes en acero inoxidable permiten su movimiento con la banda transportadora, además una caja de protección para el operario, para analizar este se puede observar en la figura 2-13.

Figura 2-13: Sistema de corte de propuesta N°2

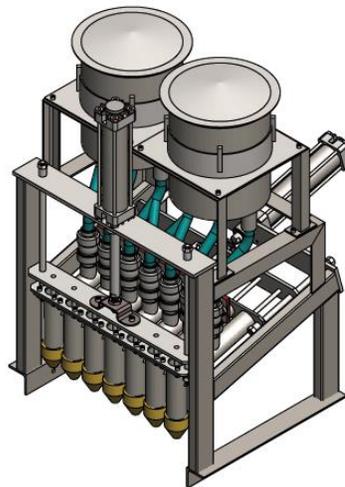




Posteriormente la masa llega al sistema de dosificación del relleno, donde este se vierte por dos tolvas las cuales están conectadas por medio de una tubería a dos sistemas neumáticos los cuales ayudaran a depositar el producto.

Cuando se ponen en movimiento los dos sistemas neumáticos hacen actuar 14 pistones, 7 pistones respectivamente para cada sistema los cuales están conectados en su estructura, estos hacen circular a su vez relleno por medio de presión en un tubo en aceros inoxidable correspondiente a dos pistones por cada uno, los cuales están unidos formando un ángulo menor a 90° , al final cada uno de estos una boquilla en forma de cono para depositar la cantidad exacta de relleno, para este mecanismo es necesario tener una válvula reguladora tipo solenoide que se pueden controlar según el criterio que se desee, este contiene una estructura en perfil tipo “L” y rectangular en acero inoxidable, se puede observar en la figura 2-14 este mecanismo.

Figura 2-14: Sistema de dosificación de propuesta N°2



Luego del mecanismo de dosificación, se dobla la masa del hojalbre al pasar por 14 salientes, de dos grupos de 7 en cada uno, debido a su geometría, inclinación y ubicación siete la doblan hacia el lado derecho y las otras hacia el lado contrario que al pasar por cada uno de estos se tiene unos pequeños rodillos que rectifican los dobleces, a nivel estructural cada pieza está compuesta por dos ejes estructurales uno para las salientes y otro para los rodillos que se pueden desplazar y sostener debido a unas piezas elaboradas en teflón y unos perfiles tipo “L” en acero inoxidable, este sistema se puede observar en la figura 2-15.



Figura 2-15: Sistema de doblado de propuesta N°2



La última sección consta de sellar el hojaldre ya elaborado por medio de una presión ejercida por un eje que cuenta con un cilindro que tiene unas ranuras con la forma que se requiera cortar, este es accionado y acoplado por medio de un sistema de poleas por un motorreductor el cual puede llegar a cortar 7 hojaldres por cada ciclo, la estructura está compuesta de perfil tipo "L", dos piezas cuadradas que sostiene el eje y cuatros resortes en acero inoxidable, permiten su desplazamiento de forma vertical, además una caja de protección para el operario esta sistema se puede analizar en la figura 2-16 y con ello su diseño final de la propuesta N°2 en la figura 2-17.

Figura 2-16: Sistema de sellado de propuesta N°2

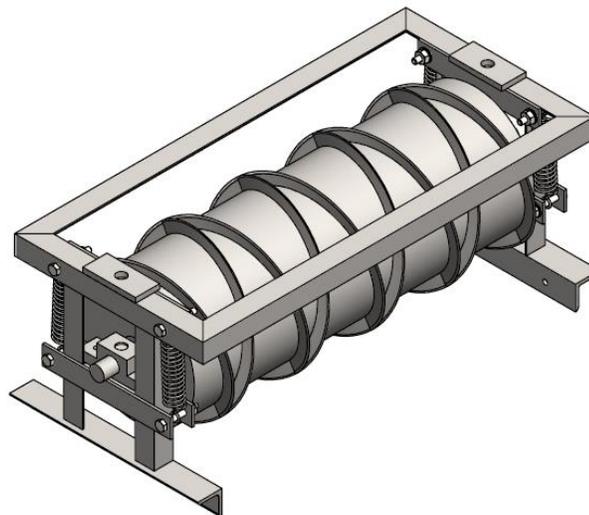
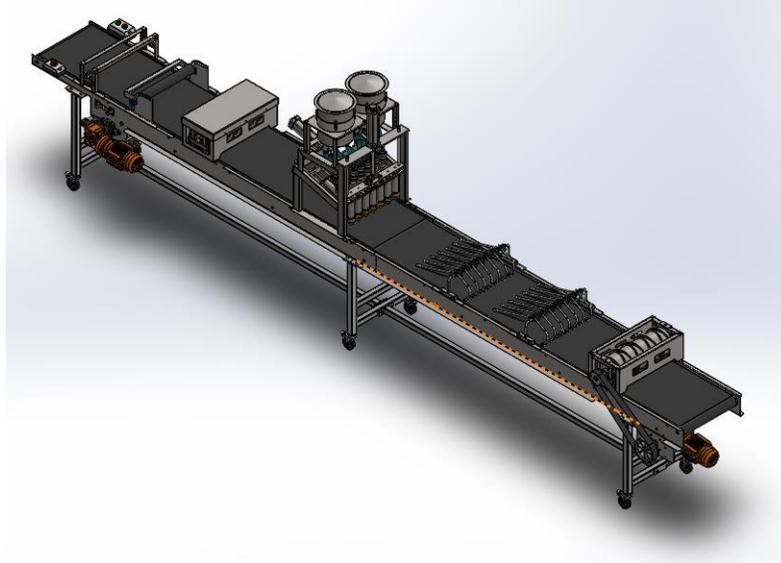




Figura 2-17: Diseño final de propuesta N°2



Después de esto con el propósito de evaluar y seleccionar la mejor propuesta, se realiza una matriz de selección donde se especifica un listado de parámetros externos basados en los aspectos técnico ingenieriles, que la maquina seleccionada debe tener y se le asigna una puntuación de 1 a 10 para cada máquina, en donde 1 es la menor calificación y la más alta es 10, estos datos se registraron en la tabla 2-4.

Tabla 2-4: Matriz de selección

Listado de parámetros	CG(N° 1)	CG(N° 2)
Costo de materiales	9	8
Costo de manufactura	9	8
Grado de ergonomía	8	10
La mantenibilidad	8	9
La fiabilidad	9	9
Grado de depreciación	8	9
Grado de automatización	7	9



Grado de adaptación de nuevos elementos.	7	10
Grado de mantenimiento.	9	9
Grado de ensamblaje.	10	8
Nivel de complejidad de instalación del equipo en el área de trabajo.	8	10
Nivel de versatilidad para variar su producción dependiendo de la necesidad de la empresa.	8	9
Nivel de energía consumida para puesta en marcha.	9	9
Nivel de complejidad de manejo de equipo	8	9
PUNTUACIÓN TOTAL	117	126

Después de evaluar cada propuesta con los diferentes parámetros descritos en la anterior tabla, se llegó a la conclusión de que la propuesta más cercana para suplir la necesidad de la empresa “The Bakery” es la propuesta N°2 debido a que cumple con todas las especificaciones de diseño, ya explicadas con anterioridad además de las variables de producción y aspectos técnico ingenieriles; En los siguientes capítulos se va a desarrollar los cálculos, ergonomía y análisis económico de esta propuesta de diseño

2.5 Funcionamiento de propuesta seleccionada

La propuesta la global dominante para la necesidad de la empresa “The Bakery” su funcionamiento de esta propuesta para la preparación de hojaldres, inicia posicionando la materia prima, en este caso la masa o “moje” en un rodillo, el cual mediante el movimiento de una banda transportadora transporta la masa a lo largo de toda la máquina.

Al comenzar el movimiento, la masa pasa por un rodillo de altura graduable para determinar el grosor de la masa y que este quede homogéneo. Seguidamente pasa por un grupo de cuchillas que cortan la masa en siete partes de igual tamaño y sacando por un costado la masa sobrante.



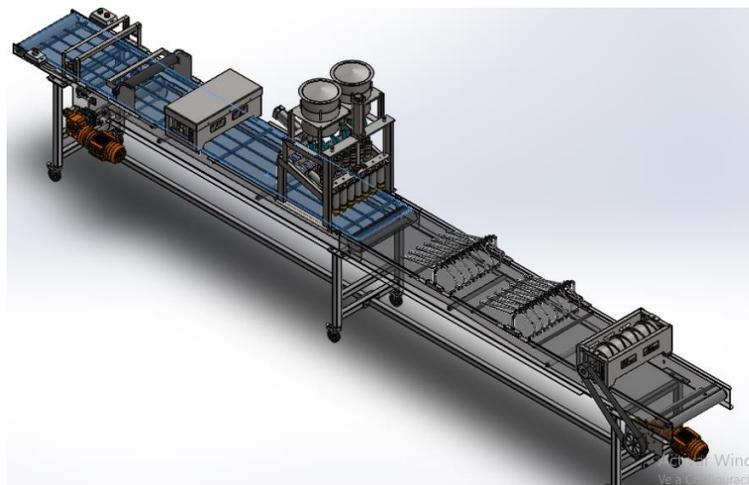
Posteriormente llega al sistema de dosificación del relleno, donde este se vierte por unas tolvas las cuales están conectadas por medio de una tubería a dos sistemas neumáticos los cuales ayudaran a depositar el producto.

Cuando se ponen en movimiento los dos sistemas neumáticos hacen actuar 14 pistones, 7 pistones respectivamente para cada sistema los cuales están conectados en su estructura, estos hacen circular a su vez relleno por medio de un tubo en aceros inoxidable correspondiente a dos pistones por cada uno, los cuales están unidos formando un ángulo menor a 90° , al final cada uno de estos una boquilla en forma de cono para depositar la cantidad exacta de relleno.

Luego del proceso de dosificación, se dobla la masa de pan al pasar por siete salientes, de las cuales, cuatro la doblan hacia el lado derecho y las otras tres hacia el lado contrario. Finalmente, se realiza el proceso de corte del hojaldre en donde la masa llega a donde un eje que cuenta con un cilindro que tiene unas ranuras con la forma que se requiera cortar, el cual es accionado por un motor eléctrico para dejar siete hojaldres por cada pasada.

Después de sus respectivos cálculos en las siguientes figuras se puede analizar cada uno de los sistemas que compone este diseño.

Figura 2-18: vista isométrica de la alternativa seleccionada





Capítulo 3: Cálculo y manufactura de componentes

Entre los cálculos que se realizan a las piezas de la máquina, el que se determina mayormente las dimensiones de éstas (no descuidando los otros cálculos de rigidez, desgaste, estabilidad, análisis modal, etc.), en este tipo de cálculo las teorías de resistencia de materiales se utilizan para derivar esfuerzos de cálculo (expresiones en las que están implicadas las dimensiones de las piezas), los cuales deben ser comparados con los esfuerzos permisibles para el material a partir de las características de la aplicación, con atención a los coeficientes de seguridad y de servicio [16].

En la tabla 3-1 se puede evidenciar los diferentes cálculos obtenidos de los elementos de la propuesta seleccionada anteriormente para demostrar de que el equipo realiza correctamente las funciones y cumpla con los requerimientos ingenieriles, en esta tabla también se puede evidenciar el anexo de cada uno de estos estudios, los cuales exponen su procedimiento para llegar a esos resultados.

Tabla 3-1: Cálculos del diseño seleccionado

Ítem	Calculo	Resultado
A.1	Densidad de la masa de hojaldre	1000 kg/m ³
A.2	Densidad de rellenos	Arequipe=1,015 gramos/Cm ^3 Bocadillo de guayaba=1,6 gramos/Cm ^3 Carne de res=0.52 gramos/Cm ^3 Carne de pollo=0.52 gramos/Cm ^3
A.3	Sistema de banda transportadora	
A.3.1	Selección de Banda Transportadora	banda de poliuretano (PU) de referencia "1PURB65/FW"
A.3.2	Selección de rodamientos	-Rodamiento rígido de bolas SKF 6000 -Rodamiento rígido de bolas SKF 6004 -Rodamiento rígido de bolas SKF UCF205 -Rodachin IMSA serie 14 y 15
A.3.3	Calculo de motorreductor	2 HP de 1800 rpm
A.3.4	Análisis del eje	Factor de seguridad de 5
A.3.5	Análisis estructural estático	Factor de seguridad de 2.26
A.3.6	Manufactura de sistema banda transportadora	
A.4	Sistema de dosificación	
A.4.1	Uniones soldadas	Factor de seguridad de 13
A.4.2	Uniones atornilladas	Factor de seguridad de 5
A.4.3	cilindro neumáticos	Consumo:0.185 m ³ * ciclos/ minuto



<p>A.4.4</p>	<p>Presión y tiempo necesario para dosificar cada relleno</p>	<p>-Bocadillo de guayaba Presión de actuador neumático N°1: 0.33 <i>bar</i> Presión de actuador neumático N°2: 0.33<i>bar</i> -Arequipe Presión de actuador neumático N°1: 0.25 <i>bar</i> Presión de actuador neumático N°2: 0.24<i>bar</i> -Carne de res y de pollo Presión de actuador neumático N°1: 0.18 <i>bar</i> Presión de actuador neumático N°2: 0.18<i>bar</i> -Bocadillo de guayaba 6.90<i>milisegundos</i> = 1 <i>porcion</i> Donde cada 11 porción se debe llenar del ingrediente a través del tubo N°2 y esto dura 76.93 milisegundos -Arequipe 10.87<i>milisegundos</i> = 1 <i>porcion</i> Donde cada 7 porción se debe llenar del ingrediente a través del tubo N°2 y esto dura 76.93 milisegundos. -Carne de res y de pollo 21.28<i>milisegundos</i> = 1 <i>porcion</i> Donde cada 3 porción se debe llenar del ingrediente a través del tubo N°2 y esto dura 76.93 milisegundos.</p>
<p>A.4.5</p>	<p>Selección de compresor</p>	<p>Marca: Evans Potencia de motor:5.00 HP Revoluciones 1750 RPM Presion:12 Bares Caudal de operaion:500.00 L/min</p>
<p>A.4.6</p>	<p>Manufactura de sistema de dosificación</p>	
<p>A.5</p>	<p>Sistema de corte lineal</p>	
<p>A.5.1</p>	<p>Manufactura de soporte de masa</p>	
<p>A.5.2</p>	<p>Manufactura de rodillo amasador</p>	
<p>A.5.3</p>	<p>Manufactura de corte lineal</p>	
<p>A.6</p>	<p>Sistema de doblado</p>	
<p>A.6.1</p>	<p>Manufactura de sistema de doblado</p>	



A.7	Sistema de prensado	
A.7.1	Uniones soldadas	Factor de seguridad de 13
A.7.2	Selección de banda transmisora	Una sola banda tipo V de sección A y longitud de 55 in.
A.7.3	Manufactura de sistema de prensado	
A.8	Sistema eléctrico y de control	<ul style="list-style-type: none">-Sistema neumático*Compresor*Válvula solenoide*Cilindro neumático*Relé*Pulsador*Obturador*Solenoide de válvula-Sistema eléctrico*Motorreductor de banda transportadora*Motorreductor de troquelado*Enchufe de conexión*Borneras eléctricas*Contactor eléctrico*Interruptor de parada de emergencia*Panel On-off*Cableado*Variador de velocidad

Después de sus respectivos cálculos de cada sistema, se puede analizar en los anexos físicos los planos de montajes y fabricación de cada sistema de este equipo requerido para una futura construcción.



Capítulo 4: Ergonomía del diseño

El objetivo principal de la ergonomía es mejorar la calidad de vida del trabajador en su ambiente de trabajo, mejorando la calidad en la interacción hombre – máquina, a través de acrecentar la eficacia funcional de las herramientas, se busca incrementar el bienestar del usuario final aumentando los valores de seguridad, salud y satisfacción por la labor realizada. Para lograr incrementar la eficacia de las herramientas, es imprescindible considerar los aspectos humanos en su diseño [17].

Los siguientes puntos se encuentran entre los objetivos generales de la ergonomía:

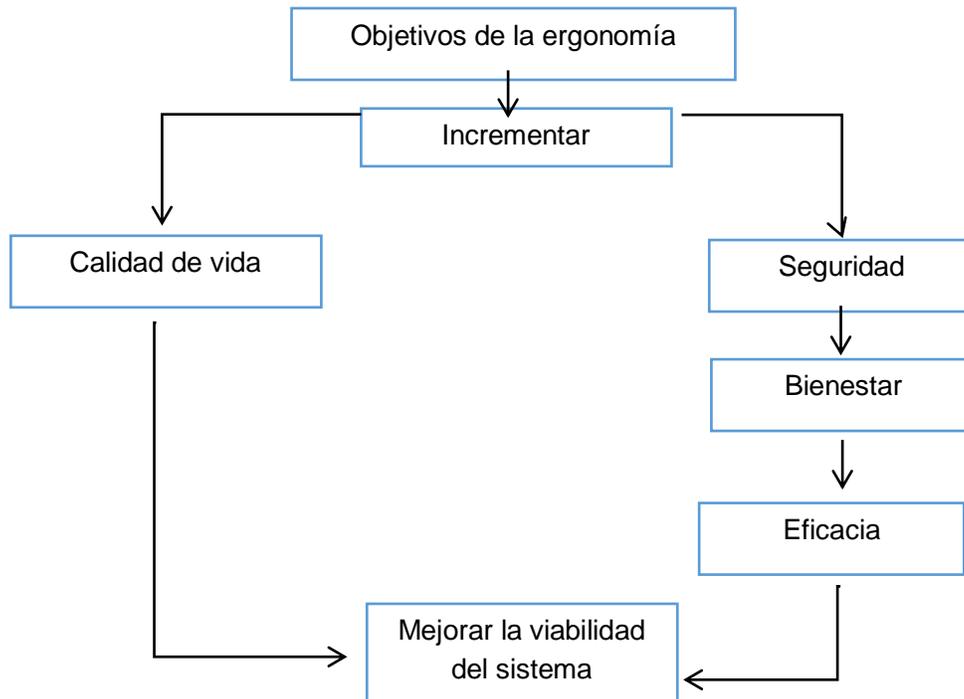
- *Reducción de lesiones y enfermedades ocupacionales.
- *Disminución de los costos por incapacidad de los trabajadores.
- *Aumento de la producción.
- *Mejoramiento de la calidad del trabajo.
- *Disminución del ausentismo.
- *Aplicación de las normas existentes.
- *Disminución de la pérdida de materia prima.

Estos métodos por los cuales se obtienen los objetivos son:

- *Apreciación de los riesgos en el puesto de trabajo.
- *Identificación y cuantificación de las condiciones de riesgo en el puesto de trabajo.
- *Recomendación de controles de ingeniería y administrativos para disminuir las condiciones identificadas de riesgos.
- *Educación de los supervisores y trabajadores acerca de las condiciones de riesgo [17].



Figura 4-1: Objetivos de la ergonomía [17].



En este caso como se tendrá a los operarios de esta maquinaria de pie, se deben de tener ciertas precauciones para evitar provocar dolores de espalda, inflamación de las piernas, problemas de circulación sanguínea, llagas en los pies y cansancio muscular entre estas podemos encontrar:

-Si un trabajo debe realizarse de pie, se debe facilitar al trabajador un asiento o taburete para que pueda sentarse a intervalos periódicos.

-Los trabajadores deben poder trabajar con los brazos a lo largo del cuerpo y sin tener que encorvarse ni girar la espalda excesivamente.

-Se debe facilitar un escabel para ayudar a reducir la presión sobre la espalda y para que el trabajador pueda cambiar de postura. Trasladar peso de vez en cuando disminuye la presión sobre las piernas y la espalda



-En el suelo debe haber una estera para que el trabajador no tenga que estar en pie sobre una superficie dura. Si el suelo es de cemento o metal, se puede tapar para que absorba los choques. El suelo debe estar limpio, liso y no ser resbaladizo.

-Los trabajadores deben llevar zapatos con empeine reforzado y tacos bajos cuando trabajen de pie.

-Debe haber espacio bastante en el suelo y para las rodillas a fin de que el trabajador pueda cambiar de postura mientras trabaja.

-El trabajador no debe tener que estirarse para realizar sus tareas. Así pues, el trabajo deberá ser realizado a una distancia de 8 a 12 pulgadas (20 a 30 centímetros) frente al cuerpo [17].

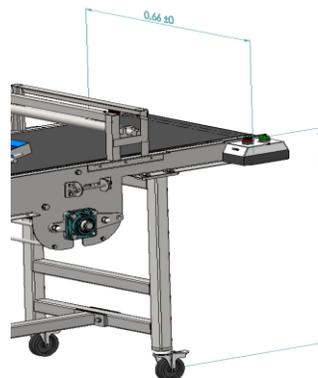
En el momento de su fabricación, se pudo demostrar a través de las dimensiones de los sistemas, que este equipo es ergonómicamente factible para su operación y mantenimiento.

Teniendo en cuenta las prevenciones dichas anteriormente, se instalarán la máquina para un buen manipulamiento de esta misma, además se demostrará que a partir del diseño se analizó la máquina en función de una buena ergonomía como se verá en los distintos sistemas que componen esta, a continuación

Sistema de control

Este sistema consta un control de panel On-off y un interruptor de parada de emergencia el cual controla el encendido y apagado de los motores que ponen en funcionamiento la banda transportadora y el sistema de corte, este tiene las siguientes dimensiones (unidades en metros) para su manejo el cual se puede evidenciar en la figura 4-2.

Figura 4-2: Dimensiones del sistema de control





Teniendo en cuenta estas medidas se comparará con las diferentes posturas y sus dimensiones promedio de hombres y mujeres los cuales se pueden observar en las tablas 4-1 y 4-2 y sacar como conclusión de que es un sistema el cual es fácil de manejar y no generara consecuencias en sus operarios a largo tiempo ni en el momento de utilizarse.

Tabla 4-1: Dimensiones estructurales del cuerpo humano [17]

Dimensiones estructurales del cuerpo de hombres y mujeres adultos en pulgadas y centímetros				
	A		B	
	Pulg	cm	Pulg	cm
95 hombres	36.2	91.9	47.3	120.1
mujeres	32	81.3	43.6	110.7
5 hombres	30.8	78,2	41.3	104.9
mujeres	26.8	68.1	38.6	98

Tabla 4-2: Dimensiones estructurales del cuerpo humano [17]

Dimensiones estructurales del cuerpo de hombres y mujeres adultos en pulgadas y centímetros						
	A		D		E	
	Pulg	cm	Pulg	cm	Pulg	cm
95 hombres	38.3	97.3	35	88.9	39	99
mujeres	36.3	92.2	31.7	80.5	38	96.5
5 hombres	32.4	82,3	29.7	75.4	29	73.7
mujeres	29.9	75.9	26.6	67.6	27	68.6

Sistema de aplanamiento

Este sistema consta de dos rodillos, el cual uno de estos es el que se enrolla el moje, tiene de una base para ser ensamblado con facilidad por el operario las medidas (unidades en metros) de esta se puede ver en la figura 4-3 y siguiente rodillo tiene como finalidad aplanar el moje y el cual posee de unas placas ranuradas que sirven de guías para ser acomodado el rodillo a la altura que se necesite para su trabajo, las dimensiones (unidades en metros) de este se pueden reconocer en la figura 4-4.



Figura 4-3: Medidas de sistema de aplanamiento

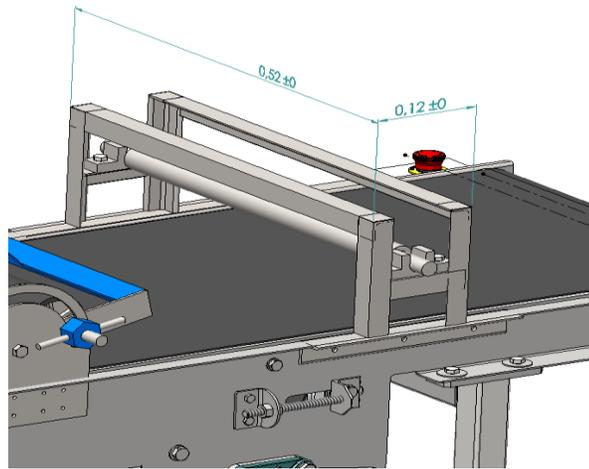
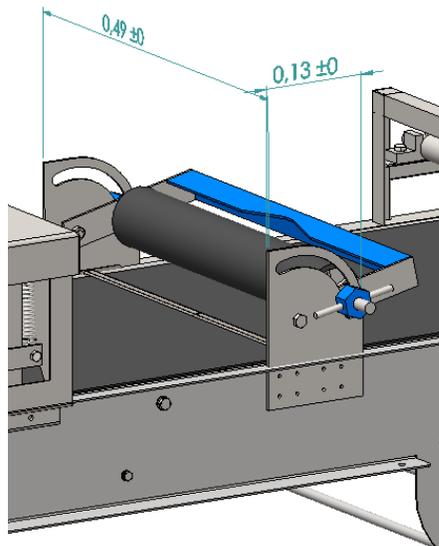


Figura 4-4: Dimensiones de sistema de aplanamiento

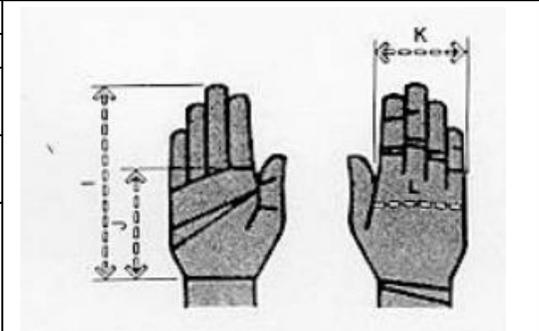


Teniendo en cuenta estas medidas se comparará con las diferentes posturas y sus dimensiones promedio de hombres y mujeres los cuales se pueden observar en las tablas 4-2 y 4-3 y sacar como conclusión de que es un sistema el cual es fácil de manejar y no generara consecuencias en sus operarios a largo tiempo ni en el momento de utilizarse.



Tabla 4-3: Dimensiones estructurales del cuerpo humano [17]

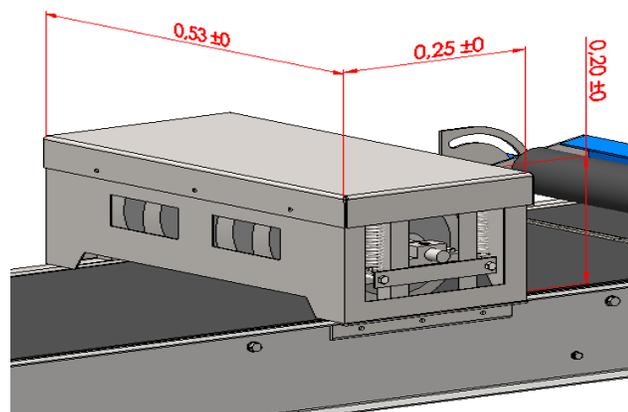
Dimensiones estructurales del cuerpo de hombres y mujeres adultos en pulgadas y centímetros								
	I		J		K		L	
	Pulg	cm	Pulg	cm	Pulg	cm	Pulg	cm
95 hombres	8,07	20.5	4,63	11.8	3,78	9.6	9.11	23.1
mujeres								
5 hombres	7	17.8	3,92	10	3.24	8.2	7.89	20
mujeres								



Sistema de corte transversal

Este sistema consta de 7 discos de corte, los cuales están ensamblados con un eje el cual consta de una estructura para su propio desplazamiento vertical, acomodo de las cuchillas a preferencia del operario y del producto que se elaborara, además una caja de seguridad para la protección y cuidado del trabajador y el cual se pueden reconocer sus dimensiones (unidades en metros) en la figura 4-5.

Figura 4-5: Dimensiones del sistema de corte transversal



Teniendo en cuenta estas medidas se comparará con las diferentes posturas y sus dimensiones promedio de hombres y mujeres los cuales se pueden observar en las tablas 4-2 y 4-3 y sacar como conclusión de que es un sistema el cual es fácil de manejar y no generara consecuencias en sus operarios a largo tiempo ni en el momento de utilizarse.



Sistema de dosificación

Este sistema tiene dos tanques el cual es donde se deposita el relleno en que se trabajara, además de dos cilindros neumáticos ensamblados en la estructura de este con unos pistones, los cuales facilitan por medio de presión depositar la cantidad exacta de cada relleno además de unas llave tipo mariposa los cuales serán accionadas de forma manual para controlar la cantidad de relleno que cae por gravedad en la tubería en acero inoxidable, este conjunto se puede observar sus medidas (unidades en metros) en la figuras 4-6 y 4-7.

Figura 4-6: Dimensiones del sistema de dosificación

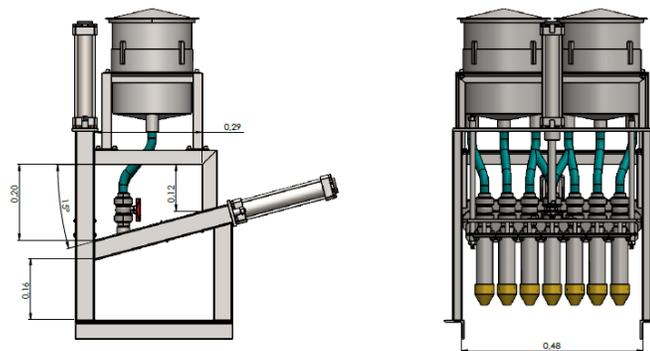
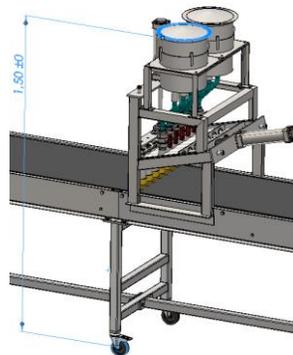


Figura 4-7: Dimensiones del sistema de dosificación

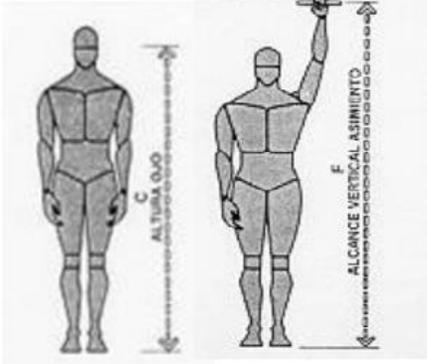


Teniendo en cuenta estas medidas se comparará con las diferentes posturas y sus dimensiones promedio de hombres y mujeres los cuales se pueden observar en las tablas 4-3 y 4-4 y sacar como conclusión de que es un sistema el cual es fácil de manejar y no generara consecuencias en sus operarios a largo tiempo ni en el momento de utilizarse.



Tabla 4-4: Dimensiones estructurales del cuerpo humano [17]

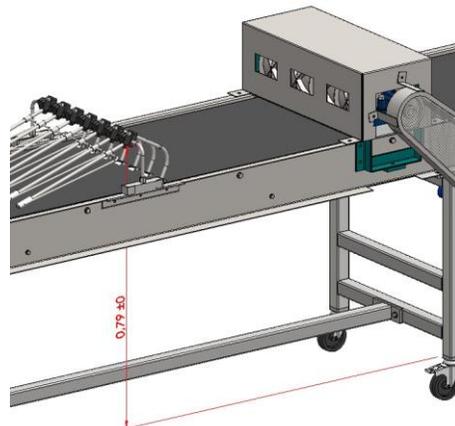
Dimensiones estructurales del cuerpo de hombres y mujeres adultos en pulgadas y centímetros				
	C		F	
	Pulg	cm	Pulg	cm
95 hombres	68.6	174.2	88.5	224.8
mujeres	64.1	162.6	84	213.4
5 hombres	60.8	154.4	76.8	195.1
mujeres	56.3	143	72.9	185.2



Sistema de doblado

Este conjunto tiene 7 divisiones las cuales ayudan a levantar y a doblar la masa después de depositarse su relleno, después de pasar por estas se repasa por unos pequeños rodillos los cuales ayudan a asegurar su sellado total y los cuales pueden desplazarse horizontalmente por un eje que posee su estructura para sostenerse este sistema se puede observar sus medidas (unidades en metros) en la figura 4-8.

Figura 4-8: Dimensiones del sistema de doblado



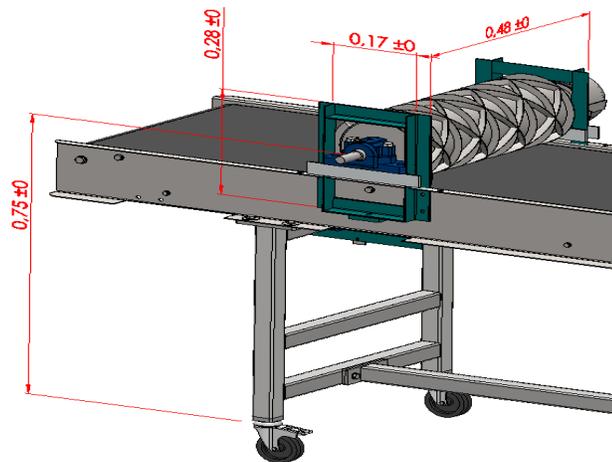
Teniendo en cuenta estas medidas se comparará con las diferentes posturas y sus dimensiones promedio de hombres y mujeres los cuales se pueden observar en las tablas 4-1 y 4-2 y sacar como conclusión de que es un sistema el cual es fácil de manejar y no generara consecuencias en sus operarios a largo tiempo ni en el momento de ponerse en funcionamiento.



Sistema de corte horizontal

Este sistema tiene un cilindro el cual tiene ranuras que sirven para cortar el moje de la forma que se necesite como puede ser horizontal o triangular, puede girar libremente gracias a un eje en el interior y unos rodamientos y carcargas que posee en los extremos y se soportan en una base estructural, este conjunto se puede observar sus medidas (unidades en metros) en la figura 4-9.

Figura 4-9: Dimensiones del sistema de corte horizontal



Teniendo en cuenta estas medidas se comparará con las diferentes posturas y sus dimensiones promedio de hombres y mujeres los cuales se pueden observar en las tablas 4-1 y 4-2 y sacar como conclusión de que es un sistema el cual es fácil de manejar y no generara consecuencias en sus operarios a largo tiempo ni en el momento de utilizarse.

Sistema mecánico de los motores eléctricos

Esta línea de producción posee de un motorreductor para el desplazamiento de la banda transportado que conecta de forma directa con los rodillos que posee esta y se puede observar sus medidas (unidades en metro) en la figura 4-10, además de un motor el cual ayuda al cilindro que realiza el corte final del hojalдре y que tiene una base tipo corredera para ajustar la polea la cual conecta con el eje del cilindro con una correa encauchetada, se puede observar sus medidas (unidades en metros) en la figura 4-11.



Figura 4-10: Dimensiones del sistema mecánico del motorreductor de la banda transportadora

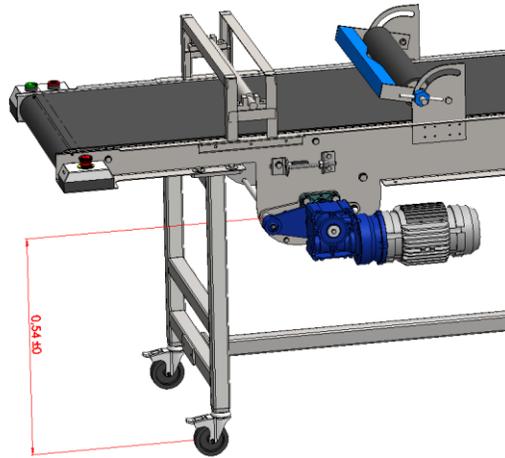
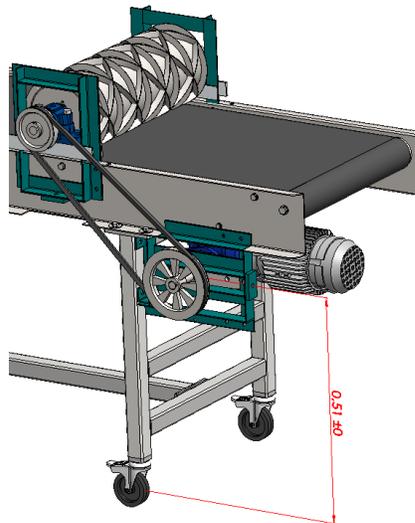


Figura 4-11: Dimensiones del sistema de corte horizontal

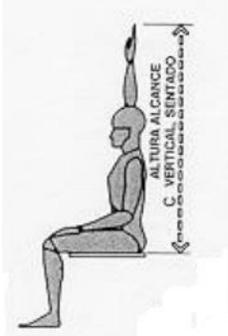


Teniendo en cuenta estas medidas se comparará con las diferentes posturas que pueden utilizar en el momento de un mantenimiento o instalación y sus dimensiones promedio de hombres y mujeres los cuales se pueden observar en las tablas 4-5 y sacar como conclusión de que es un sistema el cual es fácil de manejar y no generara consecuencias en sus operarios a largo tiempo ni en el momento de ser intervenidos.



Tabla 4-5: Dimensiones estructurales del cuerpo humano [17]

Dimensiones estructurales del cuerpo de hombres y mujeres adultos en pulgadas y centímetros				
	C		G	
	Pulg	cm	Pulg	cm
95 hombres	51.6	131.1	33.9	86.1
mujeres	49.1	124.7	31.7	80.5
5 hombres	59	149.9	30	76.2
mujeres	55.2	140.2	28.1	71.4






Capítulo 5: Capítulo análisis económico de la maquinaria

El análisis económico se aplica principalmente a proyectos diseñados para generar ingresos. Es posible analizar proyectos sociales, actividades medioambientales o aquéllas de apoyo a la producción, calculando y asignando precios artificiales, sin embargo, este tipo de 'análisis económico' es por lo general demasiado complejo para proyectos de pequeña o mediana escala [18].

En el estudio económico del Equipo multifunción de línea de producción de hojaldres, se especificará el coste de fabricación, materias primas, maquinarias, el precio de venta unitario y considerando todas las etapas que intervienen en la construcción del mismo, desde la propia fase de proyecto.

Además, los parámetros nos muestran que la inversión resulta ser muy rentable, aunque un valor tan elevado del TIR (29 veces superior al coste del capital). De todos modos, este rendimiento interno tan alto de la inversión deja mucho margen para aumentar la inversión inicial y así invertir en proyectos que deseen realizar en el futuro.

El costo total de la línea de producción tiene un valor de \$106.705.108, el cual el estudio económico nos indica que la inversión se paga en el primer año, por lo que es rentable para la compañía adquirir la nueva máquina por que aumentaría sus utilidades anuales (para conocer a profundidad este análisis se encuentra en el anexo B).



Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

-El objetivo general de este trabajo se cumplió a cabalidad seleccionando una propuesta de diseño la cual cumple con los procesos de producción de hojaldres, además de analizarse su factibilidad económica en el momento de su construcción y adquisición de la empresa “The Bakery” en la ciudad de Ibagué.

-Se llevó a cabo el objetivo específico N°1, identificando las variables del proceso de producción de los hojaldres las cuales son : tiempos y velocidad de amasado, peso en la división de la masa, peso y tiempo de dosificación, velocidad y peso de sellado, se identificó las características organolépticas en cada uno de los diferentes tipos de hojaldres: arequipe, bocadillo de guayaba, carne y pollo, del mismo modo los ingredientes del hojaldre con sus respectivas marcas y cantidad exacta para su correcta preparación.

-En el cumplimiento del objetivo específico N°2 se propusieron dos alternativas de diseño las cuales cumplen con los requerimientos de la empresa “The Bakery”, estas se compararon con parámetros como: tipo de material, grado de ergonomía, grado de automatización, mantenibilidad etc, por consiguiente se determinó que la propuesta seleccionada fue la numero dos por su mayor puntuación frente a estos.

-Para la propuesta seleccionada número 2 se le realizaron estudios ingenieriles como: Análisis estático de estructura, tornillería, eje, soldadura, eléctrico, ergonomía entre otros; Los cuales arrojaron unos resultados positivos para su diseño y óptimo funcionamiento.

-Para un complemento en el análisis económico de la propuesta número 2, se le proporcionaron los distintos procesos de manufactura para su construcción, con sus respectivos costos los cuales obtuvieron como resultado un precio total de \$7.745.000.

-En el momento de elaborarse el estudio económico de la alternativa número 2, se obtuvo que tiene un valor total de \$106.705.108, este precio incluye el precio total de fabricación y puesta en marcha en la empresa.



Referencias bibliográficas

- [1] CONSUMOTECA, consumidores bien informados. “Normas de higiene de los manipuladores de alimentos” {En línea}. {6 agosto de 2018} disponible en: <https://www.consumoteca.com/alimentacion/seguridad-alimentaria/normas-de-higiene-de-los-manipuladores-de-alimentos/>
- [2] INVIMA, ministerio de salud y protección social. “Decreto N°539 de 2014” {En línea}. {8 agosto de 2018} disponible en: <https://www.invima.gov.co/images/pdf/normatividad/alimentos/decretos/DECRETO%20539%20%20DE%202014.pdf>
- [3] INVIMA, ministerio de salud y protección social. “Decreto N°2162 de 1983” {En línea}. {8 agosto de 2018} disponible en: https://www.invima.gov.co/images/stories/aliementos/decreto_2162_1983.pdf
- [4] FLECHA, Manuel. “Procesos y técnicas de panificación” {En línea}. {5 de julio del 2019} disponible en: https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrourense/aulavirtual2/pluginfile.php/8180/mod_resour ce/content/0/Procesos_y_tecnicas_de_panificacion-MANUAL.pdf
- [5] HAZ DE OROS, Productos. “Harina de trigo” {En línea}. {20 agosto de 2019} disponible en: <https://hazdeoros.com/products/harina-de-trigo-con-polvo-para-hornear/>
- [6] TEAM, Productos. “Margarina Dagusto industrial” {En línea}. {20 agosto de 2019} disponible en: <https://team.co/producto/margarina-dagusto-industrial/>
- [7] REFISAL, Productos. “Sal de alta dureza” {En línea}. {20 agosto de 2019} disponible en: <http://www.refisal.com.co/producto/alta-pureza/>
- [8] INCAUCA, Productos. “Azúcar incauca refinado” {En línea}. {20 agosto de 2019} disponible en: <https://www.incauca.com/es/producto/azucar-incauca-refinado/>
- [9] INCAUCA, Productos. “Doña guayaba” {En línea}. {20 agosto de 2019} disponible en: <https://www.incauca.com/es/producto/dona-quayaba/>
- [10] ALPINA, Productos. “Postres y dulces arequipe” {En línea}. {20 agosto de 2019} disponible en: <https://www.alpina.com/productos/postres-y-dulces/arequipe-alpina>



- [11] DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y PROTECCIÓN DEL CONSUMIDOR, producción y sanidad animal. “Composición de la carne”. {En línea}. {13 agosto de 2018} disponible en: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html
- [12] POLLOS GAR, Productos. “Características” {En línea}. {20 agosto de 2019} disponible en: <https://pollosgar.com.co/#productos>
- [13] LOCTITE, “Maquinaria para la industria alimentaria” {En línea}. {17 agosto de 2018} disponible en: <http://www.loctite.es/maquinaria-para-la-industria-alimentaria-8206.htm>
- [14] FESTO, catálogo de materiales. “conocimientos profesionales y soluciones para la industria alimentaria y de bebidas”. (2013).
- [15] BETELGEUX, Christeys food higiene. “Diseño Higiénico en la industria alimentaria” {En línea}. {17 agosto de 2018} disponible en: <http://www.betelgeux.es/blog/diseño-higienico-en-la-industria-alimentaria/>
- [16] ROMERO PIEDRAHITA, Carlos Alberto. “Diseño de elementos de maquina” {En línea}. {30 agosto de 2018} disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Romero15/publication/44723297_Diseño_de_elementos_de_maquinas_Carlos_Alberto_Romero_Piedrahita_Gabriel_Calle_Trujillo/links/54fe4f120cf2672e223eedd8/Diseño-de-elementos-de-maquinas-Carlos-Alberto-Romero-Piedrahita-Gabriel-Calle-Trujillo
- [17] TÁVARA FARFÁN, Miguel Ángel. “Ergonomía: aplicaciones y sistema hombre-máquina” {En línea}. Fecha. {4 de noviembre de 2018}. disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos73/ergonomia-aplicaciones-sistema-hombre-maquina/ergonomia-aplicaciones-sistema-hombre-maquina2.shtml>
- [18] RURALINVEST. “Formulación y análisis detallado de proyectos” {En línea}. Fecha. {15 de febrero de 2019}. disponible en: <http://www.fao.org/3/a0323s/a0323s00.htm#Contents>
- [19] FESTO. “Diseño de máquinas y especificaciones de diseño” {En línea}. {9 agosto de 2018} disponible en: https://www.festo.com/rep/es_es/assets/pdf/FOOD_manual_design_es.pdf
- [20] REVEYRON, Gama de productos. “Bandas transportadoras de PU” {En línea}. {25 agosto de 201*} disponible en: <http://www.reveyron.com/es/nuestra-gama-de-productos/bandas-transportadoras/bandas-transportadoras-de-poliuretano-pu/1purb65fw>
- [21] WESCO, productos. “Tubería SCH10, SCH80 y SCH40” {En línea}. {30 agosto de 2019} disponible en: <https://www.wesco.com.co/default.asp?iID=GFLJKE>



- [22] SKF, productos. “Rodamientos rígidos de bola” {En línea}. {30 Agosto de 2019} disponible en: <https://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=6000-2Z>
- [23] INCAFE, productos. “Tubo redondo 70x2” {En línea}. {30 agosto de 2019} disponible en: <https://www.incafe2000.com/Esp/p/tubo-redondo-acero-inoxidable-70x2>
- [24] SKF, productos. “Rodamientos rígidos de bola” {En línea}. {30 agosto de 2019} disponible en: <https://www.skf.com/uy/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=6004-2RSH>
- [25] NTN - SNR, productos. “UCF 205” {En línea}. {30 agosto de 2019} disponible en: <https://eshop.ntn-snr.com/es/UCF-205-2247003.html>
- [26] IMSA, productos. “Ruedas rodachinas y carretillas” {En línea}. {30 agosto de 2019} disponible en: <https://imsa.co/wp-content/uploads/2014/10/Plegable-Ruedas-Rodachinas-y-Carretillas-IMSA-2017.pdf>
- [27] ONE TOUCH, Electro industria. “La importancia de la medición y corrección del factor de potencia” {En línea}. {8 septiembre de 2018} disponible en: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2976>
- [28] WESCO, acero inoxidable. “Acero inoxidable AISI 304” {En línea}. {30 agosto de 2019} disponible en: <https://www.wesco.com.co/userfiles/file/CERTIFICADO%20CALIDAD%20TOYOTA%20BARRAS%20WESCO.pdf>
- [29] SIEMENS. “Catálogo de motores eléctricos” {En línea}. 2007. {30 septiembre de 2018} disponible en: http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6825/mod_resource/content/1/Motores%20NNM.pdf
- [30] CALAMEO. “ejes” {En línea}. {7 Octubre de 2018} disponible en: <https://es.calameo.com/read/003980313f575b5673e8f>
- [31] Limusa wiley.Juvinall.Diseño de elementos de máquinas, segunda edición.
- [32] Richard G.Budynas.J.Keith Nisbett. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición.



- [33] RODRÍGUEZ DÍAZ, Miguel Ángel. “Modelización de uniones soldados” {En línea}. {14 Octubre de 2018} disponible en: http://www6.uniovi.es/usr/belen/_private/ModelizacionUnionesSoldadas.pdf
- [34] WESCO, acero inoxidable. “Tubo rectangular AISI 304” {En línea}. {30 agosto de 2019} disponible en: <https://www.wesco.com.co/default.asp?iID=GFLIJD>
- [35] WESCO, acero inoxidable. “Perfil angular AISI 304” {En línea}. {30 agosto de 2019} disponible en: <https://www.wesco.com.co/default.asp?iID=GFLKLF>
- [36] SÁNCHEZ, Greammy. “Importancia de cálculo, características y aplicaciones para uniones atornilladas” {En línea}. 2 de julio de 2011. {20 octubre de 2018} disponible en: <http://graemmy07.blogspot.com/2011/07/importancia-de-calculo-caracteristicas.html>
- [37] ROYDISA. “Como calcular la fuerza de los cilindros neumáticos y consumo de aire” {En línea}. {20 octubre de 2018} disponible en: <https://www.roydisa.es/calcular-la-fuerza-que-desarrolla-un-cilindro-neumatico-y-su-consumo-de-aire/>
- [38] OPORTUNIDADES INDUSTRIALES. “Cilindros neumáticos” {En línea}. {1 Noviembre de 2018} disponible en: <https://oportunidadesindustriales.com/es/subastas/lote-de-2-cilindros-neumaticos-marca-hoerbiger-origa-mod-azv5063-28954>
- [39] VALERA, Robert. “Elaboración de arequipe y leche condensada” {En línea}. {25 junio de 2019} disponible en: https://www.academia.edu/27336173/ELABORACION_DE_AREQUIPE_Y_LECHE_CON_DENSADA
- [40] ALIMENTOS PERECEDEROS. “Elaboración bocadillo” {En línea}. {25 junio de 2019} disponible en: <http://alimentoatps.blogspot.com/2009/07/elaboracion-bocadillo.html>
- [41] FICHAS AUTOCONTROL. “Establecimiento de comidas preparadas” {En línea}. {25 junio de 2019} disponible en: https://tematico8.asturias.es/export/sites/default/consumo/seguridadAlimentaria/seguridad-alimentaria-documentos/FICHAS_AUTOCONTROL_COMIDAS.pdf
- [42] ELECTRO SILVANIA. “Resistencia abrazadera blindada” {En línea}. {25 junio de 2019} disponible en: <https://www.electrosilvania.co/portafolio/resistencias-electricas-industriales/resistencia-tipo-abrazadera/resistencia-abrazadera-blindada>
- [43] FORTACERO. “Tubo estructural” {En línea}. {1 febrero de 2019} disponible en: http://www.fortacero.com/cat_tubocd40/



[44] EVANS. “Compresores industriales” {En línea}. {25 junio de 2019} disponible en: <https://www.evans.com.co/producto/compresor-aire-lubricado-2-etapas-5-hp-motor-electrico-tanque-500-litros-175-psi-e230me0500-500/>

[45] WESCO, acero inoxidable. “Platinas AISI 304” {En línea}. {30 agosto de 2019} disponible en: <https://www.wesco.com.co/default.asp?iID=GFMDH>

[46] SLIDEPLAYER. “Diseño mecánico 2” {En línea}. {25 junio de 2019} disponible en: <https://slideplayer.es/slide/4663346/>

[47] VARIADORES. “Variador L-1000” {En línea}. {25 junio de 2019} disponible en: <http://www.variadores.com.co/producto/variador-l1000/>



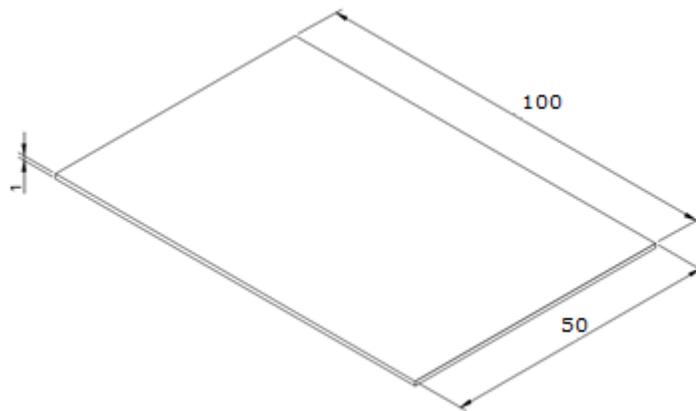
A. Anexo: Cálculos y manufactura de componentes de sistemas

Para empezar con estos cálculos se es necesario iniciar calculando la densidad de los productos que serán procesados en este caso la masa del hojaldre y sus respectivos rellenos: arequipe, bocadillo de guayaba, carne de res y de pollo a continuación se irá desarrollando estos, además de los diferentes sistemas que componen el equipo.

A.1 Calculo de la densidad de la masa de hojaldre

El moje de pan tiene una masa de 5 kg y dimensiones de 100x50x1 cm como se observa en la figura A-1.

Figura A-1: Dimensiones de la masa de pan



El volumen de la masa del hojaldre será:

$$V = 1m * 0.5m * 0.01m$$

$$V = 5 * 10^{-3}m^3$$

Y su densidad: (ver Ecuación (A.1))

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{A.1}$$

$$\rho = \frac{5kg}{5 * 10^{-3}m^3}$$

$$\rho = 1000 kg/m^3$$



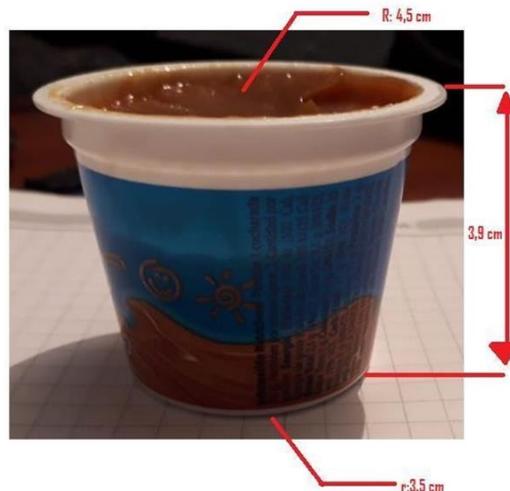
A.2 Calculo de las densidades de los rellenos

Estos cálculos son necesarios para hallar la presión necesaria que se requiere para dosificar cada relleno a través de los cilindros en acero inoxidable que cumplen esta función por medio de unos émbolos que son accionados a través de unos cilindros neumáticos, debido a que en el momento de conocerse las variables de densidad y volumen de los rellenos y cilindros depositadores respectivamente, se puede hallar la presión, despejándose de la fórmula de densidad y multiplicándose con la gravedad, se mostrará los procedimientos para hallar la densidad de los distintos rellenos a continuación:

Arequipe

Para hallar este dato se utilizará el producto de la marca “Alpina” el cual contiene una masa total de 50 gramos y sus respectivas medidas se pueden visualizar en la figura A-2.

Figura A-2: Medidas del arequipe “Alpina”



La fórmula para hallar la densidad es la siguiente: (ver Ecuación (A.2))

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{A.2})$$

Para hallar el volumen de este recipiente se utiliza la siguiente formula: (ver Ecuación (A.3))

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h(R^2 + r^2 + R \cdot r) \quad (\text{A.3})$$

$$V: \frac{1}{3} * \pi * 3,9 * (2,25^2 + 1,75^2 + 2,25 * 1,75)$$

$$V: 49.26 \text{ cm}^3$$



Después de esto se reemplaza esto valores en la fórmula A.2

$$\rho = \frac{50 \text{ gramos}}{49.26 \text{ cm}^3}$$

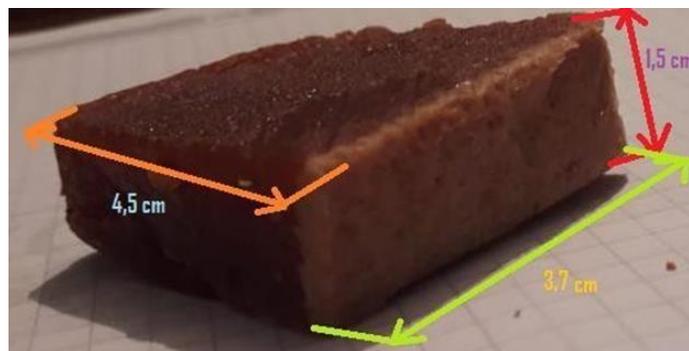
$$\rho = 1,015 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3}$$

Se calculó la densidad del arequipe la cual es: 1,015 gramos/Cm ^3

Bocadillo de guayaba

Para hallar este dato se utilizará el producto de la marca “Doña Guayaba” el cual contiene una masa total de 40 gramos y sus respectivas medidas se pueden visualizar en la A-3.

Figura A-3: Medidas del Bocadillo de guayaba “Doña Guayaba”



La fórmula para hallar la densidad es la siguiente: (ver Ecuación (A.4))

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{A.4}$$

Para hallar el volumen de esta figura del producto se utiliza la siguiente formula: (ver Ecuación (A.5))

$$V: L * L * L \tag{A.5}$$

$$V: 4,5 \text{ cm} * 3,7 \text{ cm} * 1,5 \text{ cm}$$

$$V: 24,975 \text{ cm}^3$$

Después de esto se reemplaza esto valores en la fórmula A.4

$$\rho = \frac{40 \text{ gramos}}{24.975 \text{ cm}^3}$$



$$\rho = 1,6 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3}$$

Carne de res

Para encontrar este dato se utilizará el producto en un recipiente el cual contiene una masa total de 180 gramos y sus respectivas medidas se pueden visualizar en la figura A-4

Figura A-4: Medidas de carne de res



La fórmula para hallar la densidad es la siguiente: (ver Ecuación (A.6))

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{A.6}$$

Para hallar el volumen de esta figura del producto se utiliza la siguiente formula: (ver Ecuación (A.7))

$$V: \pi(R^2) * H \tag{A.7}$$

$$V: \pi(5.1\text{cm}^2) * 4.2\text{cm}$$

$$V: 343.19 \text{ cm}^3$$

Después de esto se reemplaza esto valores en la fórmula A.6

$$\rho = \frac{180 \text{ gramos}}{343.19\text{cm}^3}$$

$$\rho = 0.52 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3}$$



Carne de Pollo

Para encontrar este dato se utilizará el producto de la marca “Pollos GAR” en un recipiente el cual contiene una masa total de 180 gramos y sus respectivas medidas se pueden visualizar en la figura A-5.

Figura A-5: Medidas de carne de pollo “Pollos GAR”



La fórmula para hallar la densidad es la siguiente: (ver Ecuación (A.8))

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{A.8})$$

Para hallar el volumen de esta figura del producto se utiliza la siguiente formula: (ver Ecuación (A.9))

$$V: \pi(R^2) * H \quad (\text{A.9})$$

$$V: \pi(5.1\text{cm}^2) * 4.2\text{cm}$$

$$V: 343.19 \text{ cm}^3$$

Después de esto se reemplaza esto valores en la fórmula A.8

$$\rho = \frac{180 \text{ gramos}}{343.19\text{cm}^3}$$

$$\rho = 0.52 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3}$$



A.3 Sistema de banda transportadora

A.3.1 Selección de banda

-Capacidad de carga

La masa del hojaldre tiene una masa de 5 kg y para la masa del relleno son 15g por cada hojaldre, del cual para una sola masa son 98 hojaldres; 7 a lo ancho y 14 a lo largo, por lo tanto, el peso por cada masa de hojaldre será:

$$m_M = 5kg + (0.015kg * 14 * 7)$$

$$m_M = 6.47kg$$

A una gravedad de 9.81 m/s² el peso de la carga de una masa de un hojaldre es:

$$F = 6.47kg * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 63N$$

Debido a que en el equipo se le pueden agregar 5 masas de hojaldre su carga total es:

$$F = 63N * 5 = 315 N$$

$$W = \frac{315N}{0.443m} = 711.06 \frac{N}{m}$$

-Velocidad lineal de la banda

La línea de producción está diseñada para suministrar 5000 hojaldres/hora, cada masa de pan de 100 cm de largo, tiene líneas de 14 hojaldres por lo tanto su velocidad se calcula como:

$$V_l = 5000 \frac{\text{hojaldres}}{h} * \frac{1h}{60min} * \frac{1metro}{14 \text{ hojaldres}} = 5.95 \frac{m}{min}$$

$$V_l = 5.95 \frac{m}{min}$$

Después de analizarse la carga y la velocidad que llevara la banda transportadora se seleccionó una banda de poliuretano (PU) este tipo de material debido a su flexibilidad, fiabilidad y dureza, ayuda al empleo de cuchillas en el proceso del hojaldre, la referencia de esta es "1PURB65/FW" las características de esta banda se pueden analizar en la tabla A-1



Tabla A-1: Características de banda seleccionada [20]

Material	Poliuretano termoplástico (TPU)
Densidad	35 Kg / m ³
Número de telas	1
Color	Blanco
Dureza del recubrimiento superior	85 Sha
Espesor total	1.30 mm
Espesor del recubrimiento superior	0.65 mm
Acabado del recubrimiento superior	Muy adherente
Carga de trabajo al 1% alargamiento	7 N/mm
Ø mínimo de flexión	10 mm
Ø mínimo de contra-flexión	20 mm
Temperatura del producto en contacto	-40°C +90°C
Ancho máximo	2000 mm

El cálculo de la carga total que puede someterse esta banda seleccionada según el diseño es la siguiente:

$$CT = 7 \frac{N}{mm} * 5350mm = 37450 N$$

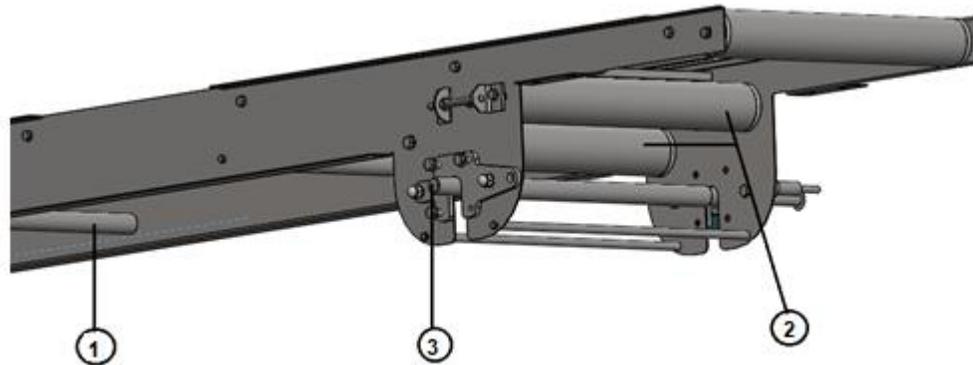
Donde se puede referenciar que puede aguantar la carga la cual será sometida en el diseño y además de cumplir con las características del material que está hecho y de su ancho el cual en el diseño es de 0.54 m

A.3.2 Selección de rodamientos y rodachines

Para realizar este estudio se tiene que identificar los ejes y rodillos que son necesarios la instalación de rodamientos para su rotación, en la figura A-6 se pueden identificar y se enumeraran estos, los cuales son necesarios para el funcionamiento de la banda transportadora.

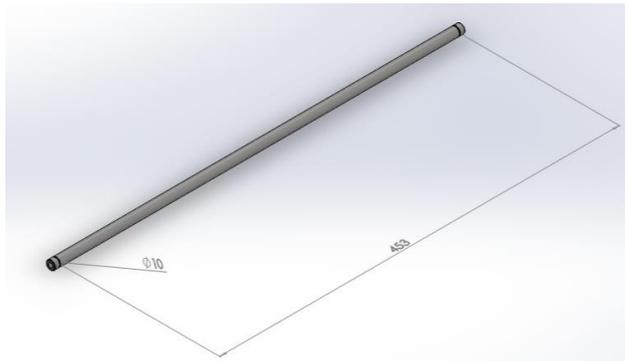


Figura A-6: Enumeración e identificación de ejes para instalación de rodamientos



Después de esto se identificarán las medidas de cada uno de estos ejes y así mismo se ira seleccionando la referencia y tipo de rodamiento que se necesitan para cada uno de estos en sus extremos, en la figura A-7 se puede evidenciar las dimensiones de este el cual corresponde en la enumeración al número 1.

Figura A-7: Dimensiones de eje Numero 1 (unidades mm)



En la figura A-8 y A-9 se puede evidenciar el número de ejes y dimensiones de sus rodillos que serán instalados introduciéndolos dentro de estos.



Figura A-8: Total de ejes en el diseño número 1

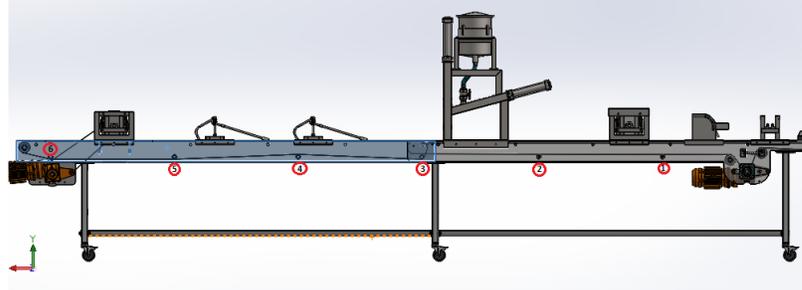
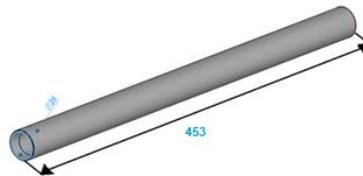


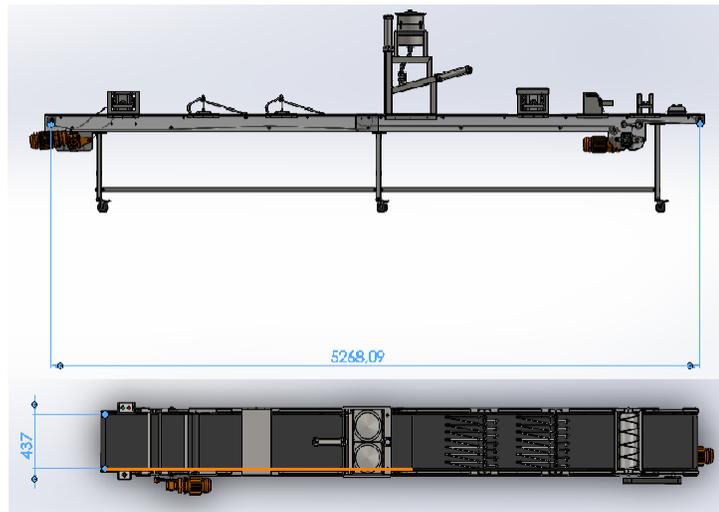
Figura A-9: Dimensiones de rodillo (unidades en mm)



El rodamiento va soportar cargas axiales del rodillo y de la banda transportadora para esto se hallará sus respectivos pesos a continuación:

-Para hallar el peso de la banda transportadora es necesario hallar sus dimensiones las cuales en la figura A-10 se pueden notar (unidades en mm), además de su espesor en su tabla de características.

Figura A-10: Medidas de banda transportadora





Teniendo en cuenta esto se halla el volumen de la misma siguiente formula: (ver Ecuación (A.10))

$$V: L * L * L \quad (A.10)$$

$$V: 5.3 \text{ m} * 0.43 \text{ m} * 0.0013 \text{ m}$$

$$V: 2.96 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

Después de esto se reemplaza en la ecuación A.11 los valores ya obtenidos para así hallar su masa y así mismo hallar su carga multiplicándose por la gravedad

$$m = \rho * V \quad (A.11)$$

$$m = 35 \text{ Kg/m}^3 * 2.96 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$m = 0.10 \text{ Kg}$$

$$Wb = 0.10 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$Wb = 1 \text{ N}$$

-Para hallar el peso del rodillo es necesario consultar el peso del tubo que se va a elaborar estos rodillos en este caso en tubo redondo de 1" cedula 40 en acero inoxidable, la cual se puede encontrar comercialmente en Wesco y la tabla A-2 se seleccionó.

Tabla A-2: Características de tubo seleccionado [21]

Diámetro Nominal	Diámetro Externo		SCH 40						
	NPS	pg	mm	Grosor	Pared	Presión Int. Trab.		Peso Aprox.	
	pg	mm	pg	mm	PSI	Kg/m	Lb/pie	Kg/m	
1/8	.405	10.29	.068	1.73	6170	434	.25	.37	
1/4	.540	13.72	.088	2.24	5970	420	.43	.63	
3/8	.675	17.15	.091	2.31	4810	338	.57	.85	
1/2	.840	21.34	.109	2.77	4610	324	.85	1.27	
3/4	1.050	26.67	.113	2.87	3750	264	1.13	1.69	
1	1.315	33.40	.133	3.38	3510	247	1.68	2.50	
1 1/4	1.660	42.16	.140	3.56	2880	202	2.27	3.39	
1 1/2	1.900	48.26	.145	3.68	2590	182	2.72	4.05	
2	2.375	60.33	.154	3.91	2180	153	3.65	5.45	
2 1/2	2.875	73.03	.203	5.16	2390	168	5.79	8.64	
3	3.500	88.90	.216	5.49	2070	146	7.58	11.30	
3 1/2	4.000	101.60	.226	5.76	1890	133	9.11	13.58	
4	4.500	114.30	.237	6.02	1750	123	10.79	16.09	
6	6.625	168.28	.280	7.11	1395	98	18.97	28.28	
8	8.625	219.08	.322	8.18	1227	86	28.55	45.57	
10	10.750	273.05	.365	9.27	1113	78	40.48	60.36	
NORMA: ASTM A312									
Longitud aprox. 6 mts con costura									



Según las medidas de la figura A-9 y el número rodillos que se utilizaran la longitud total que se va a utilizar es la siguiente:

$$LT = 0.453m * 6 \text{ rodillos}$$

$$LT = 2.71m$$

Donde se puede reemplazar su longitud a partir del peso por cada metro, hallado a partir de la tabla C-3

$$WT = 2.71 m * 2.50 \frac{Kg}{m}$$

$$WT = 6.77 Kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$WT = 66.46 N$$

Por último, se halla la carga total y se divide por el número de rodamientos totales que se utilizaran

$$W_{Total} = 66.46 N + 1 N = 67.46N$$

$$WT1 = \frac{67.46N}{12} = 5.62N$$

De acuerdo a las medidas, funcionamiento de este eje y carga limite que puede soportar cada uno, el rodamiento más apropiado para su instalación es el SKF 6000 de tipo rígido de bolas, sus dimensiones y cálculos se pueden observar en la tabla A-3.

Tabla A-3: Tabla Dimensiones y cálculos de rodamiento SKF 6000 [22]

	d=10 mm
	D=28 mm
	B=8 mm
	d1 =14.8 mm
	D2=22.6mm
	r 1,2= 0.3 mm (min)
Capacidad de carga dinámica básica	4.75 kN
Capacidad de carga estática básica	1.96 kN

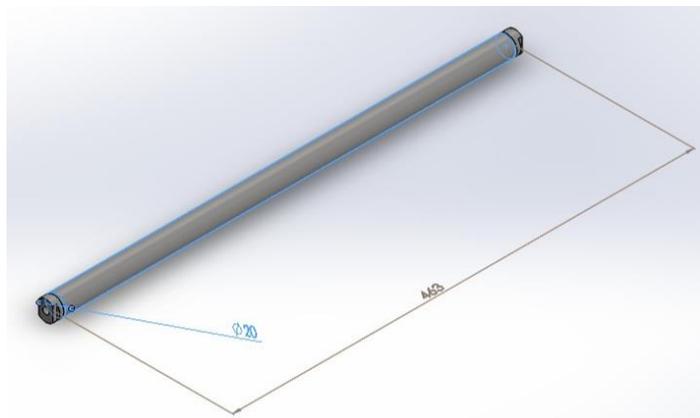


Carga límite de fatiga	0.083 kN
Velocidad de referencia	67000 r/min
Velocidad límite	34000 r/min
Factor de cálculo	0.025
Rodamiento de masa	0.02 kg

Se seleccionó este tipo de rodamiento debido a que cumple con las medidas del eje y puede encajar perfectamente, además de que puede cumplir con el límite de velocidad que transmite el motorreductor y requieren poco mantenimiento.

Después en la figura A-11 se puede evidenciar las dimensiones de este eje el cual corresponde en la enumeración al número 2.

Figura A-11: Dimensiones de eje número 2



En la figura A-12 y A-13 se puede evidenciar el número de ejes y dimensiones de sus rodillos que serán instalados introduciéndolos dentro de estos.

Figura A-12: Total de ejes en el diseño número 2

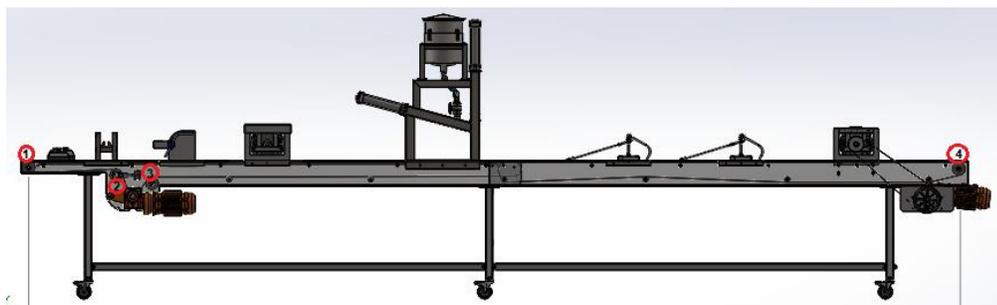
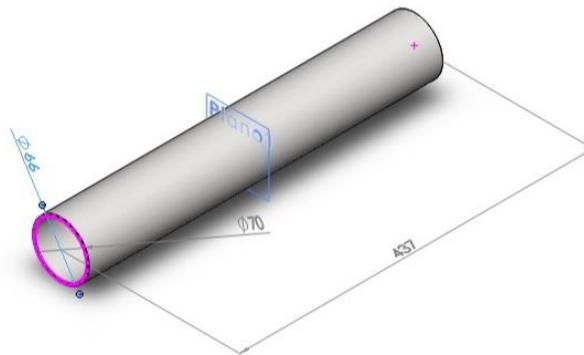




Figura A-13: Medidas del cilindro



El rodamiento va soportar cargas axiales del rodillo y de la banda transportadora para esto se hallará sus respectivos pesos a continuación:

-Para hallar el peso de la banda transportadora es necesario hallar sus dimensiones las cuales en la figura A-10 se pueden notar (unidades en mm) en este caso se va hallar en su totalidad, además de su espesor en su tabla de características.

Teniendo en cuenta esto se halla el volumen de la misma siguiente formula: (ver Ecuación (A.12))

$$V: L * L * L \quad (A.12)$$

$$V: 10.6 \text{ m} * 0.43 \text{ m} * 0.0013 \text{ m}$$

$$V: 5.92 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

Después de esto se reemplaza en la ecuación A.13 los valores ya obtenidos para así hallar su masa y así mismo hallar su carga multiplicándose por la gravedad

$$m = \rho * V \quad (A.13)$$

$$m = 35 \text{ Kg/m}^3 * 5.92 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$m = 0.20 \text{ Kg}$$

$$Wb = 0.20 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$Wb = 2 \text{ N}$$



-Para hallar el peso del rodillo es necesario consultar el peso del tubo que se va a elaborar estos rodillos en este caso en tubo redondo de 1" cedula 40 en acero inoxidable, la cual se puede encontrar comercialmente en INCAFE y la tabla A-4 contiene sus características.

Tabla A-4: Características de tubo seleccionado [23]

Diámetro exterior	70 mm
Espesor	2 mm
Peso	3,41 Kg/m
Material	AISI 304L

Según las medidas de la figura C-9 y el número rodillos que se utilizaran la longitud total que se va a utilizar es la siguiente:

$$LT = 0.437m * 4 \text{ rodillos}$$

$$LT = 1.78$$

Donde se puede reemplazar su longitud a partir del peso por cada metro, hallado a partir de la tabla A-5

$$WT = 1.78 m * 3.41 \frac{Kg}{m}$$

$$WT = 6.06 Kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$WT = 59.44 N$$

Por último, se halla la carga total y se divide por el número de rodamientos totales que se utilizaran

$$W_{Total} = 59.44 N + 2 N = 61.44 N$$

$$WT1 = \frac{67.46 N}{8} = 7.68 N$$

De acuerdo a las medidas y funcionamiento de este eje, el rodamiento más apropiado para su instalación es el SKF 6004 de tipo bolas, sus dimensiones y cálculos se pueden observar en la tabla A-5.



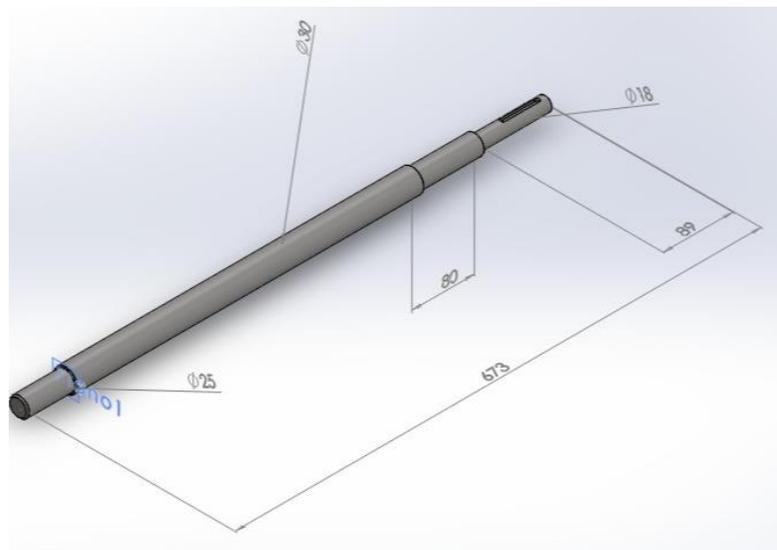
Tabla A-5: Dimensiones y cálculos de rodamiento SKG 6004 [24]

	d=20 mm
	D=42 mm
	B=12 mm
	d2 =24.65 mm
	D2=37.19mm
	r 1,2= 0.6 mm (min)
Capacidad de carga dinámica básica	9.95 kN
Capacidad de carga estática básica	5 kN
Carga límite de fatiga	0.212 kN
Velocidad límite	11000 r/min
Factor de cálculo	0.025
Rodamiento de masa	0.07 kg

Se seleccionó este rodamiento debido a que este cumple con las medidas del eje y puede encajar perfectamente en este, además de que puede cumplir con el límite de velocidad que transmite el motorreductor, y requieren poco mantenimiento.

En la figura A-14 se puede evidenciar las dimensiones del eje el cual corresponde en la enumeración al número 3.

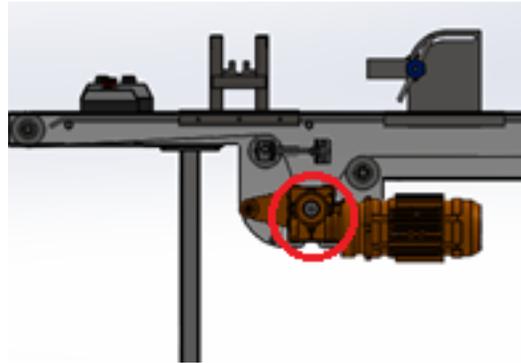
Figura A-14: Dimensiones de eje Numero 3 (unidades mm)





En la figura A-15 se puede observar la función de este eje en la banda transportadora, el cual está conectado directamente con un acople con el motorreductor.

Figura A-15: Diseño de eje conductor



El rodamiento va soportar cargas axiales del rodillo y de la banda transportadora para esto se tendrá en cuenta la carga total de la banda transportadora la cual es 2N.

De acuerdo a las medidas y funcionamiento de este eje, el rodamiento rígido más apropiado para su instalación es el SNR UCF 205 de tipo bolas con su respectivo cojinete de flanche para instalación, sus dimensiones y cálculos se pueden observar en la tabla A-6.

Tabla A-6: Dimensiones y cálculos de rodamiento UCF 205 [25]

	B=34 mm
	A=27 mm
	A1=13 mm
	A2 =35.7 mm
	d=25mm
	e= 16mm
	G=M6x1
	J=70mm
	L=95mm
	N=12mm
	S1=17mm
	S=14.3mm
Capacidad de carga dinámica básica	14 kN
Capacidad de carga estática básica	7.88 kN
Rodamiento de masa	0.81 kg

Se seleccionó este rodamiento debido a que este cumple con las medidas del eje y puede encajar perfectamente en este, además de que absorbe cargas axiales, y requieren poco mantenimiento y son comerciales.



Para seleccionar el tipo de rodachin que se necesita instalar en su estructura para su desplazamiento, se tiene que analizar primero que todo la carga total que soporta a partir de la masa del equipo, en este caso se halló por medio de las variables físicas que ofrece el software Solidworks de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora), y su valor es 90.25 Kg

En donde su carga total se halla dividiéndose por el número de rodachines que se instalaran

$$Wr = \frac{90.25 \text{ Kg}}{6} = 15 \text{ Kg}$$

El segundo dato a tener en cuenta es el tipo de superficie en que se trabajara en este caso es una superficie lisa con baldosines y las condiciones ambientales indican que debe de ser en acero inoxidable.

El rodachin que se selecciono es comercial y es de la empresa IMSA serie 14 y 15 sus características se pueden analizar en la tabla A-7.

Tabla A-7: Características de rodachin seleccionado [26]

	Diámetro :3" y 4"
	Capacidad de carga : 60-90 Kg
	Rodachinas ensambladas con un tenedor jo o giratorio con doble pista de esferas en acero inoxidable y ruedas PB, PU, AT o Nylon. Se ofrece la alternativa de un freno para la rueda, el cual puede ser instalado en el campo.
	USOS: Para pisos húmedos, ambientes con agentes químicos, detergentes o agentes corrosivos que requieran una muy buena limpieza. Áreas donde hay lavado con agua. Ideal para restaurantes, industria farmacéutica y de cosméticos, hospitales y lavanderías.

A.3.3 Cálculo de Motorreductor

El factor de potencia (FP) es una medida que relaciona la potencia utilizada para realizar trabajo (potencia activa) con la potencia para la cual debe ser dimensionado un equipo (potencia aparente). "Estas cantidades difieren debido a la existencia de la denominada



'potencia reactiva', que corresponde a la parte de la potencia que va y viene entre algunos componentes del sistema, pero que, en promedio, no genera trabajo [27].

El movimiento del motorreductor en la banda se puede analizar en la siguiente figura A-16 en donde el círculo señala el eje motriz conectado con este por medio de un acople, que hace posible el movimiento de los demás rodillos y tambores de presión, además en la figura A-17 se puede observar el diagrama de cuerpo libre de la transmisión de la banda transportadora con sus respectivos números de ejes descritos con anterioridad.

Figura A-16: Funcionamiento de la banda

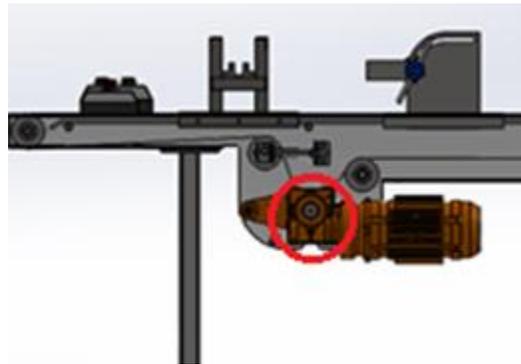
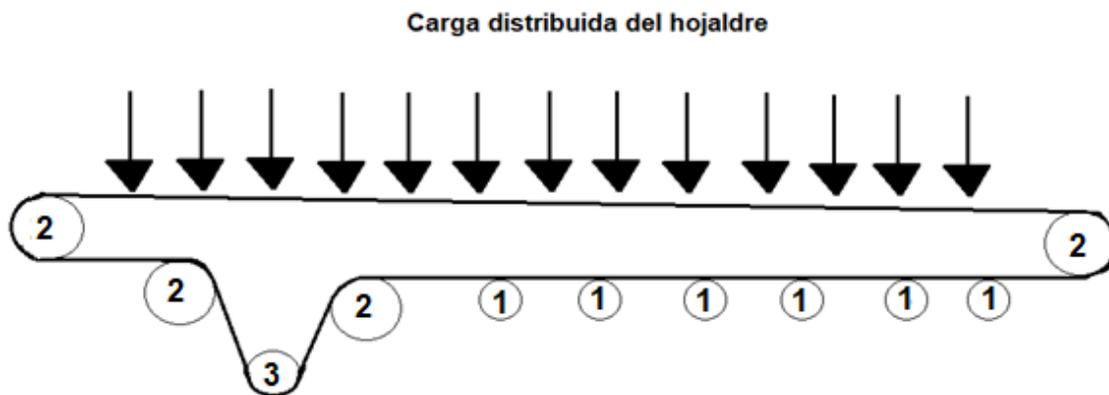


Figura A-17: Diagrama de cuerpo libre de la transmisión de la máquina



-Según la ficha técnica del tipo de material que está elaborado la banda transportadora tiene una densidad de $35 \text{ Kg} / \text{m}^3$ y tiene un coeficiente de rozamiento dinámico con el acero de 0.60 N/m y regular resistencia al desgaste. Este producto es aprobado para el contacto con alimentos.



Según el catálogo de Wesco el cual puede visualizar en tabla A-8 el acero AISI 304 tiene una densidad de 7.93 g/cm^3 , y posee una resistencia a la tracción de 1100 MPa

Tabla A-8: características de acero AISI 304 [28]

Propiedades Físicas	
Densidad (g/cm^3)	7,93
Punto de Fusión (C)	1400-1455
Propiedades Mecánicas	
Alargamiento (%)	<60
Dureza Brinell	95
Impacto Izod (J m^{-1})	20-136
Módulo de Elastico (GPa)	190-210
Resistencia ultima (MPa)	515-740
Resistencia de fluencia(MPa)	250-600

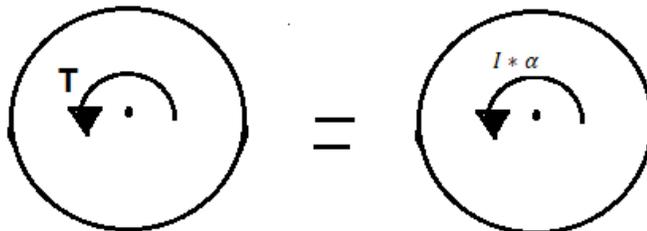
Por medio de la segunda ley de Newton sabemos que:

$$\Sigma F = m * a$$

$$\Sigma M = I * \alpha$$

Trasladando esto al eje principal del motor tenemos (observar figura A-18)

Figura A-18: Diagrama de fuerzas actuantes en eje del motor



$$\alpha = \frac{dw}{dt}$$



$$\alpha * dt = dw$$

$$\alpha * t = w_f - w_i$$

$$\alpha * t = w_f$$

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

Tiempo de encendido del motorreductor debe ser 2 segundos, debido al mismo proceso comercialmente se puede conseguir un motorreductor de 1650 rpm/120 rpm.

$$W = 120 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi}{60} = 12.57 \frac{rad}{s}$$

$$\alpha = \frac{12.57 \frac{rad}{s}}{2 s}$$

$$\alpha = 6.285 \frac{rad}{s^2}$$

α Del eje del motor.

Ahora se aplica la segunda ecuación de Newton para el eje principal

$$F_{R(radius)} + T = I * \alpha$$

$$\alpha = 6.285 \frac{rad}{s}$$

En donde la inercia (I), corresponde a la de todos los cuerpos que debe mover el motor trasladada al eje del motor.

Eje principal (3): tiene un volumen de $403,76 \text{ cm}^3$, es de acero AISI 304, este dato se obtiene con la ayuda de Solidworks.

4 ejes (2) sujetadores: tiene un volumen de 142.31 cm^3 , es de acero AISI 304, este dato se obtiene con la ayuda de Solidworks.

6 Ejes (1) transmisoras: tiene un volumen de 35.57 cm^3 , es de acero AISI 304, este dato se obtiene con la ayuda de Solidworks.

6 rodillos de ejes transmisoras: tiene un volumen de 222.36 cm^3 , hecho en acero AISI 304, dato obtenido por Solidworks.



4 rodillos de ejes sujetadoras: tiene un volumen de 1681 cm^3 , hecho en acero AISI 304, dato obtenido por Solidworks.

Banda: tiene un volumen de 592.54 cm^3 hecha de Poliuretano.

Rodamiento SKF 6000: tienen una masa de 0.02 Kg , el dato es tomado del catálogo de SKF.

Rodamiento SKF 6004: tienen una masa de 0.07 Kg , el dato es tomado del catálogo de SKF

Rodamiento SKF UCF 205: tienen una masa de 0.81 Kg , el dato es tomado del catálogo de SKF

Inercias trasladadas donde:

$$N_e = \text{rpm eje}$$

$$N_m = \text{rpm motor}$$

$$v = \text{velocidad lineal}$$

Eje principal

$$I = \frac{1}{2} * v * \rho * r^2 * \left(\frac{N_e}{N_m}\right)^2$$

$$I = \frac{1}{2} * 403,76 \text{ cm}^3 * \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) * \left(\frac{3}{2}\right)^2 * \left(\frac{2}{12.5}\right)^2$$

$$I = 92.21 \text{ g.cm}^2$$

Ejes sujetadores

$$I = \frac{1}{2} * v * \rho * r^2 * \left(\frac{N_e}{N_m}\right)^2$$

$$I = \frac{1}{2} * 142.31 \text{ cm}^3 * \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) * \left(\frac{2}{2}\right)^2 * \left(\frac{2}{12.5}\right)^2$$

$$I = 14.44 \text{ g.cm}^2 * 4 = 57.78 \text{ g.cm}^2$$



Ejes transmisores

$$I = \frac{1}{2} * v * \rho * r^2 * \left(\frac{N_e}{N_m}\right)^2$$

$$I = \frac{1}{2} * 35.57 \text{ cm}^3 * \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) * \left(\frac{1}{2}\right)^2 * \left(\frac{2}{12.5}\right)^2$$

$$I = 0.90 \text{ g. cm}^2 * 6 = 5.4 \text{ g. cm}^2$$

-rodillos de ejes transmisoras

$$I = \frac{1}{2} * v * \rho * r^2 * \left(\frac{N_e}{N_m}\right)^2$$

$$I = \frac{1}{2} * 222.36 \text{ cm}^3 * \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) * \left(\frac{2.5}{2}\right)^2 * \left(\frac{2}{12.5}\right)^2$$

$$I = 35.26 \text{ g. cm}^2 * 6 = 211.56 \text{ g. cm}^2$$

Rodillos de ejes sujetadoras

$$I = \frac{1}{2} * v * \rho * r^2 * \left(\frac{N_e}{N_m}\right)^2$$

$$I = \frac{1}{2} * 1681 \text{ cm}^3 * \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) * \left(\frac{7}{2}\right)^2 * \left(\frac{2}{12.5}\right)^2$$

$$I = 2090.19 \text{ g. cm}^2 * 4 = 8360.78 \text{ g. cm}^2$$

Banda

$$I = \frac{\rho * v}{4\pi^2} * \left(\frac{60 * v}{rpm}\right)^2$$

$$I = \frac{(35000 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}) * (592.54 \text{ cm}^3)}{4\pi^2} * \left(\frac{60 * 15}{120}\right)^2$$

$$I = 29549389.15 \text{ g. cm}^2$$

Rodamiento SKF 6000

$$I = \frac{1}{2} * m * r^2 * \left(\frac{N_e}{N_m}\right)^2$$



$$I = \frac{1}{2} * 20 g * \left(\frac{1}{2}\right)^2 * \left(\frac{2}{12.5}\right)^2 * 12$$

Se multiplica por 12 porque son 12 rodamientos.

$$I = 0.768 g.cm^2$$

Rodamiento SKF 6004

$$I = \frac{1}{2} * m * r^2 * \left(\frac{N_e}{N_m}\right)^2$$

$$I = \frac{1}{2} * 70 g * \left(\frac{2}{2}\right)^2 * \left(\frac{2}{12.5}\right)^2 * 8$$

Se multiplica por 8 porque son 8 rodamientos.

$$I = 7.168 g.cm^2$$

Rodamiento SKF UCF 205

$$I = \frac{1}{2} * m * r^2 * \left(\frac{N_e}{N_m}\right)^2$$

$$I = \frac{1}{2} * 810g * \left(\frac{2.5}{2}\right)^2 * \left(\frac{2}{12.5}\right)^2 * 2$$

Se multiplica por 2 porque son 2 rodamientos.

$$I = 32.4 g.cm^2$$

$$I_{total} = (92.21 g.cm^2) + (57.78 g.cm^2) + (5.4g.cm^2) + (211.56 g.cm^2) \\ + (8360.78 g.cm^2) + (29549389.15g.cm^2) + (0.768 g.cm^2) \\ + (7.168 g.cm^2) + (32.4 g.cm^2)$$

$$I_{total} = 29558157.22cm^2 * \frac{1kg}{1000g} * \left(\frac{1m}{100cm}\right)^2$$

$$I_{total} = 29.55 Kg.m^2$$

Retomando la ecuación principal $-FR_{radio} + T = I * \alpha$

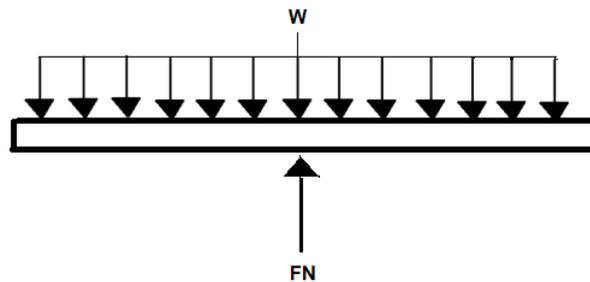
Coefficiente de fricción dinámico ($\mu = 0.60$)



Análisis De Fuerza De Rozamiento

Para esto se analizará el siguiente diagrama de cuerpo libre de la banda transportadora representado en la figura A-19

Figura A-19: DCL de la banda



$$W = F_N$$

$$F_R = F_N * \mu$$

$W = \text{Capacidad de carga}$, este ya fue hallado en un anterior y es igual a 315 N

$$F_r = 315N * 0.60$$

$$F_r = 189N$$

Radio del eje del motor es igual a 3 cm que equivalen a 0.03m

$$T = I * \alpha + F_{R(\text{radio})}$$

$$T = (29.55 \text{ Kg.} \cdot \text{m}^2) \left(6.265 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right) + (189 \text{ N})(0.03\text{m})$$

$$T = 190.80 \text{ Nm}$$

Conocemos:

$$pot = T * w$$

$$pot = (190.80 \text{ Nm}) \left(\frac{12.57 \text{ rad}}{\text{s}} \right)$$

$$pot = 2398.35 \text{ Watt}$$



$$pot = 2.39 \text{ KW} * \frac{0.746 \text{ HP}}{1 \text{ KW}} = 1.78 \text{ HP}$$

Se elige un motorreductor de 2 HP 1800 rpm según el catálogo de Siemens de la tabla A-9 y debido a que en algunos momentos del proceso este puede generar una sobrecarga como en el momento del sellado, también se debe aclarar que se usará un variador de frecuencia para regular el poder de este motor y hacerlo trabajar a menos del 50% de su capacidad.

Tabla A-9: Catálogo de siemens [29]

Potencia en HP	Descripción			Modelo	
	Velocidad en RPM	Tensión a 60Hz en Volts	Tamaño Armazón NEMA	GP10 Con Brida C Catálogo Spiridon	JM10 BC + espiga JM Catálogo Spiridon
0.5	900	208-230/460	143TC	*	*
0.75	1800	208-230/460	143TC	A7B10000048473	A7B10000048493
	1200	208-230/460	143TC	A7B10000048492	*
	900	208-230/460	145TC	*	*
1	3600	208-230/460	143TC	A7B10000046342	A7B10000047501
	1800	208-230/460	143TC	A7B10000046337	A7B10000046300
	1200	208-230/460	145TC	*	*
	900	208-230/460	182TC	*	*
1.5	3600	208-230/460	143TC	A7B10000046338	A7B10000046298
	1800	208-230/460	145TC	A7B10000046339	A7B10000047503
	1200	208-230/460	182TC	*	*
	900	208-230/460	184TC	*	*
2	3600	208-230/460	145TC	A7B10000046350	A7B10000046299
	1800	208-230/460	145TC	A7B10000046351	A7B10000046301
	1200	208-230/460	184TC	*	*
	900	208-230/460	213TC	*	*

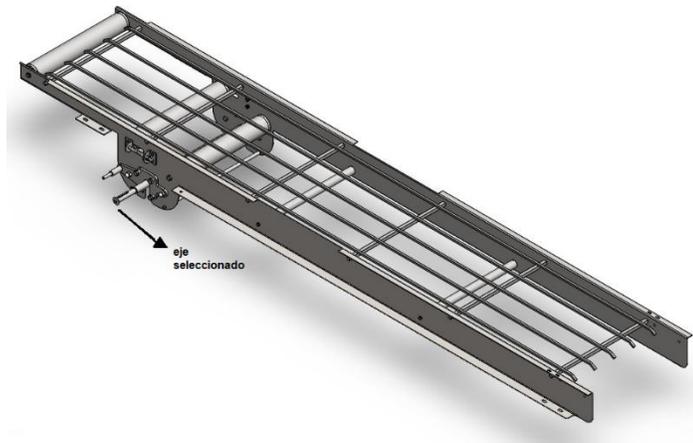
A.3.4 Análisis del eje

En los ejes de máquinas son importantes los esfuerzos y las deformaciones producidos por la acción de las cargas actuantes ya que pueden incidir en el comportamiento de los elementos constitutivos de la transmisión, en este sentido las deformaciones permitidas en los ejes de las maquinas son más exigentes y requieren por tanto un análisis más detallado que los ejes de transmisión [30].

En la figura A-20 se puede visualizar el esquema el conjunto el cual se señala el eje seleccionado Todos los cuerpos están sometidos al mismo torque y están fabricados en AISI 304 teniendo una resistencia a la tracción de 460 MPa y un límite elástico de 210 GPa dato tomado de la ficha técnica de la tabla A-8



Figura A-20: Esquema del conjunto



Calculando el torque de trabajo

$$T = F * d$$

$$F = \frac{T}{d} \rightarrow F_1 = F_2$$

$$\frac{T_2}{d_2} = \frac{T_1}{d_1}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{d_2}{d_1} \right)$$

$$T_2 = 190.80 Nm \left(\frac{3}{2.5} \right)$$

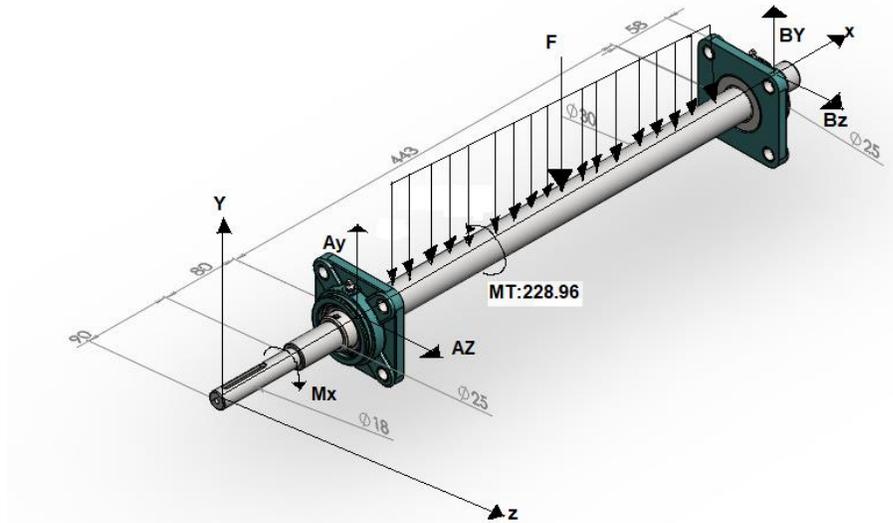
$$T_2 = (11.35 N.m)(4.2)$$

$$T_2 = 228.96 N.m$$

En la siguiente figura A-21 y A-22 se puede visualizar el diagrama de fuerzas y su respectivo diagrama de cuerpo libre con sus dimensiones.



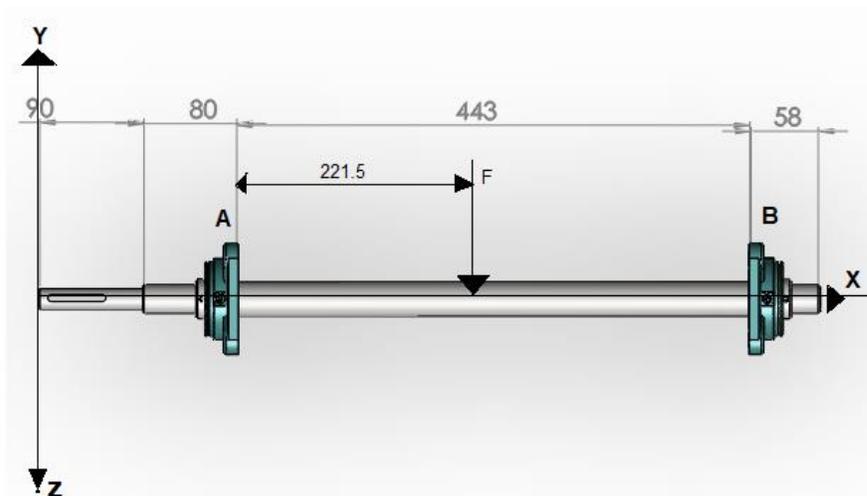
Figura A-21: Diagrama de fuerzas en el eje



$$F = W(L)$$

$$F = 711 \frac{N}{m} (0.443m) = 315N$$

Figura A-22: Diagrama de cuerpo libre del eje



$$\Sigma M_x = 0$$



$$-T + M_x = 0$$

$$T = M_x = 228.96 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$A_y - 315\text{N} + B_y = 0$$

$$\Sigma F_z = 0$$

$$A_z + B_z = 0$$

$$\Sigma M_z = 0$$

$$-315\text{N}(0.22) + B_y(0.44) = 0$$

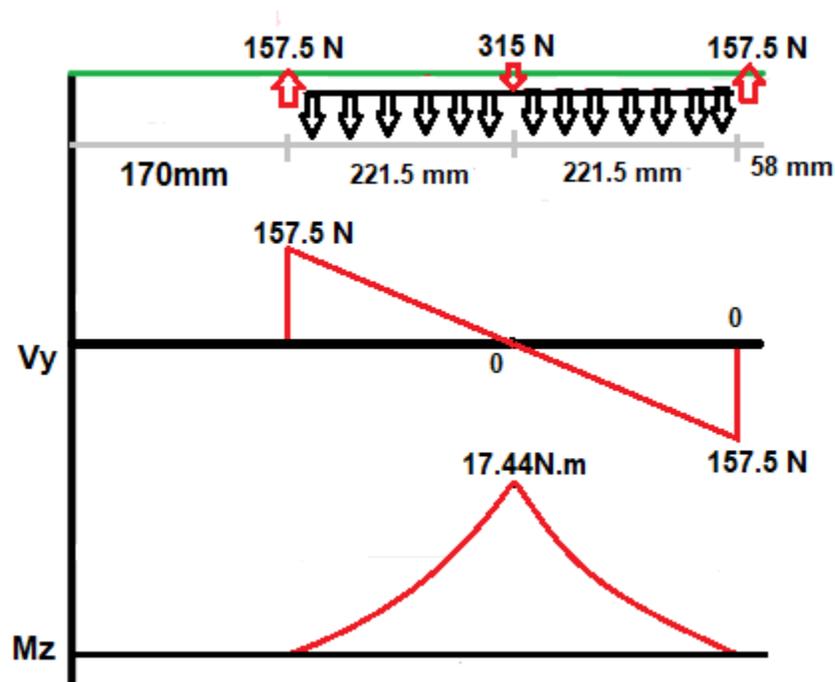
$$B_y = 157.5\text{N}$$

$$A_y = 157.5\text{N}$$

$$B_z = A_z = 0$$

DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PLANO XZ

Figura A-23: Diagrama de momentos





Calculo esfuerzos del eje

$$M_y = 0$$

$$M_z = 17.44 \text{ N} * \text{m}$$

$$V_y = -157.5 \text{ N}$$

$$V_z = 0$$

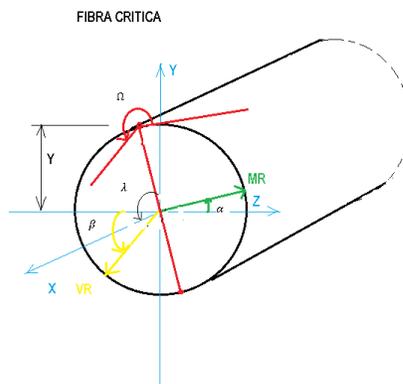
$$M_R = \sqrt{M_y^2 + M_z^2} = \sqrt{(17.44 \text{ N} * \text{m})^2} = 17.44 \text{ N} * \text{m}$$

$$V_R = \sqrt{V_y^2 + V_z^2} = \sqrt{(-157.5 \text{ N})^2} = 157.5 \text{ N}$$

Calculo fibra crítica

Con estos cálculos podemos proceder a efectuar el diagrama de fibra crítica:

Figura A-24: Fibra crítica



$$\alpha = \tan^{-1} \frac{M_y}{M_z} = 0$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{V_y}{V_z} = 0$$

$$\psi = 90 - \alpha = 90^\circ - 0 = 90^\circ$$

$$y = 0.015 * \sin \psi = 0.015 * \sin 90^\circ = 0.015 \text{ mm}$$



$$\varphi = 90 + \alpha + (90 - \beta) = 180^\circ$$

Inercias

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2 = \frac{\pi}{4} * 30^2 = 706.86 \text{ mm}^2 = 7.06 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I = \frac{\pi}{64} * d^4 = \frac{\pi}{64} * 30^4 = 39760.78 \text{ mm}^4 = 3.97 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

$$J = \frac{\pi}{32} * d^4 = \frac{\pi}{32} * 30^4 = 79521.56 \text{ mm}^4 = 7.950 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

Esfuerzos resultantes (ver Ecuación (A.14))

$$\sigma_R = \frac{F}{A} + \frac{M * c}{I} \tag{A.14}$$

$$\sigma_R = \frac{0}{7.06 \times 10^{-4} \text{ m}^2} + \frac{17.44 \text{ Nm} * 0.015 \text{ m}}{3.97 \times 10^{-8} \text{ m}^2}$$

$$\sigma_R = 6.58 \text{ MPa}$$

$$\tau_T = \frac{T * c}{J}$$

$$\tau_T = \frac{228.96 \text{ N.m} * 0.015 \text{ m}}{7.950 \times 10^{-8} \text{ m}^2}$$

$$\tau_T = 43.2 \text{ MPa}$$

$$\tau_v = \frac{k * VR}{A} \left(1 - \frac{y^2}{c^2} \right)$$

$$\tau_v = \frac{4}{3} \frac{157.5 \text{ N}}{7.06 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \left(1 - \frac{0^2}{0.015^2} \right)$$

$$\tau_v = 0.2974 \text{ MPa}$$

Esfuerzo por fuerza cortante total

$$\tau_R = \sqrt{\tau_v^2 + \tau_T^2 - 2\tau_v\tau_T \cos \varphi} = \sqrt{0.2974^2 + 43.2^2 - 2(0.2974)(43.2) \cos 180^\circ}$$

$$\tau_R = 43.49 \text{ MPa}$$

Esfuerzos máximos por círculo de Mohr (ver Ecuación (A.15))

$$\sigma_{med} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \tag{A.15}$$



$$\sigma_{med} = \frac{0 + 6.58 \text{ Mpa}}{2}$$

$$\sigma_{med} = 3.29 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{max} = R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\tau_{max} = R = \sqrt{(3.29)^2 + (43.49)^2}$$

$$\tau_{max} = 43.61 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_a = \sigma_{med} + R = 3.29 \text{ Mpa} + 43.61 \text{ Mpa} = 46.9 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_b = \sigma_{med} - R = 3.29 \text{ Mpa} - 43.61 \text{ Mpa} = -40.32 \text{ Mpa}$$

Factor de seguridad por teoría de cortante máximo

El acero inoxidable 304 tiene un $t_y = 450 \text{ Mpa}$ según el catálogo de la tabla A-8

$$F_s = \frac{\frac{S_y}{2}}{\tau_{max}} = \frac{\frac{450}{2}}{(43.61)} = 5.15$$

Evaluación por fatiga

Como el material es en acero inoxidable 304 en presenta $S_{ut} = 515 \text{ Mpa}$ según el catalogo (ver Ecuación (A.16))

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S_e' \quad (\text{A.16})$$

Factor de acabado de superficies (ver Ecuación (A.17))

$$k_a = a * S_{ut}^b \quad (\text{A.17})$$

Para aceros laminados en caliente: $a = 57.7$ y $b = -0.718$

$$k_a = 57.7 * 515^{-0.718} = 0.65$$

Factor de tamaño

$$k_b = 1.24 * d^{-0.107} \quad \text{Para ejes con } 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm}$$

$$k_b = 1.24 * 30^{-0.107} = 0.86$$

Factor de carga

$$k_c = 1 \quad \text{Debido a flexión}$$



Factor de temperatura

$k_d = 1$ Para temperaturas por debajo de 450°C

Factor debido a esfuerzos diversos (ver Ecuación (A.18))

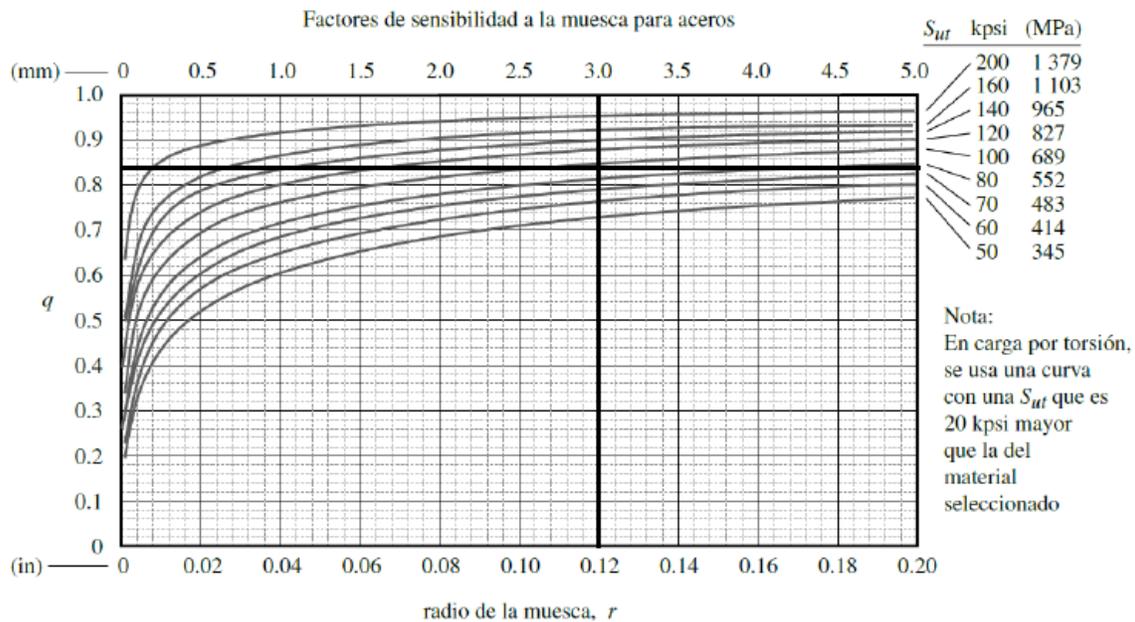
$$k_e = \frac{1}{k_f} \quad (A.18)$$

$$k_f = 1 + q(k_t - 1)$$

$$muesca = \frac{d}{10} = \frac{30}{10} = 3 \text{ mm}$$

Para determinar q y k_t , se basará primordialmente en las márgenes mostradas a continuación en la figura A-25 y A-26

Figura A-25: Factor de sensibilidad a la muesca [31].



Por lo tanto, se obtiene un valor de:

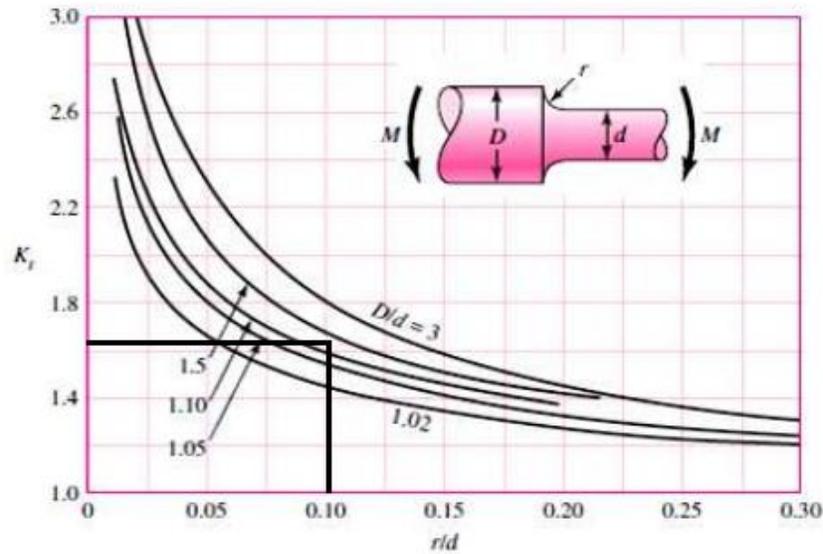
$$q = 0.84$$

$$\frac{D}{d} = \frac{30}{25} = 1.2$$

$$\frac{r}{d} = \frac{3}{30} = 0.1$$



Figura A-26: Eje redondón con filete en el hombro en flexión [32]



$$k_t = 1.61$$

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) = 1 + 0.84(1.61 - 1) = 1.5124$$

$$k_e = \frac{1}{k_f} = \frac{1}{1.5246} = 0.661$$

Límite de resistencia a la fatiga

$$S'_e = 0.504S_{ut} \quad \text{Para } S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa}$$

$$S'_e = 0.504 * 515 = 259.56 \text{ MPa}$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S'_e = 0.65 * 0.86 * 1 * 1 * 0.661 * 259.56 = 95.907 \text{ MPa}$$

Cálculo de σ_A y σ_{med}

Totalmente alternante

$$\sigma_A = \sigma_R = 6.58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{med} = 0$$



Resistencia a la fatiga por Goodman (ver Ecuación (A.19))

$$\frac{\sigma_A}{S_e} + \frac{\sigma_{med}}{S_{ut}} = \frac{1}{F_s} \quad (\text{A.19})$$

$$\frac{6.58 \text{ MPa}}{95.907 \text{ MPa}} + \frac{0 \text{ MPa}}{515 \text{ MPa}} = \frac{1}{F_s}$$

$$F_s = 14.47$$

A.3.5 Cálculos de análisis estructural estático

Después de examinar la maquina por medio del software Solidworks de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora), se llega a la conclusión de que la zona más crítica corresponde a la estructura de la banda transportadora y el cual se es necesario un buen análisis de uniones atornilladas y se puede visualizar en la figura A-27 y A-28.

Figura A-27: Análisis estructural estático

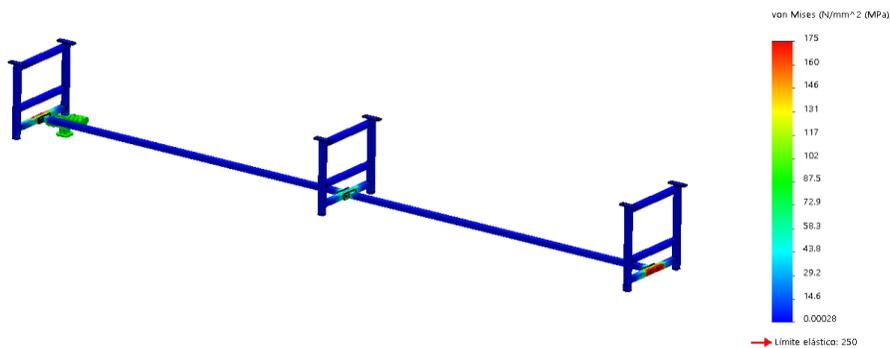
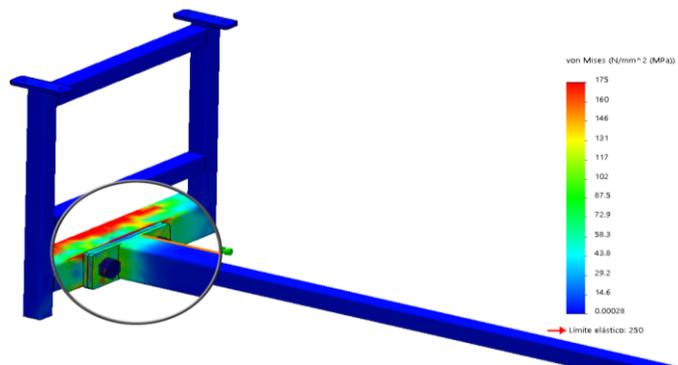


Figura A-28: Análisis estructural estático



En el trazado de tensiones obtenido a través de la simulación se obtuvo el valor de esfuerzo máximo es de 175 Mpa ubicado en la sección inferior de la estructura, si bien es



un valor considerable se encuentra muy por debajo del valor máximo requerido para alcanzar al esfuerzo de fluencia del material 304 descrito en Wesco que es 250 Mpa.

Después de esto se realiza el trazado de deformaciones obtenido a través de la simulación los cuales se pueden visualizar en las figuras A-29 y A-30, en donde se obtuvo que los valores de deformación de los elementos que sufren mayor condición de estrés varían en un rango de entre 0.005 - 0.3mm.

Figura A-29: Análisis estructural estático

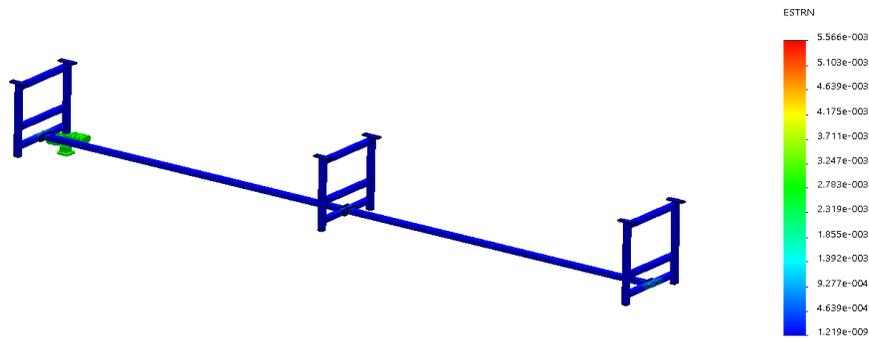
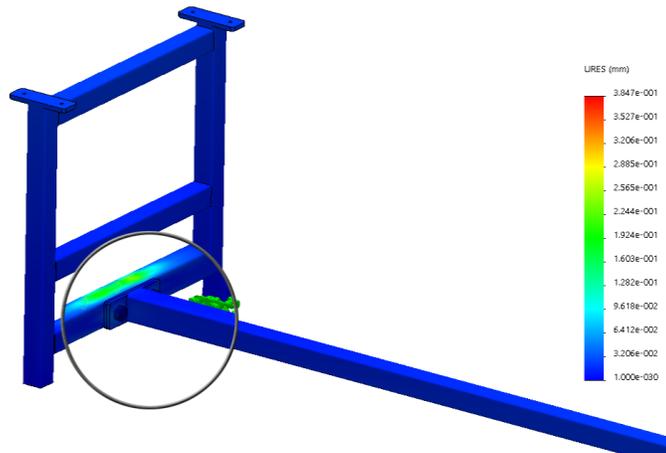


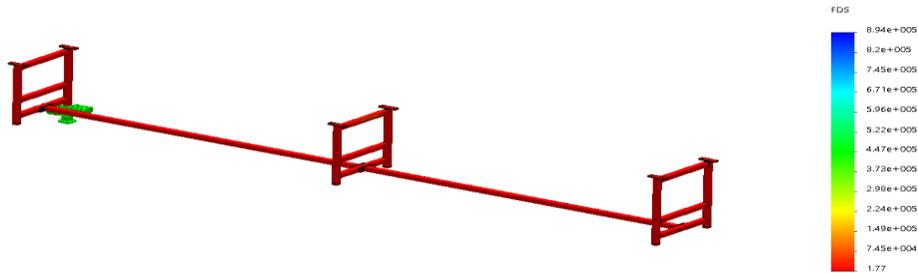
Figura A-30: Análisis estructural estático



Enseguida en el trazado del factor de seguridad el cual se pueden observar en la figura A-31, se obtuvo un valor mínimo general de 1.77 el cual nos indica que la estructura presenta una condición de respuesta estable para la condición de carga a la cual está sometida



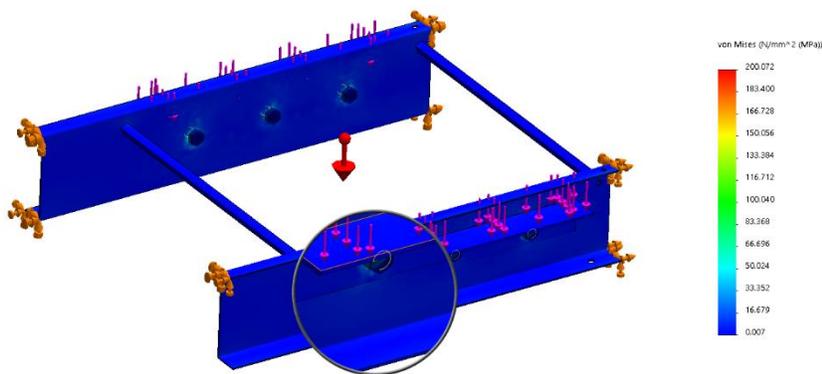
Figura A-31: Análisis estructural estático



Análisis estáticos sección superior de la banda

En el trazado de tensiones obtenido a través de la simulación los cuales se pueden visualizar en la figura A-32, se obtuvo el valor de esfuerzo máximo es de 200 Mpa ubicado en los puntos de anclaje de las uniones atornilladas, este valor representa un 80% del valor máximo necesario para alcanzar el punto de fluencia del material usado en esta sección.

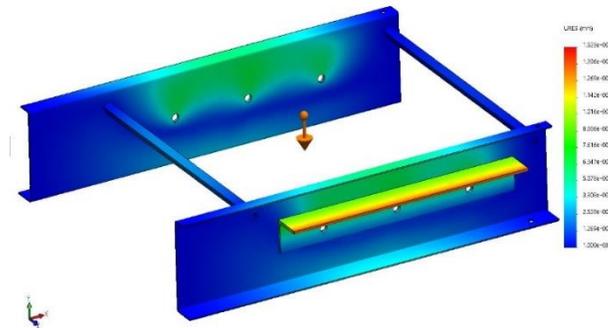
Figura A-32: Análisis estructural estático



Después de esto se realiza el trazado de deformaciones obtenido a través de la simulación se pueden observar en la figura A-33, se obtuvo que el máximo valor de deformación alcanzado es de 0.15 mm ubicado en las periferias del perfil donde descansa el sistema de inyección de la máquina.



Figura A-33: Análisis estructural estático



Después en el trazado de Factor de seguridad el cual se pueden observar en la figura A-34, se obtuvo un valor mínimo general de 2.26 el cual nos indica que la estructura de la sección superior presenta una condición de respuesta óptima para la condición de carga a la cual está sometida.

Figura A-34: Análisis estructural estático



A.3.6 Manufactura del sistema de banda transportadora

Este sistema consta de dos partes, una de estas es la estructura que contiene los rodachines que hace posible la movilidad del equipo en el área de trabajo, la cual se puede observar ensamblada con sus respectivas medidas (unidades en metros) en la figura A-35.

Figura A-35: Medidas de banda transportadora





En esta parte del sistema se puede encontrar las siguientes piezas las cuales serán despiezadas y explicadas con sus respectivos procesos de manufactura para cada uno de sus componentes a continuación

Figura A-36: Pieza de parte inferior de banda transportadora

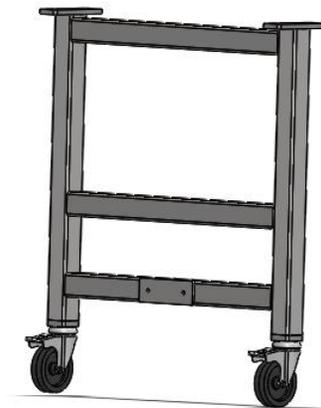


Figura A-37: Vista explosionada de parte inferior de banda transportadora

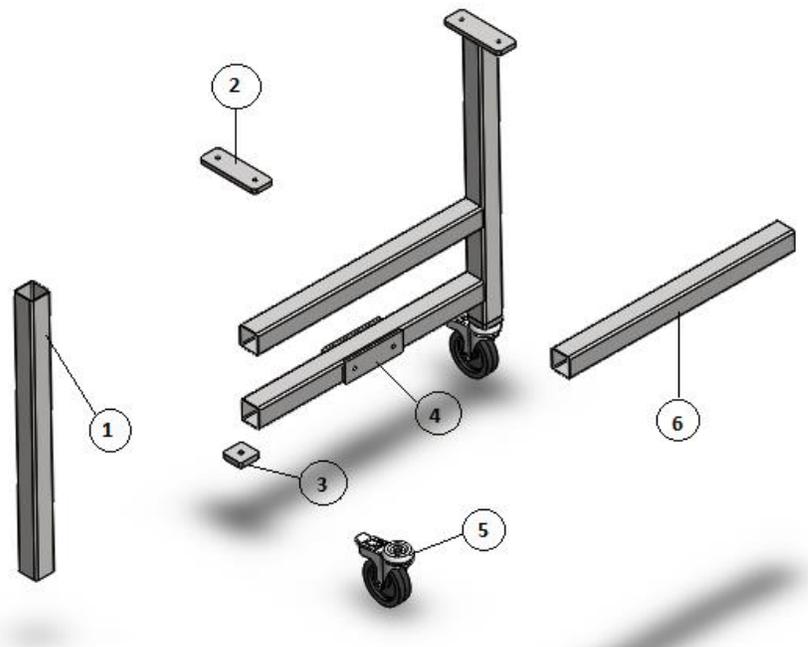




Figura A-38: Vista explosionada de parte inferior de banda transportadora

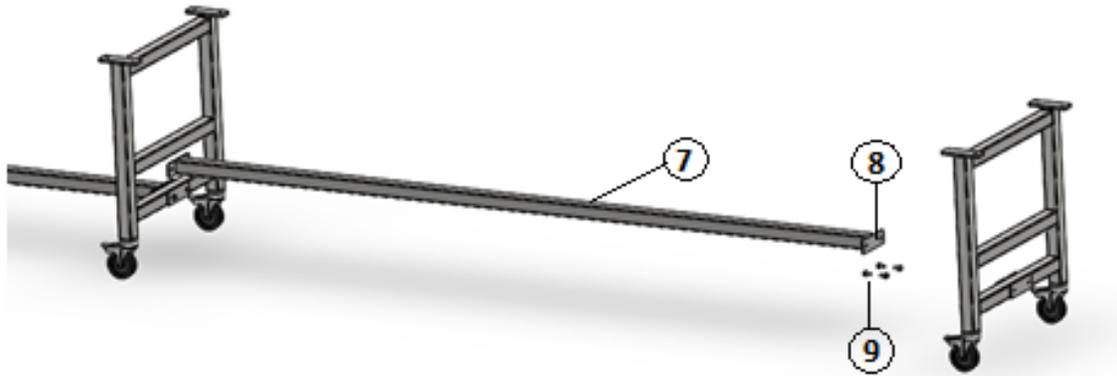
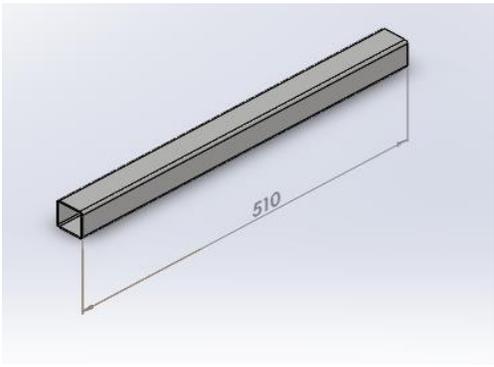
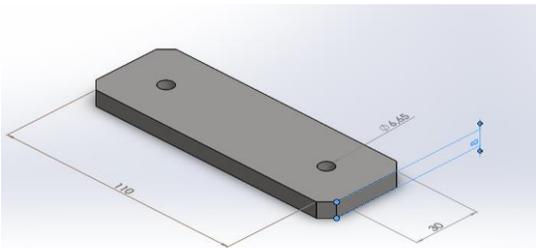
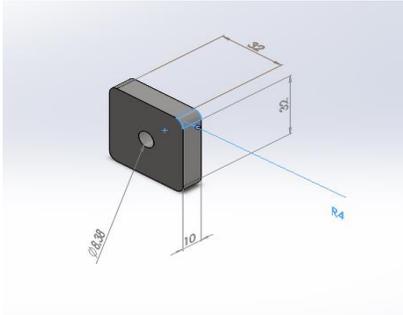
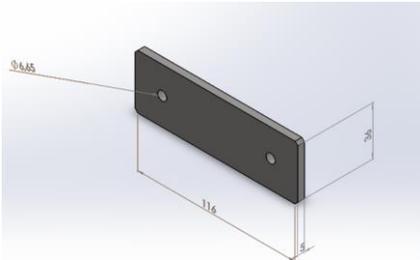
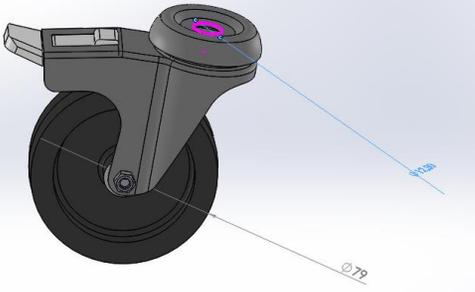




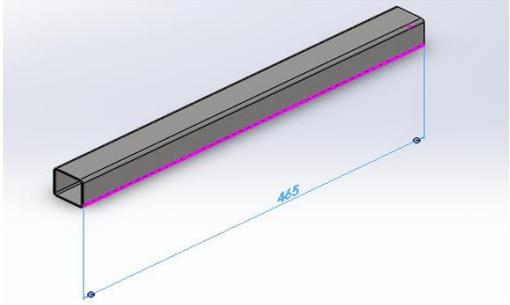
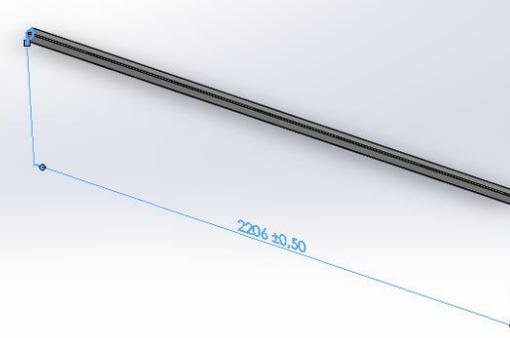
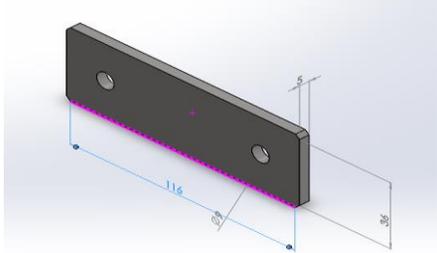
Tabla A-10: Manufactura de piezas de banda transportadora

Numero	Cantidad	Imagen	Material	Proceso
1	6		Perfil cuadrado en acero inoxidable 304 de 1 1/2" por 3.06 metros	Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada y además de soldadura en el extremo de estas con las platinas y de forma horizontal a los otros tres perfiles especificados.
2	6		Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 8 mm de espesor con dimensiones de 110mm por 240mm	Para la fabricación de estas platinas se es necesario primero cortarlas a la medida necesario, enseguida se perfora en dos ocasiones estas con una broca de 1/4" y se hace por último la aplicación de los cordones de soldadura en el medio de cada una con un extremo del perfil cuadrado explicado anteriormente

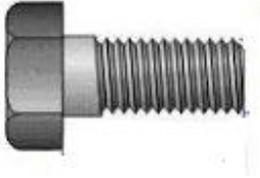


3	6		Lamina de polietileno de baja densidad de 10 mm de espesor de 35mm por 210 mm	Para la manufactura de estos tapones se inicia cortando estos a la medidas especificadas en los planos además se tiene que perforar en el medio de estos con una broca de 5/16" por último se hace una rosca en esta perforación para la adaptación del rodachin y ensamblar a presión con el perfil rectangular de la pieza número 1
4	6		Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 5 mm de espesor con dimensiones de 120mm por 220mm	Para la fabricación de estas platinas se es necesario primero cortarlas a la medida necesario en el material requerido, enseguida se perfora en dos ocasiones estas con una broca de 5/16" y se hace por último la aplicación de los cordones de soldadura en los extremos de cada una, en el medio del perfil cuadrado.
5	6		Rodachin de 3"-4" con capacidad de 60-90 KG, seleccionado con anterioridad en los cálculos de esta.	Instalación de estas por medio de un tornillo de 1/2" que se ajustara en medio de estos rodachines y el cual se atornillara a los orificios roscados de los tapones explicados anteriormente.



6	9		Perfil cuadrado en acero inoxidable 304 de 1 1/2" por 4.2 metros	Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada y además de soldadura en el medio con las platinas de la pieza número 4 y de forma en los extremos de vertical a los perfiles rectangular, por último se perfora 1 de los perfiles con las broca de 1/4" teniendo en cuenta el agujero de las platinas soldadas anteriormente.
7	2		Perfil cuadrado en acero inoxidable 304 de 1 1/2" por 4.5 metros	Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada y además de soldadura en el medio con las platinas de la pieza número 8
8	4		Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 5 mm de espesor con dimensiones de 120mm por 150mm	Para la fabricación de estas platinas se es necesario primero cortarlas a la medida necesario en el material requerido, enseguida se perfora en dos ocasiones estas con una broca de 11/32" y se hace por último la aplicación de los cordones de soldadura en el medio de cada una con un extremo del perfil cuadrado explicado anteriormente.

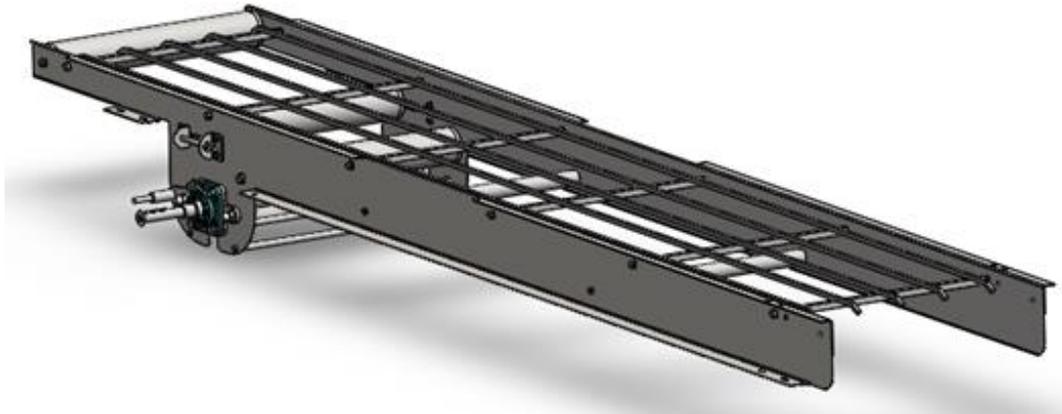


9	6		Tornillos cabeza hexagonal y tuercas y guasas de 5/16" x 1 3/4" en acero inoxidable 304	Este elemento no tiene un proceso porque este es comercial, este simplemente se ajusta entre la platina N°4 y la N°6 y en el medio el perfil rectangular N°6
---	---	---	---	--



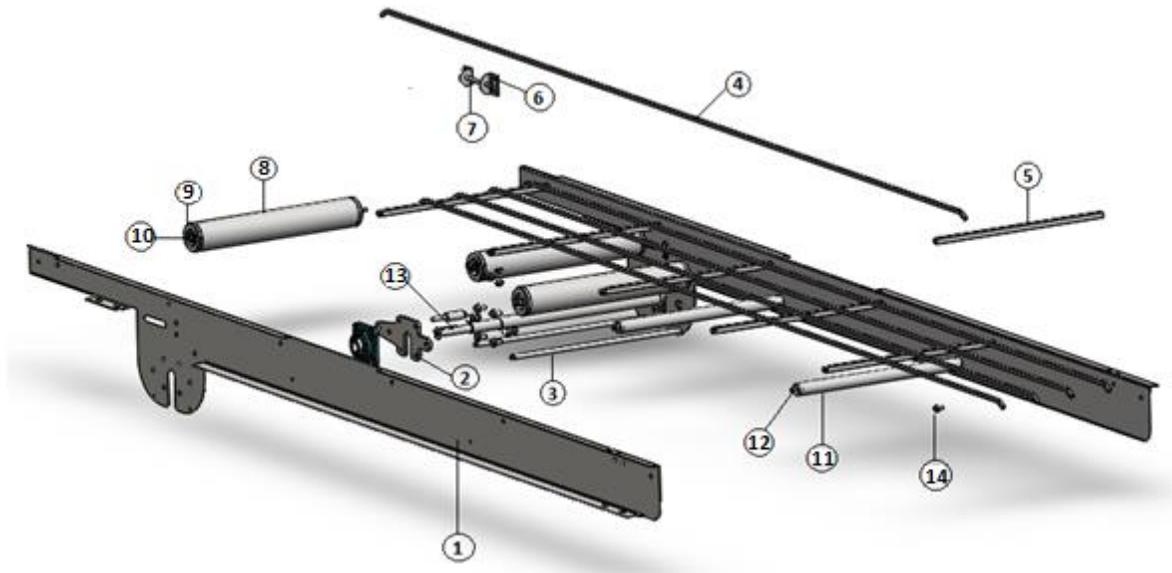
La siguiente parte de esta consta de la parte superior de esta banda la cual hace posible el movimiento del sistema gracias a los rodillos y estructura que contiene esta parte, cual se puede observar ensamblada en la figura A-39

Figura A-39: Pieza de parte superior de banda transportadora

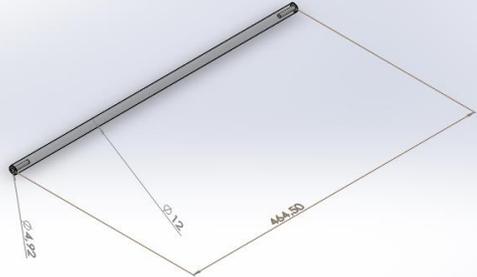
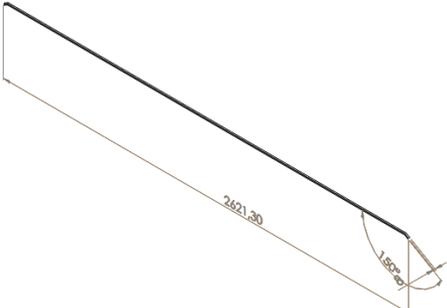
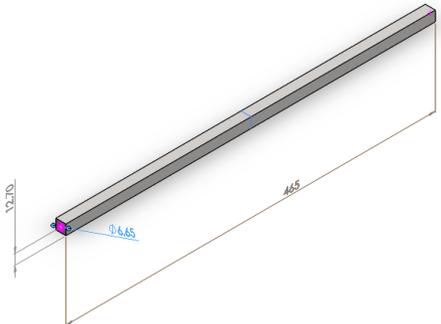


En este parte del sistema se puede encontrar las siguientes piezas las cuales serán despiezadas y explicadas con sus respectivos procesos de manufactura para cada uno de sus componentes a continuación:

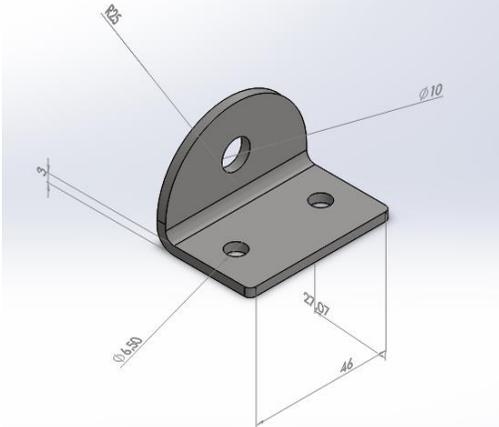
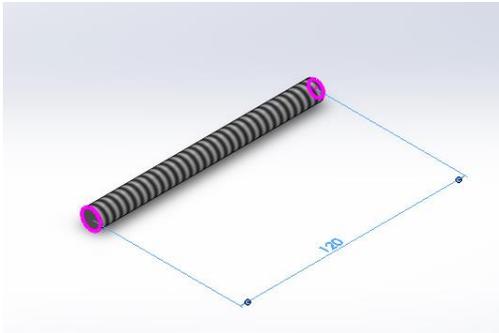
Figura A-40: vista explosionada de parte superior de banda transportadora





3	2		Eje redondo en acero inoxidable 304 de 1/2" x 1 metro	Para la manufactura de estos ejes se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto tornearse y perforar con broca de 3/16" y realizar un roscado para su ajuste.
4	10		4 ejes cuadrado en acero inoxidable 304 de 5/16" x 6 metros	Para la fabricación de estos ejes se es necesario primero su corte de acuerdo a las especificaciones además de esto realizar un proceso de dobles en sus puntas y de soldadura de forma horizontal con los ejes cuadrados N°5.
5	10		2 ejes cuadrado en acero inoxidable 304 de 1/2" x 6 metros	Para la fabricación de estos ejes se es necesario primero su corte de acuerdo a las especificaciones después de esto perforar con broca de 1/4" y realizar un roscado para su ajuste por último se realiza el proceso de soldado con la pieza N°4

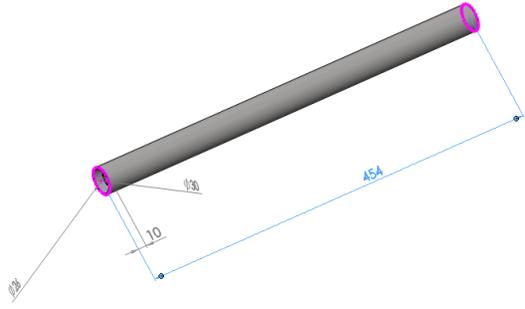
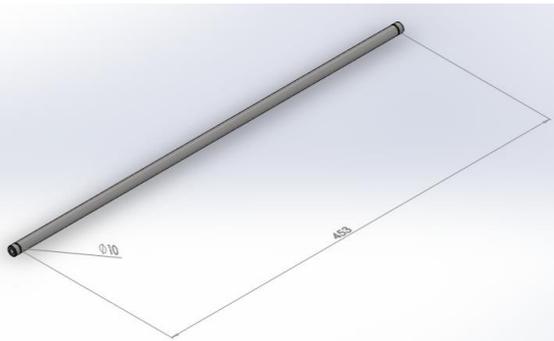


6	4		Perfil angular en acero inoxidable 304 de 1" por 19 cm	Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada y además de perforación con las brocas de 1/4" y 3/8" respectivamente para su sujeción al sistema
7	2		Varilla roscada de 3/8" x 25 cm y sus respectivas tuercas para sujeción en acero inoxidable 316.	Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada, además de ajustar una tuerca de seguridad en un lado y la otra para su ajuste.

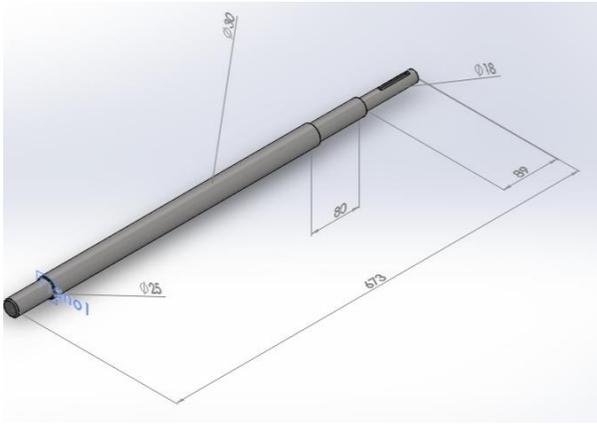
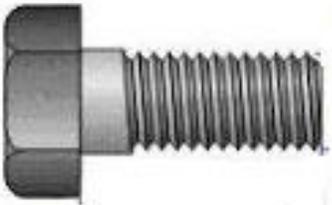


8	4		Tubo redondo en acero inoxidable 312 de 2 ½" x 1.8 metros	Para la fabricación de esta tubería se es necesario cortarlas a la medida necesaria.
9	8		Eje redondo en acero inoxidable 304 de 2 ½" x 22 cm	Para la manufactura de estos ejes se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto tornear y perforar con broca de 1 ¼".
10	4		Eje redondo en acero inoxidable 304 de 3/4" x 2 metros	Para la manufactura de estos ejes se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto tornear y perforar con broca de 3/16" y realizar un roscado para su ajuste.



11	6		Tubo redondo en acero inoxidable 312 de 1" x 2.8 metros	Para la fabricación de esta tubería se es necesario cortarlas a la medida necesaria
12	6		Eje redondo en acero inoxidable 304 de 7/16" x 2.8 metros	Para la manufactura de estos ejes se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto torneear y perforar con broca de 1/4" y realizar un roscado para su ajuste.



13	1		Eje redondo en acero inoxidable 304 de 1 1/4" x 68 cm	Para la manufactura de este eje se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto tornearse y cepillado para la realización de sus cuñas para el ajuste con el motor eléctrico.
14	32		Tornillos cabeza hexagonal tuercas y guasas de 1/4", 3/16" y 7/16" x 3/16" en acero inoxidable 304	Estos elementos no tienen un proceso porque estos son comerciales, este simplemente se ajusta de la siguiente manera: -7/16" con la pieza N°2 y 1 -3/16" con la pieza N°10 y 1 -1/4" con la pieza N°12 y 1



A.4 Sistema de dosificación

A.4.1 Calculo de uniones soldadas

Según Rodríguez Díaz “El cálculo de una unión soldada se realiza tradicionalmente en dos dimensiones. La combinación de esfuerzos considerada presenta a lo sumo tres grados de libertad (un esfuerzo cortante, un momento flector y un momento torsor)” [33].

En el diseño de la maquina se concluyó que la estructura que va a someterse a mayor carga y más crítica es el del sistema de dosificaciones, por esto esta es la sección de soldadura que será analizada, la cual cuenta dos cordones de soldadura y con pernos de sujeción por lo que es necesario, verificar que podrán soportar la carga a la cual se someterá. Pero primero debe calcular dicha fuerza con los siguientes datos:

-La estructura de sistema de dosificación está elaborada de: tubo rectangular fabricado en acero inoxidable AISI 304, nominal de 2 in x 1 in y con paredes de 1.5 mm de espesor, perfil angular fabricado en acero inoxidable AISI 304, nominal de 2 in con paredes de 3/16 in de espesor, perfil angular fabricado en acero inoxidable AISI 304, nominal de 1½ in con paredes de 1/4 in de espesor. Se puede encontrar comercialmente en “Wesco” y sus características se pueden encontrar en la tabla A-12 y A-13.

Tabla A-12: Características de tubo rectangular de 2” [34]

Grado	Dimensión	Espesor en mm	Longitud
304	1"x2"	1,2	6 mts

Tabla A-13: Características de perfiles angulares [35]

Grado	Dimensión	Espesor en Pulgadas	Longitud
304	1 1/2" X 1 1/2"	1/4"	6 mts
304	2" X 2"	3/16"	6 mts

- Según el catálogo de Wesco el cual puede visualizar en tabla A-8 el acero AISI 304 tiene una densidad de 7.93 g/cm^3 , el módulo de Young es de 210 GPa y una resistencia a la tracción de 450 MPa .

-Como la estructura es simétrica se hace un corte por la mitad y se asumirá que las cargas al otro lado serán equivalentes.

-Todos los cordones de soldadura son a solape con c igual a 3 mm . La soldadura se realiza bajo el proceso TIG ya que es el más adecuado para soldar acero inoxidable y por su presentación, los cuales se pueden evidenciar en figura A-41 y A-42.



-Los pernos seleccionados para sujetar la estructura son 3/8 in x 1.0 in fabricados en acero inoxidable AISI 304.

-La banda transportadora está hecha de Poliuretano termoplástico cuya densidad es de 35 Kg/m^3 y un espesor de 1.3 mm .

-Para determinar la carga que debe soportar la estructura se calcula la placa de estructura, el cilindro dosificador, relleno y soporte de los cilindros las cuales serán descritos a continuación, luego de sumar las masas se multiplica por la gravedad y se divide en 2 en la figura A-41 y A-42 se puede observar los dos cordones que serán analizados resaltados de color azul.

Figura A-41: Primer cordón de soldadura

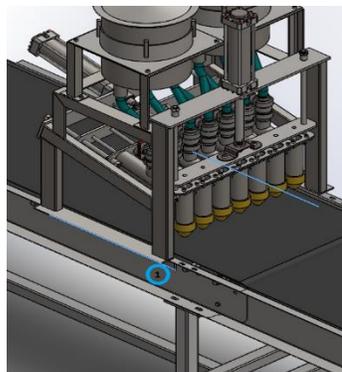
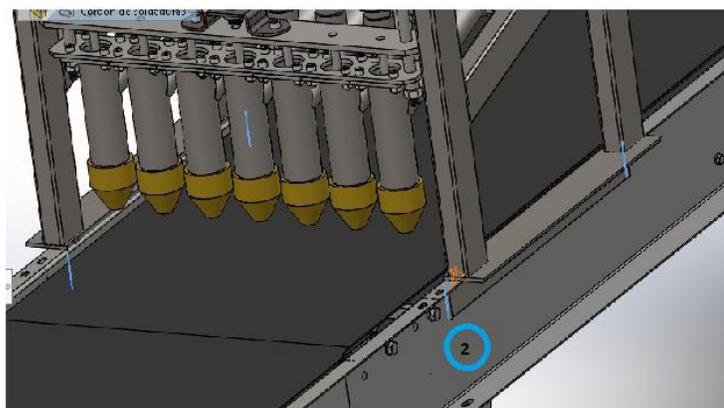


Figura A-42: Segundo cordón de soldadura



El sistema de dosificación consta de las siguientes piezas las cuales se pueden evidenciar y notar de figura A-43 y tabla A-14.



Figura A-43: Piezas de sistema de dosificación

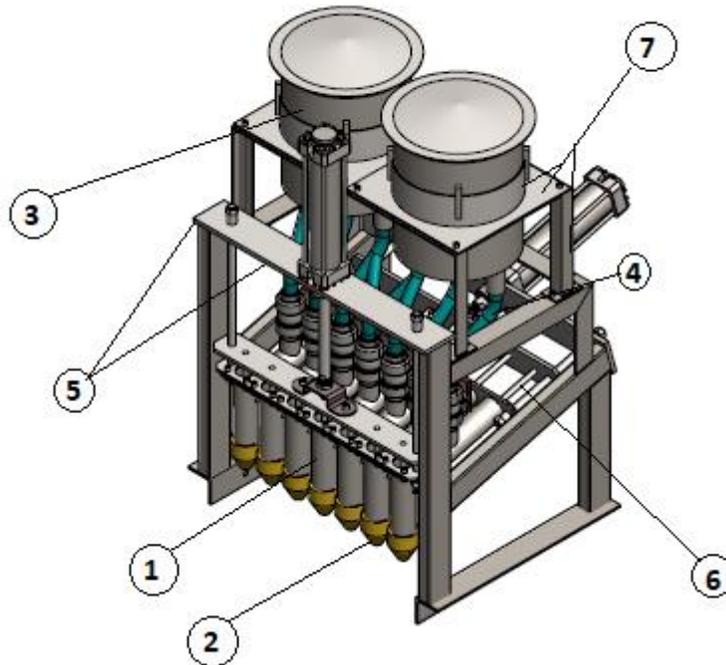


Tabla A-14: Nombre de piezas de sistema

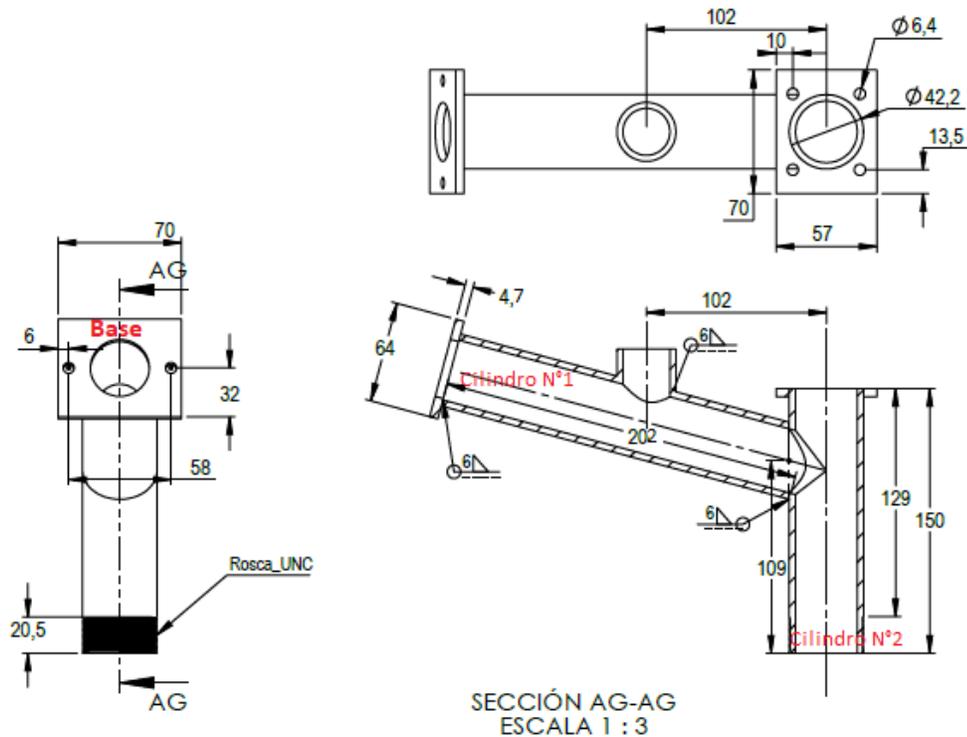
N° Pieza	Nombre
1	Cilindro dosificador
2	Boquilla
3	Tanque de masa
4	Tubo conector
5	Estructura
6	eje y pistón
7	Soporte de cilindro

Calculo de volúmenes y peso de piezas (acero AISI 304)

En el sistema de dosificación tiene 7 cilindros dosificadores con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-44.



Figura A-44: Medidas de cilindro dosificador (unidades mm)



Base

$$L = 7 \text{ cm}$$

$$L = 7 \text{ cm}$$

$$h = 0.47 \text{ cm}$$

Cilindro N°1 (Tubo redondo de 1 ¼" cedula 40, acero inoxidable AISI 304)

$$L_{ext} = 20.2 \text{ cm} \quad \phi_{in} = 3.5 \text{ cm} \quad \phi_{ext} = 4.21 \text{ cm}$$

Cilindro N°2 (Tubo redondo de 1" cedula 40, acero inoxidable AISI 304)

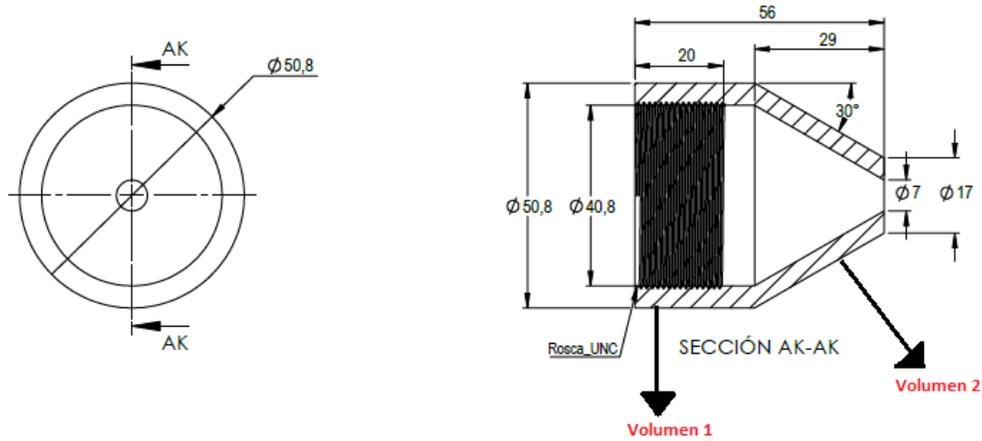
$$L_{ext} = 15 \text{ cm} \quad \phi_{in} = 3.5 \text{ cm} \quad \phi_{ext} = 4.21 \text{ cm}$$

Boquilla

En el sistema de dosificación tiene 7 boquillas con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-45.



Figura A-45: Medidas de boquilla



Volumen 1

$$L_{extb} = 2.7 \text{ cm}$$

$$\phi_{in} = 4.08 \text{ cm}$$

$$\phi_{ext} = 5.08 \text{ cm}$$

Volumen 2

$$L_{extb} = 2.9 \text{ cm}$$

$$\phi_{inl} = 4.08 \text{ cm}$$

$$\phi_{extl} = 5.08 \text{ cm}$$

$$\phi_{ins} = 0.7 \text{ cm}$$

$$\phi_{exs} = 1.7 \text{ cm}$$

Tanque de masa

Volumen 1

$$L_{extT} = 25 \text{ cm}$$

$$\phi_{in} = 20.7 \text{ cm}$$

$$\phi_{ext} = 21 \text{ cm}$$

Volumen 2

$$L_{extT} = 1.6 \text{ cm}$$

$$\phi_{in} = 20.7 \text{ cm}$$

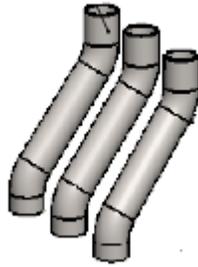
$$\phi_{ext} = 21 \text{ cm}$$

Tuvo conector

En el sistema de dosificación tiene 7 tubos conectores con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-46.



Figura A-46: Diseño de tubos conectores



$$L_{extT} = 5 \text{ cm}$$

$$\phi_{in} = 2.6 \text{ cm}$$

$$\phi_{ext} = 3.3 \text{ cm}$$

Después se halla el volumen y masa de cada pieza con las medidas descritas anteriormente y son las siguientes:

Volumen y masa de base

$$A_{Base} = (7 \text{ cm})(7 \text{ cm}) = 49 \text{ cm}^2$$

$$A_{cilindro} = \left(\frac{\pi}{4} (3.5 \text{ cm})^2\right) = 9.62 \text{ cm}^2$$

$$AT_{Base} = 49 \text{ cm}^2 - 9.62 \text{ cm}^2 = 39.38 \text{ cm}^2$$

$$v_{T_b} = 0.47 \text{ cm} * 39.38 \text{ cm}^2 = 18.50 \text{ cm}^3$$

$$m_{T_b} = \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) (18.50 \text{ cm}^3) = 146.705 \text{ g} * 14 = 2053.87 \text{ g}$$

Volumen y masa de cilindro N°1

$$v_{ext} = \left(\frac{\pi}{4} (4.21 \text{ cm})^2\right) (20.4 \text{ cm}) = 283.97 \text{ cm}^3$$

$$v_{int} = \left(\frac{\pi}{4} (3.5 \text{ cm})^2\right) (20.4 \text{ cm}) = 196.27 \text{ cm}^3$$

$$v_{T_{ci}} = 283.97 \text{ cm}^3 - 196.27 \text{ cm}^3 = 87.7 \text{ cm}^3$$

$$m_{T_{ci}} = \rho * v_{T_{ci}} = (87.7 \text{ cm}^3) \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) = 695.46 \text{ g} * 7 = 4868.22 \text{ g}$$

Volumen y masa de cilindro N°2

$$v_{ext} = \left(\frac{\pi}{4} (4.21 \text{ cm})^2\right) (15 \text{ cm}) = 208.80 \text{ cm}^3$$



$$v_{int} = \left(\frac{\pi}{4}(3.5 \text{ cm})^2\right)(15 \text{ cm}) = 144.31 \text{ cm}^3$$

$$v_{T_{ci}} = 208.80 \text{ cm}^3 - 144.31 \text{ cm}^3 = 64.49 \text{ cm}^3$$

$$m_{T_{ci}} = \rho * v_{T_{ci}} = (64.49 \text{ cm}^3) \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) = 511.40 \text{ g} * 7 = 3579.8 \text{ g}$$

Volumen y masa de boquilla

Volumen 1

$$v_{ext} = \left(\frac{\pi}{4}(5.08 \text{ cm})^2\right)(2.7 \text{ cm}) = 54.72 \text{ cm}^3$$

$$v_{int} = \left(\frac{\pi}{4}(4.08 \text{ cm})^2\right)(2.7 \text{ cm}) = 35.29 \text{ cm}^3$$

$$v_{T_{bo}} = 54.72 \text{ cm}^3 - 35.29 \text{ cm}^3 = 19.43 \text{ cm}^3$$

$$m_{bo} = (11.02 \text{ cm}^3) \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) = 154.07 \text{ g} * 7 = 1078.49 \text{ g}$$

Volumen 2

$$V_{ex} = \frac{1}{3} * \pi * h(Ri^2 + rs^2 + Ri * rs)$$

$$V_{ex} = \frac{1}{3} * \pi * 2.9 \text{ cm}(2.54 \text{ cm}^2 + 0.85 \text{ cm}^2 + 2.54 \text{ cm} * 0.85)$$

$$V_{ex} = 28.34 \text{ cm}^3$$

$$V_{in} = \frac{1}{3} * \pi * h(Ri^2 + rs^2 + Ri * rs)$$

$$V_{in} = \frac{1}{3} * \pi * 2.9 \text{ cm}(2.04 \text{ cm}^2 + 0.35 \text{ cm}^2 + 2.04 \text{ cm} * 0.35)$$

$$V_{in} = 15.17 \text{ cm}^3$$

$$v_{T_{bo}} = 28.34 \text{ cm}^3 - 15.17 \text{ cm}^3 = 13.17 \text{ cm}^3$$



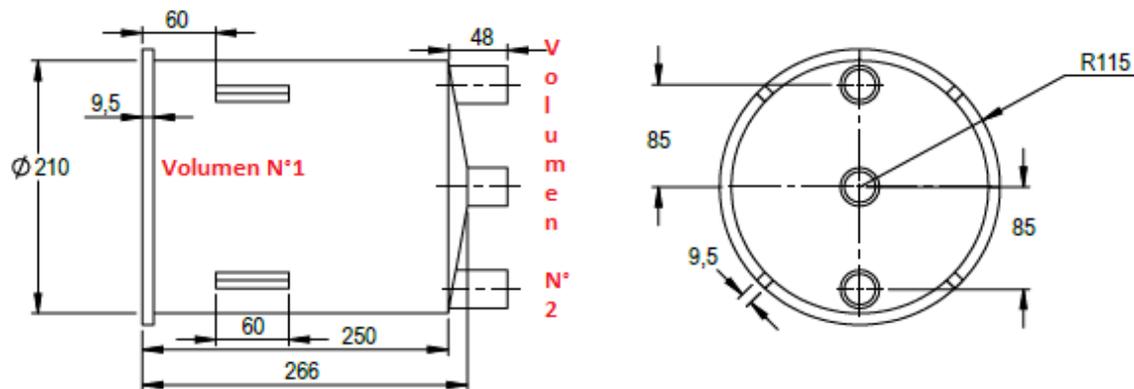
$$m_{tBo} = \rho * v_{Tci} = (13.17 \text{ cm}^3) \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) = 104.43 \text{ g} * 7 = 731.06 \text{ g}$$

$$m_{tBo} = V1 + V2 = 1078.49 \text{ g} + 731.06 \text{ g} = 1809.55 \text{ g}$$

Tanque de masa

En el sistema de dosificación tiene 2 tanques de masa con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-47.

Figura A-47: Medidas de tanque de masa



Volumen y peso N°1

$$v_{ext} = \left(\frac{\pi}{4} (21 \text{ cm})^2\right) (25 \text{ cm}) = 8659.01 \text{ cm}^3$$

$$v_{int} = \left(\frac{\pi}{4} (20.7)^2\right) (25 \text{ cm}) = 8413.38 \text{ cm}^3$$

$$v_{Tbo} = 8659.01 \text{ cm}^3 - 8413.38 \text{ cm}^3 = 245.63 \text{ cm}^3$$

$$m_{bo} = (245.63 \text{ cm}^3) \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) = 1947.84 \text{ g} * 2 = 3895.69 \text{ g}$$

Volumen y peso N°2

$$V_{ex} = \frac{\pi * r^2 * h}{3}$$

$$V_{ex} = \frac{\pi * 10.5 \text{ cm}^2 * 25 \text{ cm}}{3}$$

$$V_{ex} = 2886.33 \text{ cm}^3$$



$$V_{in} = \frac{\pi * 10.35cm^2 * 25cm}{3}$$

$$V_{in} = 2804.46cm^3$$

$$v_{T_{Tan}} = 2886.33cm^3 - 2804.46cm^3 = 81.87cm^3$$

$$m_{tBo} = \rho * v_{T_{ci}} = (81.87 cm^3) \left(7.93 \frac{g}{cm^3}\right) = 649.22 g * 2 = 1298.45g$$

$$m_{tTa} = V1 + V2 = 3895.69g + 1298.45g = 5194.14g$$

Volumen tubo conector

$$v_{ext} = \left(\frac{\pi}{4} (3.3 cm)^2\right) (5 cm) = 42.76 cm^3$$

$$v_{int} = \left(\frac{\pi}{4} (2.6cm)^2\right) (5 cm) = 26.54 cm^3$$

$$v_{T_{bo}} = 42.76 cm^3 - 26.54 cm^3 = 16.22cm^3$$

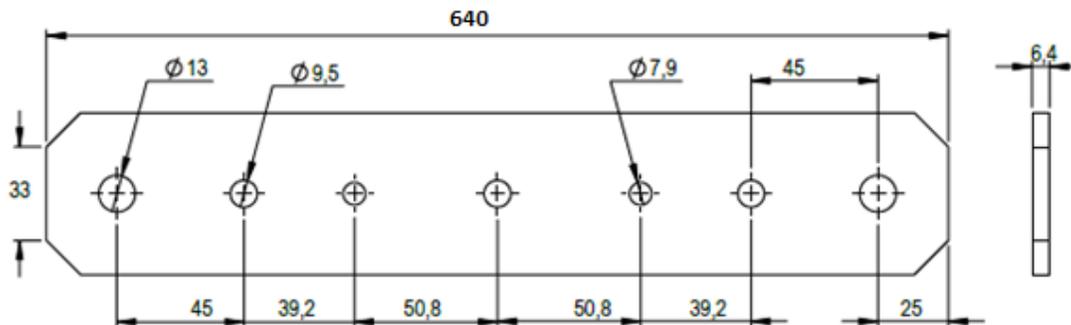
$$m_{bo} = (16.22 cm^3) \left(7.93 \frac{g}{cm^3}\right) = 128.62 g * 7 = 900.34g$$

Estructura

-64 cm de platina de 1/8" x 1 1/2"

En el sistema de dosificación tiene 2 platinas con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-48 y su peso es hallado en solidworks.

Figura A-48: Medidas de platina



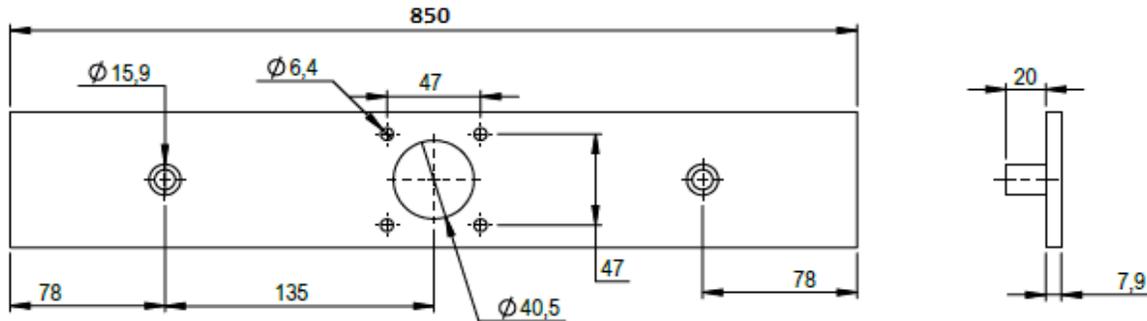
$$m1 = 412g * 2 = 824g$$

-85 cm de platina de 1/8" x 2 1/2"



En el sistema de dosificación tiene 2 platinas con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-49 y su peso es hallado en solidworks.

Figura A-49: Medidas de platina

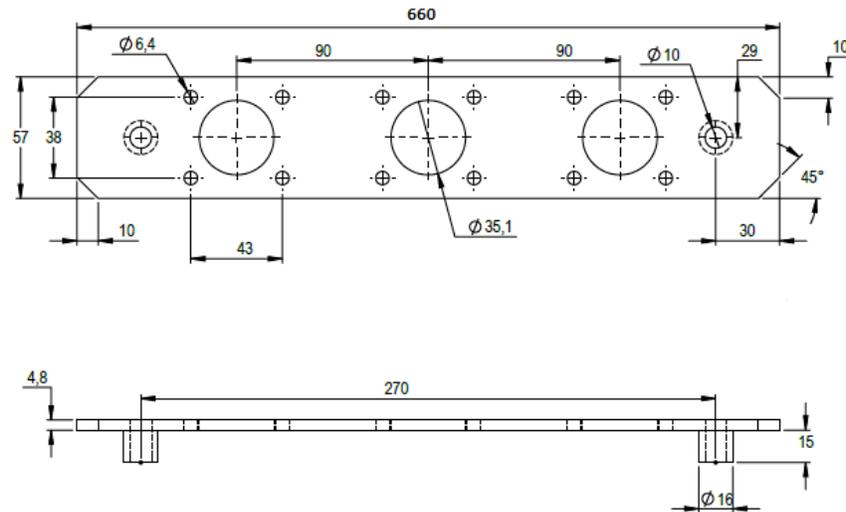


$$m2 = 2000g * 2 = 4000g$$

-66 cm de platina de 3/16" x 1 1/2"

En el sistema de dosificación tiene 2 platinas con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-50 y su peso es hallado en solidworks.

Figura A-50: Medidas de platina



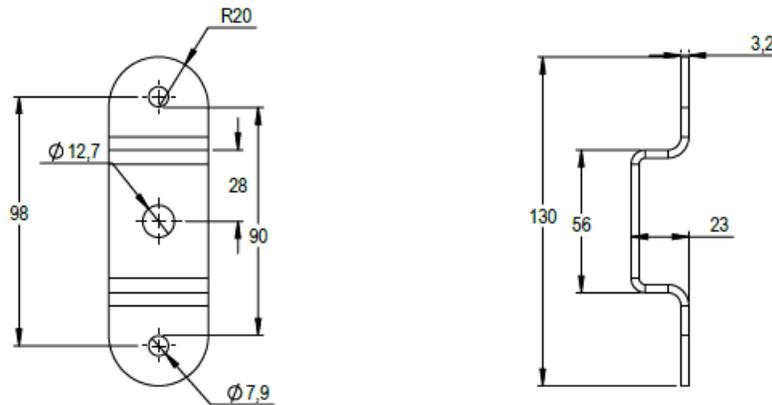
$$m3 = 450g * 2 = 900g$$

-17.6 cm de platina de 1/8" x 1 1/2"



En el sistema de dosificación tiene 2 platinas con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-51 y su peso es hallado en solidworks.

Figura A-51: Medidas de platina



$$m4 = 113 \text{ g} * 2 = 226 \text{ g}$$

$$mT = 824 \text{ g} + 2000 \text{ g} + 900 \text{ g}$$

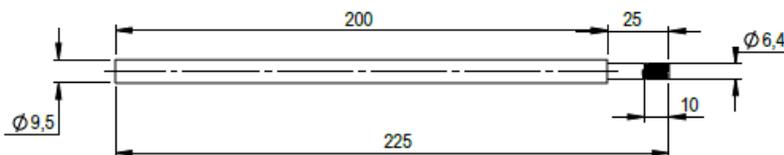
$$mT = 5950 \text{ g}$$

Eje y pistón

-eje de 3/8" x 22,5 cm

En el sistema de dosificación tiene 14 ejes con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-52 y su peso es hallado en solidworks.

Figura A-52: Medidas de eje



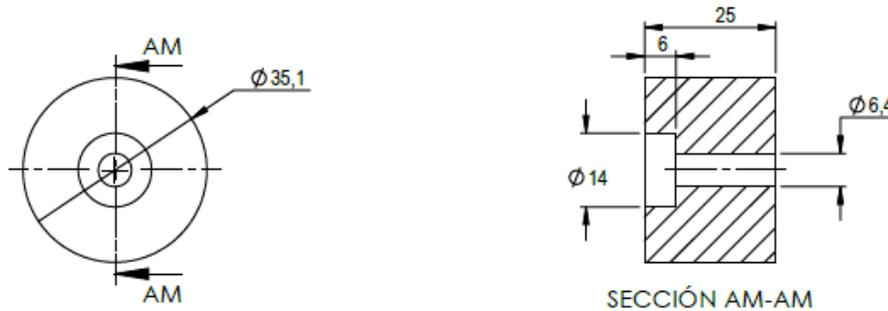
$$m1 = 145 \text{ g}$$

-eje de teflón 1 3/8" x 2,5 cm



En el sistema de dosificación tiene 14 ejes con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-53 y su peso es hallado en solidworks.

Figura A-53: Medidas de eje



$$m2 = 19g$$

$$mT = 145g + 19g$$

$$mT = 164 g * 14 = 2296g$$

$$m_{T_{cil_{dos}}} = m_{T_b} + m_{T_{cil_{n1}}} + m_{T_{cil_{n2}}} + m_{T_{bo}} + m_{tTa} + m_{tEs} + m_{tEje} + mTcon$$

$$m_{T_{cil_{dos}}} = 2053.87g + 4868.22g + 3579.8g + 1809.55g + 5194.14g + 5950g + 2296g + 900.34g$$

$$m_{T_{cil_{dos}}} = 26651.92g$$

Calculo masa de rellenos

Bocadillo de guayaba

-Masa de tubo N°1

$$m1 = 1,6 \frac{gramos}{cm^3} * 196.27cm^3$$

$$m1 = 314.03gramos * 7 = 2198.21g$$

-Masa de tubo N°2 con boquilla

$$m2 = 1,6 \frac{gramos}{cm^3} * 194.77cm^3$$

$$m2 = 311.638gramos * 7 = 2181.41g$$

$$mT = 2198.21g + 2181.41g = 4379.62g$$



Arequipe

-Masa de tubo N°1

$$m1 = 1,015 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3} * 196.27 \text{cm}^3$$

$$m1 = 199.21 \text{ gramos} * 7 = 1394.47g$$

-Masa de tubo N°2 con boquilla

$$m2 = 1,015 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3} * 194.77 \text{cm}^3$$

$$m2 = 197.69 \text{gramos} * 7 = 1383.83g$$

$$mT = 1394.47g + 1383.83g = 2778.3g$$

Carne de res y de pollo

-Masa de tubo N°1

$$m1 = 0.52 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3} * 196.27 \text{cm}^3$$

$$m1 = 102.06 \text{ gramos} * 7 = 714.42g$$

-Masa de tubo N°2 con boquilla

$$m2 = 0.52 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3} * 194.77 \text{cm}^3$$

$$m2 = 101.28 \text{gramos} * 7 = 708.96g$$

$$mT = 714.42g + 708.96g = 1423.38g$$

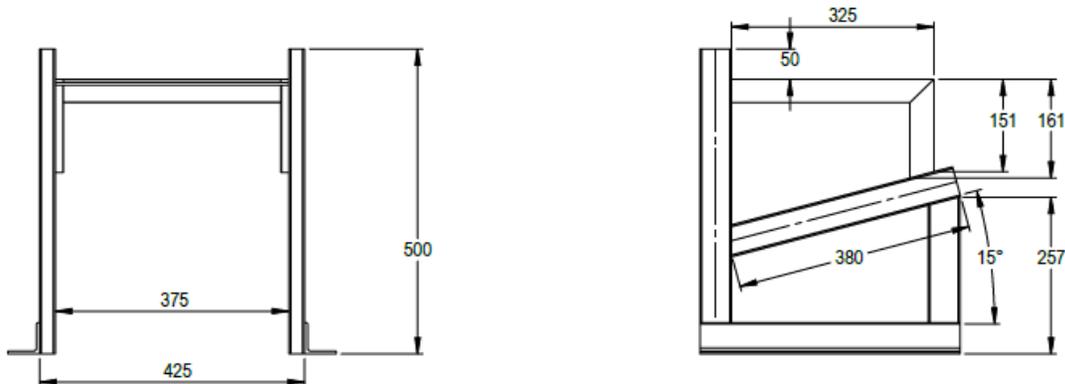
Calculo de volumen y masa del soporte de cilindro

Base N°1 de tubo perfil rectangular

En el sistema de dosificación tiene una base con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-54.



Figura A-54: Dimensiones de base



Base de tubo perfil rectangular

$$h = 600 \text{ cm}$$

$$a_{ext} = 2.54 \text{ cm}$$

$$b_{ext} = 5.08 \text{ cm}$$

$$a_{int} = 2.34 \text{ cm}$$

$$b_{ext} = 4.88 \text{ cm}$$

$$V_{ext} = (600)(2.54)(5.08) = 7741.92 \text{ cm}^3$$

$$V_{int} = (600)(2.34)(4.88) = 6851.52 \text{ cm}^3$$

$$v_{Tbo} = 7741.92 \text{ cm}^3 - 6851.52 \text{ cm}^3 = 890.4 \text{ cm}^3$$

$$m_{bo} = (890.4 \text{ cm}^3) \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = 7060.87 \text{ g}$$

Base de perfil angular de 3/16 in de espesor

$$h = 200 \text{ cm}$$

$$a = 5.08 \text{ cm}$$

$$b = 5.08 \text{ cm}$$

$$Peso_{Teorico} = 3.7 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

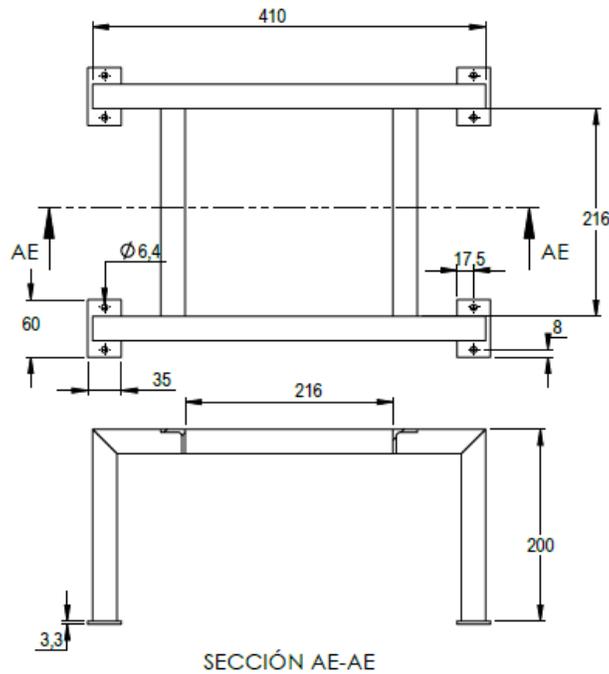
$$Peso_{Teorico} = 3.7 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 2\text{m} = 7.4\text{Kg} * \frac{1000\text{g}}{1\text{Kg}} = 7400\text{g}$$

Base N°2 de tubo perfil rectangular

En el sistema de dosificación tiene una base con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-55.



Figura A-55: Dimensiones de base



Base de perfil angular de 1/8 in de espesor

$$h = 720 \text{ cm}$$

$$a = 3.81 \text{ cm}$$

$$b = 3.81 \text{ cm}$$

$$Peso_{\text{Teorico}} = 1.82 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$Peso_{\text{Teorico}} = 1.82 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 7.2\text{m} = 13.1\text{Kg} * \frac{1000\text{g}}{1\text{Kg}} = 13100\text{g}$$

Patina de 1/8 in de espesor

$$h = 24 \text{ cm}$$

$$a = 3.5 \text{ cm}$$

$$Peso_{\text{Teorico}} = 5.84 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

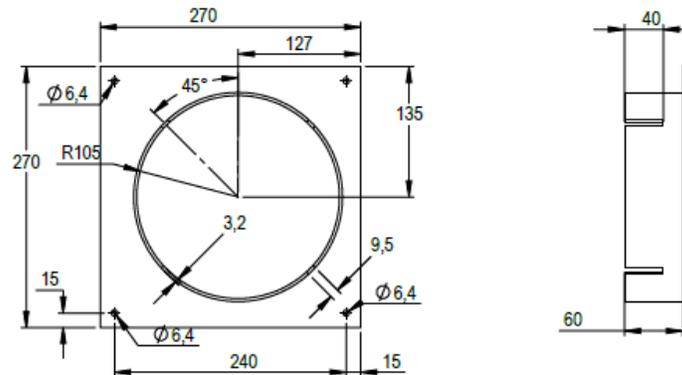
$$Peso_{\text{Teorico}} = 5.84 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 0.24\text{m} = 1.4\text{Kg} * \frac{1000\text{g}}{1\text{Kg}} = 1401.6\text{g}$$

Base de tanque de masa

En el sistema de dosificación tiene una base que sostiene el tanque con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-56.



Figura A-56: Dimensiones de tanque de masa



-Agujero base

$$\phi = 21.64 \text{ cm} \quad L = 27 \text{ cm} \quad h = 0.19 \text{ cm}$$

$$A_{base} = 27 \text{ cm} * 27 \text{ cm} = 729 \text{ cm}^2$$

$$A_{ag} = \left(\frac{\pi}{4} (21.64 \text{ cm})^2 \right) = 367.79 \text{ cm}^2$$

$$A_{tag} = 729 \text{ cm}^2 - 367.79 \text{ cm}^2 = 361.27 \text{ cm}^2$$

$$V_{base} = 361.27 \text{ cm}^2 * 0.19 \text{ cm} = 68.64 \text{ cm}^3$$

$$m_{ba} = (68.64 \text{ cm}^3) \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = 544.31 \text{ g} * 2 = 1088.62 \text{ g}$$

-Aro

$$L_{extT} = 6 \text{ cm} \quad \phi_{in} = 21 \text{ cm} \quad \phi_{ext} = 21.64 \text{ cm}$$

$$v_{ext} = \left(\frac{\pi}{4} (21.64 \text{ cm})^2 \right) (6 \text{ cm}) = 2206.76 \text{ cm}^3$$

$$v_{int} = \left(\frac{\pi}{4} (21 \text{ cm})^2 \right) (6 \text{ cm}) = 2078.16 \text{ cm}^3$$

$$v_{T_{Aro}} = 2206.76 \text{ cm}^3 - 2078.16 \text{ cm}^3 = 128.6 \text{ cm}^3$$

$$m_{Aro} = (128.6 \text{ cm}^3) \left(7.93 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = 1019.79 \text{ g} * 2 = 2039.58 \text{ g}$$

$$m_{T_{Estruc}} = m_{bo} + m_{PeA} + m_{PerA} + m_{TPla} + m_{ba} + m_{Aro}$$

$$m_{T_{Estruc}} = 7060.87 \text{ g} + 7400 \text{ g} + 13100 \text{ g} + 1401.6 \text{ g} + 1088.62 \text{ g} + 2039.58 \text{ g}$$



$$m_{T_{Estrc}} = 32090.67g$$

Calculo de la carga F

Por última se suma todas las masas halladas con anterioridad que componen el sistema de dosificación

$$P = (m_{T_{cil_{dos}}} + m_{pb} + m_{T_{Estrc}}) * g$$

$$P = (26651.92g + 4379.62g + 32090.67g) \left(\frac{1 Kg}{1000 g} \right) \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$P = 63122.21N$$

Esta carga se divide en dos ya que la carga esta soportada en 2 lados. Por tanto, en la estructura analizar solo soportan la mitad.

$$F = \frac{P}{2} = \frac{63122.21 N}{2} N = 31561.10N$$

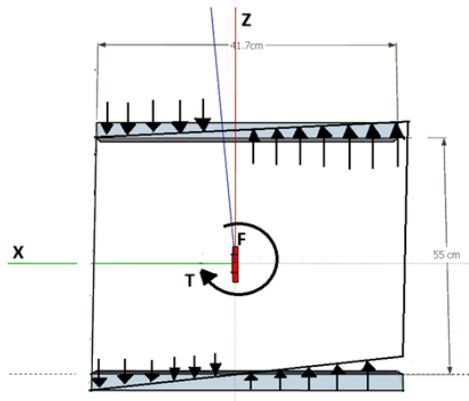
Carga que se aplicara.

Ahora se analizará si los cordones de soldadura y los pernos soportan dicha carga.

*Primer cordón a solape

- Momento alrededor del eje Z
- Fuerza a lo largo del eje Y
- Momento alrededor de Z

Figura A-57: Primer cordón momento alrededor de z





$$\tau_x = \frac{T * r}{J}$$

$$T = F(417 - 208.5) = F(208.5)mm$$

$$r = \sqrt{275^2 + 208.5^2} = 345.10 \text{ mm}$$

$$J = J_u * c$$

$$J_u = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(550 + 417)^3}{6} = 1.50 * 10^8 mm^3$$

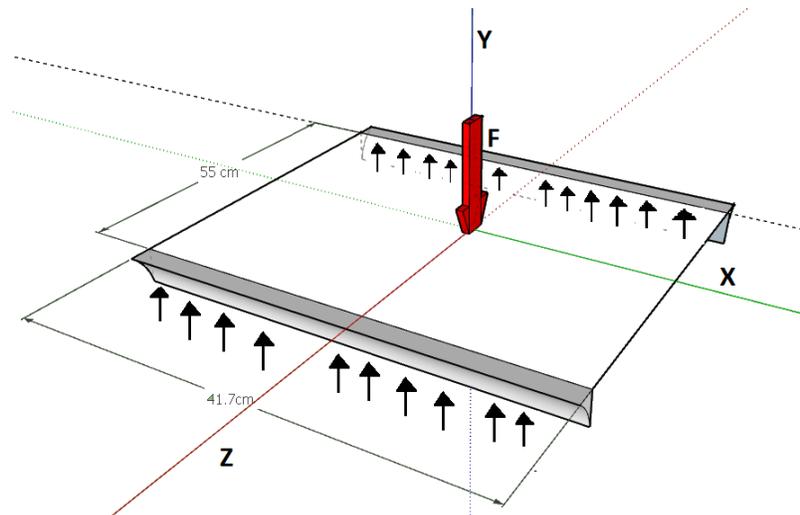
$$J = (3 \text{ mm})(1.50 * 10^8 mm^3) = 450 * 10^6 mm^4$$

$$\tau_x = \frac{F(208.5mm)(345.10 \text{ mm})}{450 * 10^6 mm^4}$$

$$\tau_x = F(1.59 * 10^{-4}) mm^{-2}$$

Fuerza a lo largo del eje Y

Figura A-58: Primer cordón fuerza a lo largo de Y



$$\tau_{yz} = \frac{F}{A_g} = \frac{F}{1.414(c)(b + d)} = \frac{F}{1.414(3)(550 + 417)}$$

$$\tau_y = F(2.44 * 10^{-4}) mm^{-2}$$

$$\tau_E = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2} \leq [\tau]$$



$[\tau]$ = Es el esfuerzo cortante equivalente.

$$\sqrt{F(1.59 * 10^{-4})^2 + F(2.44 * 10^{-4})^2} \leq [0.4] * 310 \text{ MPa}$$

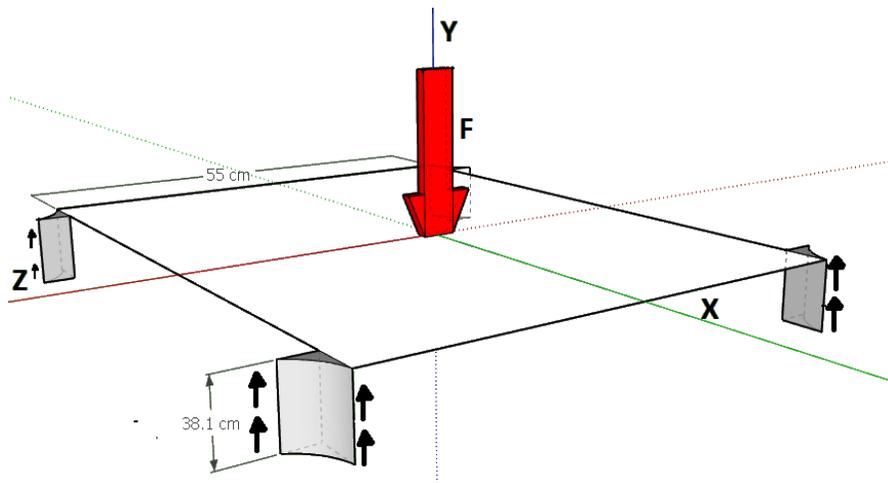
$$F(2.91 * 10^{-4} \text{ mm}^2) = 124 \text{ Mpa}$$

$$F = 426116.83 \text{ N}$$

Segundo cordón a solape

Fuerza a lo largo del eje Y

Figura A-59: Segundo cordón fuerza a lo largo del eje Y



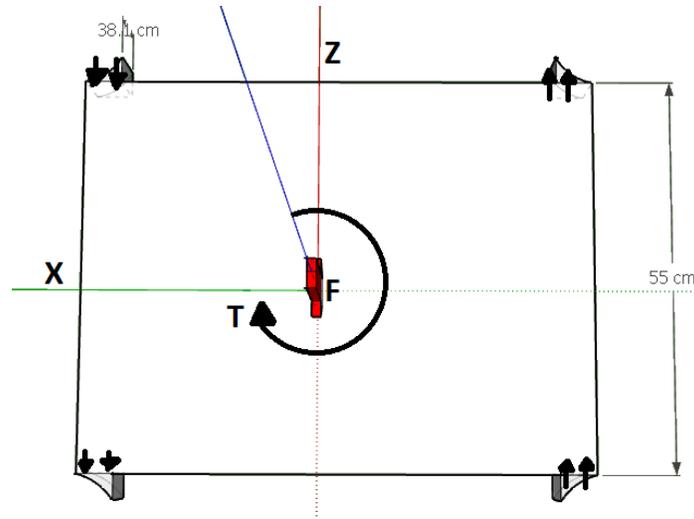
$$\tau_y = \frac{F}{A_g} = \frac{F}{1.414(c)(b+d)} = \frac{F}{1.414(3)(550+38.1)}$$

$$\tau_y = F(4 * 10^{-4}) \text{ mm}^{-2}$$



Momento alrededor del eje z

Figura A-60: Segundo cordón momento alrededor de Z



$$\tau_y = \frac{T * r}{J}$$

$$T = F(417 - 208.5) = F(208.5)mm$$

$$r = \sqrt{38.1^2 + 208.5^2} = 211.95 \text{ mm}$$

$$J = J_u * c$$

$$J_u = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(550 + 38.1)^3}{6} = 3.39 * 10^7 mm^3$$

$$J = (3 \text{ mm})(3.39 * 10^7 mm^3) = 101 * 10^6 mm^4$$

$$\tau_y = \frac{F(208.5mm)(211.95 \text{ mm})}{101 * 10^6 mm^4}$$

$$\tau_x = F(4.37 * 10^{-4}) \text{ mm}^{-2}$$

Factor de seguridad FS

$$FS = \frac{426116.83 \text{ N}}{31561.10 \text{ N}} = 13$$

Nota: el cordón número 2 es equivalente al 1



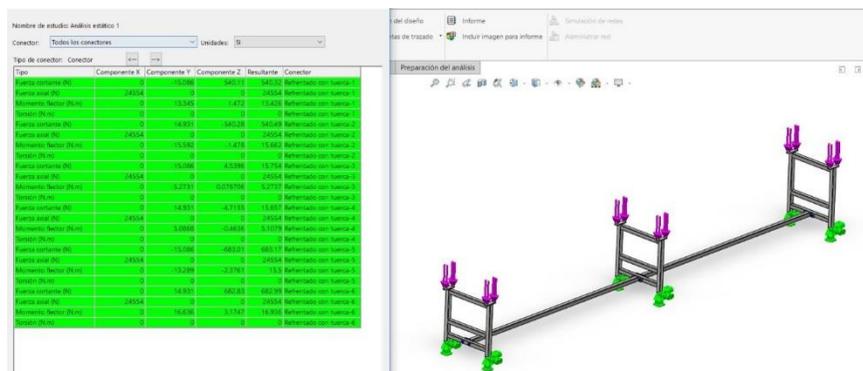
A.4.2 Cálculos de uniones atornilladas

La importancia para el cálculo de uniones atornilladas es que en el mercado los tornillos son diseñados bajo una norma, por lo que son tornillos con medidas estándar, desde 3/16" hasta 1" en la mayoría de los casos para aplicaciones normales, Por otro lado, cuando se desea que una unión o junta pueda ser desensamblada sin aplicar métodos destructivos y que sea lo suficientemente fuerte para resistir cargas externas de tensión, de flexión o de cortante, o una combinación de estas, entonces la junta atornillada simple con rondanas o arandelas templadas en el perno es una buena solución [36].

Después de examinar la maquina por medio del software Solidworks de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora), se llega a la conclusión de que la zona más crítica corresponde a la estructura intermedia en el que se encuentra la banda transportadora y dosificador y el cual se es necesario un buen análisis de uniones atornilladas

A través de los análisis realizados lo cuales se pueden visualizar en la figura A-61, se determinó que los tornillos 1.1/2 in x 3.0 in de longitud son los tornillos que presentan la mejor condición de desempeño a las cargas que han sido aplicadas sobre la estructura.

Figura A-61: Análisis de tornillería en solidworks



Después se realizó una simulación de tornillería en la base de la estructura del sistema de dosificación el cual se puede observar en la figura A-62, través de los análisis realizados se determinó que los tornillos 3/8 in x 1.0 in de longitud son los tornillos que presentan la mejor condición de desempeño a las cargas que han sido aplicadas sobre la estructura de la sección superior.



$$L_T = 2D + 6 = (2 * 10) + 6 = 26 \text{ mm} \rightarrow \text{Longitud total roscada}$$

$$l_T = 26 - 11.5 - 3 = 11.5 \text{ mm} \rightarrow \text{Longitud roscada en la sujeción.}$$

$$l_d = 114.26 - 26 - 1.5 = 87.1 \text{ mm} \rightarrow \text{Longitud de vástago en la sujeción.}$$

$$A_d = \left(\frac{\pi}{4}\right) (10)^2 = 78.54 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Área de vástago.}$$

$$A_T = 61.2 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Área de esfuerzo a tensión para los tornillos } M10 * 1.25.$$

$$C = \frac{k_b}{k_m + k_b}$$

Rigidez del perno

$$k_b = \frac{A_d * A_T * E}{A_d * l_T + A_T * l_d} = \frac{78.54 * 61.2 * 189000}{(78.54 * 11.5) + (61.2 * 87.1)} = 146195.05 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Rigidez de las placas

Las placas son del mismo material, por tanto:

$$k_m = \frac{0.577 * \pi * E * d}{2 * \ln\left(5 * \frac{0.577 * L + 0.5 * d}{0.577 * L + 2.5 * d}\right)}$$

$$k_m = \frac{0.577 * \pi * 189600 * 10}{2 * \ln\left(5 * \frac{0.577 * 9 + 0.5 * 10}{0.577 * 9 + 2.5 * 10}\right)}$$

$$k_m = 3.28 * 10^6 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$C = \frac{146195.05 \text{ MPa}}{3.28 * 10^6 \text{ MPa} + 146195.05 \text{ MPa}}$$

$$C = 0.043$$

Fuerza de precarga (F_i)

La resistencia a la tracción del acero inoxidable AISI 304 es 1100 Mpa (S_p)

$$F_i = 0.75 * S_p * A_t = 0.75 * 1100 \text{ MPa} * 61.2 \text{ mm}^2$$

$$F_i = 50490 \text{ N}$$

Según Shigley “el torque para producir una precarga”, $T = k * F_i * d$, donde:



$k \rightarrow$ Coeficiente de torsión, para aceros es igual a 0.2.

$d \rightarrow$ Diámetro del perno

$F_i \rightarrow$ Precarga

$$T = (0.2)(50490)(0.01) = 100.98 \text{ N.m}$$

Se asume un margen de seguridad de 2 para sobrecarga, hermeticidad y desplazamiento ($\eta = 2$).

$$\eta_{sobcarga} = \frac{Sp * A_t - Fi}{C * F * \sin 30} \rightarrow F = \frac{Sp * A_t - Fi}{\eta_{sobc} * C * \sin 30} = \frac{(600)(61.2) - 50490}{(2)(0.043) \sin 30}$$

$$F = 320232.557 \text{ N}$$

$$\eta_{herm} = \frac{Fi}{P(1 - C)}$$

$$P = F * \sin 30$$

$$F = \frac{Fi}{\eta_{herm} * \sin 30 (1 - C)} = \frac{50490}{(2)(\sin 30)(1 - 0.043)}$$

$$F = 28777.43 \text{ N} * 3 \text{ Tornis} = 158275.86 \text{ N}$$

$$\eta_{des} = \frac{\mu * N}{F_{des}} = \frac{\mu * F_m}{F_{des}} = \frac{\mu * F_m}{F \cos 30}$$

$$F_m = Fi - Pm = Fi - (1 - C)F \cos 30$$

$$Pm = (1 - C)P = (1 - C)F \cos 30$$

$$\eta_{des} = \frac{\mu(Fi - (1 - C)F \cos 30)}{F \cos 30} = \frac{\mu * Fi}{F \cos 30} - \frac{\mu(1 - C)F \cos 30}{F \cos 30}$$

$$\eta_{des} = \frac{\mu * Fi}{F \cos 30} - \mu(1 - C) = \eta_{des} + \mu(1 + C) = \frac{\mu * Fi}{F \cos 30}$$

$$F \cos 30 = \frac{\mu * Fi}{\eta_{des} + \mu(1 + C)} = \frac{0.15 * 50490}{2 + (0.15)(1 + 0.043)}$$

$$F = 2371.90 \text{ N} * 3 \text{ Tornis} = 7115.72 \text{ N}$$

Factor de seguridad

$$FS = \frac{158275.86 \text{ N}}{31561.10 \text{ N}}$$

$$FS = 5$$



A.4.3 Calculo para cilindros neumáticos

El cilindro neumático de aire comprimido es por lo general el elemento productor de trabajo en un equipo neumático, tiene por objetivo generar un trabajo durante su movimiento rectilíneo de avance o retroceso [37]

En los cilindros neumáticos de simple efecto, el émbolo recibe el aire a presión por una sola cámara. Estos cilindros sólo pueden ejercer el trabajo en un sentido (carrera de trabajo). La carrera de retorno del émbolo tiene lugar por medio de un muelle incorporado, o bien por fuerza externa [37].

En los cilindros neumáticos de doble efecto, el émbolo recibe aire a presión, alternativamente por ambos lados; El cilindro puede trabajar en ambos sentidos (carrera de avance y carrera de retroceso); La fuerza producida por un cilindro de doble efecto en el sentido que consideramos avance, no es igual a la fuerza que produce en el sentido retroceso, ya que la superficie sobre la que actúa la presión del aire es diferente, debido al espacio ocupado por el vástago [37].

Para el diseño de esta máquina se seleccionó el siguiente cilindro neumático con su respectiva ficha técnica

Figura A-64: Cilindro neumático del diseño [38]



Tabla A-15: Ficha técnica del cilindro neumático del diseño [38]

Marca	HOERBIGER
Modelo	AZV5063
Diámetro de embolo (mm)	32
Diámetro de eje (mm)	12



Carrera (mm)	150
Velocidad máxima	2.6 m/s
Medida exterior (mm)	47x260
Fuerza neta (N)	509
Presión de servicio (bares)	6
Numero de ciclos por minuto	12

Volumen del actuador (ver Ecuación (C.20))

$$V = \frac{\pi}{4} * D^2 * C \quad (C.20)$$

$$V = \frac{\pi}{4} * (32mm)^2 * 150mm$$

$$V = 120637.15 \text{ mm}^3$$

$$V = 0.00012063715m^3$$

$$V1 = \frac{\pi}{4} * (D^2 - d^2) * C$$

$$V1 = \frac{\pi}{4} * (32mm^2 - 12mm^2) * 150mm$$

$$V1 = 103672.55 \text{ mm}^3$$

$$V1 = 0.00010367255 \text{ m}^3$$

Consumo del cilindro neumático (ver Ecuación (C.21))

$$\text{Consumo} = [(V + V1) * (P + Patm) * n] / Patm \quad (C.21)$$

$$\text{Consumo} = \frac{[(0.00012063715m^3 + 0.00010367255 \text{ m}^3)(6bar + 1.019bar) * 12]}{1.019bar}$$

$$\text{Consumo} = 0.0185 \text{ m}^3 * \frac{\text{Ciclos}}{\text{minuto}} * \frac{1000 \text{ litros}}{1 \text{ m}^3} = 18.5 \text{ litros} * \frac{\text{Ciclos}}{\text{minuto}}$$

Este cilindro neumático se seleccionó debido a que la presión de servicio supera la necesaria para el proceso de dosificación y esto garantiza que no tendrá ningún contratiempo en el momento de su funcionamiento, agregando que su velocidad es la apropiada para su funcionamiento en el sistema.



A.4.4 Cálculo de presión y tiempo necesario para dosificar cada relleno

Antes de realizar este cálculo es necesario tener en cuenta que posterior a su dosificación el relleno se le elevara la temperatura para su fácil flujo y evitar la fricción debida a la adhesión de los rellenos con la superficie del acero.

Para realizarse este aumento de temperatura se debe tener en cuenta que esta se puede variar dependiendo del relleno que se va a dosificar para esto se explicara esta variable en cada uno a continuación:

Arequipe: Según Robert Valera “se realiza generalmente con el producto a una temperatura de 50°C a 55°C para permitir su fácil flujo, dosificar a mayor temperatura tendrá el inconveniente que se continuaran produciendo vapores en el sistema, que condensado en la superficie interior de la masa favorecerá el desarrollo de hongos” [39].

Bocadillo de guayaba: Según alimentos percederos “el bocadillo se debe guardar en un lugar fresco, seco y limpio Si la temperatura es superior a 40 °C hay riesgo de que se produzca revenimiento, que ocasiona que el producto se suavice y se favorezca el crecimiento de hongos por eso recomendable trabajar debajo a estas temperaturas para su fácil flujo” [40].

Carnes: Según fichas autocontrol “en las temperaturas que se debe manejar este relleno es entre las temperaturas 75° a 85° para permitir su fácil circulación y dosificación en la masa y evitar su contaminación” [41].

Para el aumento de la temperatura se utilizarán resistencias tipo banda las cuales tienen las siguientes características descritas en la tabla A-16.

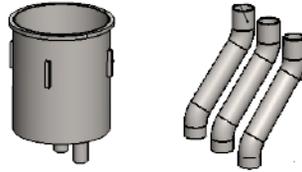
Tabla A-16: Características de resistencia tipo banda [42]

	Marca	Electro Sylvania
	Temperatura máxima operación	380C°
	Voltaje	230 V
	Densidad de superficie estándar	5,6W/cm ²
	Radio	33-115mm
	Espesor	3 mm
	Ancho	19,8 mm
	Aplicaciones	Plásticos, moldeo, embalaje y comida

Este tipo de resistencia se seleccionó debido a que su temperatura máxima de operación está entre el rango en el que se manejara los rellenos además de que sirven especialmente para el área de trabajo que serán usadas en este caso los alimentos, las resistencias serán ubicadas en el medio del tanque y en la entrada de los tubos conectores con los sistemas neumáticos visualizados en la Figura A-65.

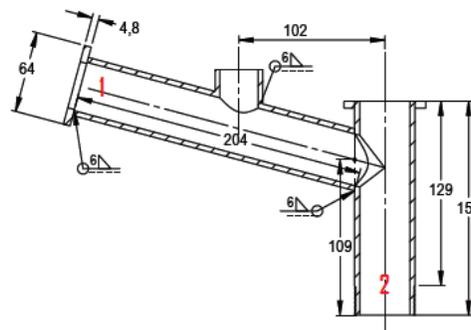


Figura A-65: Lugares de instalación de resistencias tipo banda



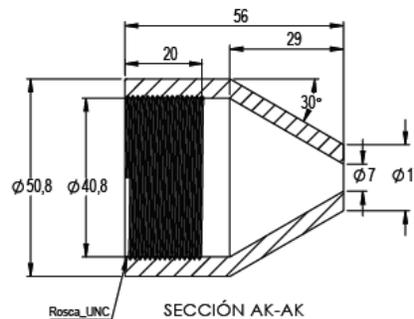
Para llevar a cabo este cálculo se hallará el volumen total de cada tubo redondo que en este caso contendrá el relleno el cual será depositado en cada hojaldré estos tubos se pueden visualizar sus medidas en las figuras A-66 y A-67 (unidades en mm).

Figura A-66: Medidas de tubos dosificadores



Tubo N°1	Perfil_Circular_1in_Sch 40
Tubo N°2	Perfil_Circular_1.1/4in_Sch 40

Figura A-67: Medidas de boquilla cónica



Volumen del tubo N°1

Diámetro interior de 1" el cual se puede encontrar comercialmente en "Fortacero" y sus características se pueden encontrar en la tabla A-17.



Tabla A-17: Características comerciales de tubo cedula 40 [43]

Diámetro Nominal pulg – mm	Diámetro Exterior pulg – mm	Diámetro Interior pulg – mm	Espesor Calibre – mm	Peso Kg/m	Largo m
1 – 25.40	1.315 – 33.40	1.049 – 26.64	C10 – 3.43	2.50	6.00
1 1/4 – 31.75	1.660 – 42.16	1.380 – 35.05	C10 – 3.43	3.39	6.00
1 1/2 – 38.10	1.900 – 48.26	1.610 – 40.89	C09 – 3.81	4.05	6.00
2 – 50.80	2.375 – 60.33	2.067 – 52.50	C09 – 3.81	5.44	6.00
2 1/2 – 63.50	2.875 – 73.03	2.469 – 62.71	3/16" – 4.76	8.63	6.10
3 – 76.20	3.500 – 88.90	3.068 – 77.93	0.225 – 5.71	11.29	6.10
4 – 101.60	4.500 – 114.30	4.026 – 102.26	0.225 – 5.71	16.07	6.10
6 – 152.40	6.625 – 168.28	6.065 – 154.05	0.280 – 7.11	28.24	6.10

$$V1 = \pi(1,33\text{cm})^2 * 20.4\text{cm}$$

$$V1 = 113.36\text{cm}^3$$

Área

$$A = \pi(1.33\text{cm})^2$$

$$A = 5.55\text{cm}^2 * \frac{0.0001\text{m}^2}{1\text{cm}^2}$$

$$A = 5.55 \times 10^{-4}\text{m}^2$$

Volumen del tubo N°2

Diámetro interior de 1 1/4" el cual se puede encontrar comercialmente en "Fortacero" y sus características se pueden encontrar en la tabla A-17.

$$v_2 = \left(\frac{\pi}{4}(3.5\text{cm})^2\right)(15\text{cm}) = 144.31\text{cm}^3$$

Volumen de boquilla cónica (ver Ecuación (A.22))

$$v_3 = \left(\frac{\pi}{4}(4.08\text{cm})^2\right)(2.7\text{cm}) = 35.29\text{cm}^3$$

$$V4 = \frac{1}{3} * \pi * h(R^2 + r^2 + R * r) \tag{A.22}$$

$$V4 = \frac{1}{3} * \pi * 2,9(2.04^2 + 0.35^2 + 2.04 * 0.35)$$

$$V4 = 15.86\text{cm}^3$$



Volumen total

$$VT = V2 + V3 + V4$$

$$VT = 144.31cm^3 + 35.29 cm^3 + 15.86cm^3$$

$$VT = 195.46cm^3$$

Área

$$A = \pi(1,75cm)^2$$

$$A = 9.62cm^2 * \frac{0.0001m^2}{1 cm^2}$$

$$A = 9.62 \times 10^{-4} m^2$$

Después de esto se halla la masa que contiene cada tubo si se llena de cada ingrediente teniendo en cuenta la densidad calculada anteriormente y despejando la siguiente formula (ver Ecuación (A.23)), cabe resaltar que en este caso los datos calculados de la carne de res y pollo serán los mismos por su misma densidad.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (A.23)$$

$$m = \rho * V$$

Bocadillo de guayaba

-Masa de tubo N°1

$$m1 = 1,6 \frac{gramos}{cm^3} * 113.36cm^3$$

$$m1 = 181.37gramos * \frac{0.001Kg}{1 gramo}$$

$$m1 = 0.181 Kg$$

-Masa de tubo N°2

$$m2 = 1,6 \frac{gramos}{cm^3} * 195.46cm^3$$

$$m2 = 312.736 gramos * \frac{0.001Kg}{1 gramo}$$

$$m2 = 0.312 Kg$$



Arequipe

-Masa de tubo N°1

$$m1 = 1,015 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3} * 113.36\text{cm}^3$$

$$m1 = 115.06 \text{ gramos} * \frac{0.001\text{Kg}}{1 \text{ gramo}}$$

$$m1 = 0.115 \text{ Kg}$$

-Masa de tubo N°2

$$m2 = 1,015 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3} * 195.46\text{cm}^3$$

$$m2 = 198.39\text{gramos} * \frac{0.001\text{Kg}}{1 \text{ gramo}}$$

$$m2 = 0.198 \text{ Kg}$$

Carne de res y de pollo

-Masa de tubo N°1

$$m1 = 0.52 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3} * 113.36\text{cm}^3$$

$$m1 = 58.94 \text{ gramos} * \frac{0.001\text{Kg}}{1 \text{ gramo}}$$

$$m1 = 0.05 \text{ Kg}$$

-Masa de tubo N°2

$$m2 = 0.52 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3} * 195.46\text{cm}^3$$

$$m2 = 101.63 \text{ gramos} * \frac{0.001\text{Kg}}{1 \text{ gramo}}$$

$$m2 = 0.101 \text{ Kg}$$

Estructura

Para esto se tendrá en cuenta el peso de las platinas que van sujetas a la punta roscada del cilindro neumático los cuales son las siguientes:

-64 cm de platina de 1/8" x 1 1/2"



$$m1 = 0.412 \text{ Kg}$$

-17.6 cm de platina de 1/8" x 1 1/2"

$$m2 = 0.113 \text{ KG}$$

$$mT = 0.412\text{Kg} + 0.113\text{Kg}$$

$$mT = 0.525 \text{ Kg}$$

Área de aplicación de fuerza

$$A = 3.81\text{cm} * 17.6 \text{ cm}$$

$$A = 67.056\text{cm}^2 * \frac{0.0001\text{m}^2}{1 \text{ cm}^2}$$

$$A = 6.70 * 10^{-3}\text{m}^2$$

Eje y pistón

Para esto se tendrá en cuenta el peso de los ejes y pistones que van articulado en la estructura anterior y tienen los siguientes pesos:

-eje de 3/8" x 22,5 cm

$$m1 = 0.145\text{Kg}$$

-eje de teflón 1 3/8" x 2,5 cm

$$m2 = 0.019\text{Kg}$$

$$mT = 0.145\text{Kg} + 0.019\text{Kg}$$

$$mT = 0.164\text{kg}$$

Área de aplicación de fuerza

$$A = \pi(1.75\text{cm})^2$$

$$A = 9.62\text{cm}^2 * \frac{0.0001\text{m}^2}{1 \text{ cm}^2}$$

$$A = 9.62 \times 10^{-4}\text{m}^2$$

Después se halla la presión exacta que se necesita en cada actuador neumático para mover los pistones que se encargaran de dosificar el relleno utilizando la siguiente formula (ver Ecuación (A.24))



$$P = \frac{F}{A} \quad (A.24)$$

$$P = \frac{m * G}{A}$$

Estructura

$$P = \frac{0.525 \text{ Kg} * 9.81 \frac{m}{s^2}}{6.70 * 10^{-3} m^2}$$

$$P = 768.96 pas * \frac{10^{-5}}{1 pas}$$

$$P = 7.68 * 10^{-3} bar$$

Eje y pistón

$$m = 0.164 \text{ Kg} * 7$$

$$m = 1.148 \text{ Kg}$$

$$P = \frac{1.148 \text{ Kg} * 9.81 \frac{m}{s^2}}{9.62 * 10^{-4} m^2}$$

$$P = 11706.73 pas * \frac{10^{-5}}{1 pas}$$

$$P = 0.11 bar$$

Bocadillo de guayaba

-Presión de actuador neumático N°1

$$m = 0.181 \text{ Kg} * 7 \text{ tubos}$$

$$m = 1.267 \text{ Kg}$$

$$P = \frac{1.267 \text{ Kg} * 9.81 \frac{m}{s^2}}{5.55 * 10^{-4} m^2}$$

$$P = 22395.08 pas * \frac{10^{-5}}{1 pas}$$

$$P = 0.22 bar$$

$$PT = 0.22 bar + 7.68 * 10^{-3} bar + 0.11 bar$$



$$PT = 0.33 \text{ bar}$$

-Presión de actuador neumático N°2

$$m = 0.312 \text{ Kg} * 7 \text{ tubos}$$

$$m = 2.18 \text{ Kg}$$

$$P = \frac{2.18 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9.62 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$P = 22230.56 \text{ pas} * \frac{10^{-5}}{1 \text{ pas}}$$

$$P = 0.22 \text{ bar}$$

$$PT = 0.22 \text{ bar} + 7.68 * 10^{-3} \text{ bar} + 0.11 \text{ bar}$$

$$PT = 0.33 \text{ bar}$$

Arequipe

-Presión de actuador neumático N°1

$$m = 0.115 \text{ Kg} * 7 \text{ tubos}$$

$$m = 0.805 \text{ Kg}$$

$$P = \frac{0.805 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{5.55 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$P = 14228.91 \text{ pas} * \frac{10^{-5}}{1 \text{ pas}}$$

$$P = 0.14 \text{ bar}$$

$$PT = 0.14 \text{ bar} + 7.68 * 10^{-3} \text{ bar} + 0.11 \text{ bar}$$

$$PT = 0.25 \text{ bar}$$

-Presión de actuador neumático N°2

$$m = 0.198 \text{ Kg} * 7 \text{ tubos}$$

$$m = 1.386 \text{ Kg}$$

$$P = \frac{1.386 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9.62 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$



$$P = 14133.74 \text{ pas} * \frac{10^{-5}}{1 \text{ pas}}$$

$$P = 0.14 \text{ bar}$$

$$PT = 0.13 \text{ bar} + 7.68 * 10^{-3} \text{ bar} + 0.11 \text{ bar}$$

$$PT = 0.247 \text{ bar}$$

Carne de res y de pollo

-Presión de actuador neumático N°1

$$m = 0.05 \text{ Kg} * 7 \text{ tubos}$$

$$m = 0.35 \text{ Kg}$$

$$P = \frac{0.35 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{5.55 * 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$P = 6186.48 \text{ pas} * \frac{10^{-5}}{1 \text{ pas}}$$

$$P = 0.06 \text{ bar}$$

$$PT = 0.06 \text{ bar} + 7.68 * 10^{-3} \text{ bar} + 0.11 \text{ bar}$$

$$PT = 0.177 \text{ bar}$$

-Presión de actuador neumático N°2

$$m = 0.101 \text{ Kg} * 7 \text{ tubos}$$

$$m = 0.707 \text{ Kg}$$

$$P = \frac{0.672 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9.62 * 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$P = 7209.63 \text{ pas} * \frac{10^{-5}}{1 \text{ pas}}$$

$$P = 0.07 \text{ bar}$$

$$PT = 0.07 \text{ bar} + 7.68 * 10^{-3} \text{ bar} + 0.11 \text{ bar}$$

$$PT = 0.187 \text{ bar}$$



Esto datos nos indican que el cilindro neumático seleccionado es el adecuado ya que posee por lo menos 1 bar de presión necesario para mover los pistones que se encargaran de dosificar el relleno

Enseguida se halla el tiempo necesario el cual el cilindro neumático N°2 tomará para dosificar cada relleno en este caso la cantidad exacta de 15 gramos para eso primero se hallará el volumen que toma deposita esta porción, despejando de la siguiente formula (ver Ecuación (A.25))

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{A.25})$$

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

Bocadillo de guayaba

$$V = \frac{15 \text{ gramos}}{1,6 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3}}$$

$$V = 9,375 \text{ cm}^3$$

Arequipe

$$V = \frac{15 \text{ gramos}}{1,015 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3}}$$

$$V = 14,77 \text{ cm}^3$$

Carne de res y de pollo

$$V = \frac{15 \text{ gramos}}{0,52 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3}}$$

$$V = 28,84 \text{ cm}^3$$

Después de esto se despeja de la fórmula del volumen de la boquilla (ver Ecuación (A.26)) la altura necesaria para depositar esta cantidad

$$V = \frac{1}{3} * \pi * h(R^2 + r^2 + R * r) \quad (\text{A.26})$$

$$h = \frac{3 * V}{\pi(R^2 + r^2 + R * r)}$$



Bocadillo de guayaba

$$h = \frac{3 * 9,375 \text{ cm}^3}{\pi(2.04\text{cm}^2 + 0.35\text{cm}^2 + 2.04\text{cm} * 0.35\text{cm})}$$

$$h = 1.79 \text{ cm}$$

Arequipe

$$h = \frac{3 * 14.77 \text{ cm}^3}{\pi(2.04\text{cm}^2 + 0.35\text{cm}^2 + 2.04\text{cm} * 0.35\text{cm})}$$

$$h = 2.82 \text{ cm}$$

Carne de res y de pollo

$$h = \frac{3 * 28.84 \text{ cm}^3}{\pi(2.04\text{cm}^2 + 0.35\text{cm}^2 + 2.04\text{cm} * 0.35\text{cm})}$$

$$h = 5.51 \text{ cm}$$

Enseguida se saca el número exacto de unidades que pueden salir del tubo N°1 de cada uno de los rellenos.

Bocadillo de guayaba

$$20.4 \text{ cm} * \frac{1 \text{ porcion}}{1.79\text{cm}}$$

11 porciones

Arequipe

$$20.4 \text{ cm} * \frac{1 \text{ porcion}}{2.82\text{cm}}$$

7 porciones

Carne de res y de pollo

$$20.4 \text{ cm} * \frac{1 \text{ porcion}}{5.51\text{cm}}$$

3 porciones

Por último teniendo en cuenta la velocidad del cilindro neumático y la altura hallada anteriormente se halla el tiempo que necesita para depositar la cantidad exacta de 15 gramos



$$V = 2.6 \frac{m}{s} * \frac{100cm}{1m}$$

$$V = 260 \frac{cm}{s}$$

Bocadillo de guayaba

$$V = 260 \frac{cm}{s} * \frac{1 porcion}{1.79 cm}$$

$$V = 145 \frac{porcion}{segundos} * \frac{1 segundo}{1000milisegundo}$$

$$V = 0.145 \frac{porcion}{milisegundo} * 6.90milisegundos = 1 porcion$$

Arequipe

$$V = 260 \frac{cm}{s} * \frac{1 porcion}{2.82 cm}$$

$$V = 92 \frac{porcion}{segundos} * \frac{1 segundo}{1000milisegundo}$$

$$V = 0.092 \frac{porcion}{milisegundo} * 10.87milisegundos = 1 porcion$$

Carne de res y de pollo

$$V = 260 \frac{cm}{s} * \frac{1 porcion}{5.51 cm}$$

$$V = 47 \frac{porcion}{segundos} * \frac{1 segundo}{1000milisegundo}$$

$$V = 0.047 \frac{porcion}{milisegundo} * 21.28milisegundos = 1 porcion$$

Por último, se halla el tiempo en que demora el cilindro neumático N°1 en depositar el relleno en el tubo N°2 para ser accionado por su respectivo cilindro neumático el cual dosificará.

$$V = 260 \frac{cm}{s} * \frac{1 ciclo}{20.4 cm}$$

$$V = 13 \frac{ciclo}{segundos} * \frac{1 segundo}{1000milisegundo}$$



$$V = 0.013 \frac{\text{ciclo}}{\text{milisegundo}} * 76.93 \text{milisegundos} = 1 \text{ ciclo}$$

Con estos cálculos nos indica que el tiempo que demora cada ingrediente es el siguiente:

Bocadillo de guayaba

$$6.90 \text{milisegundos} = 1 \text{ porcion}$$

Donde cada 11 porción se debe llenar del ingrediente a través del tubo N°2 y esto dura 76.93 milisegundos

Arequipe

$$10.87 \text{milisegundos} = 1 \text{ porcion}$$

Donde cada 7 porción se debe llenar del ingrediente a través del tubo N°2 y esto dura 76.93 milisegundos

Arequipe

$$10.87 \text{milisegundos} = 1 \text{ porcion}$$

Donde cada 7 porción se debe llenar del ingrediente a través del tubo N°2 y esto dura 76.93 milisegundos

Carne de res y de pollo

$$21.28 \text{milisegundos} = 1 \text{ porcion}$$

Donde cada 3 porción se debe llenar del ingrediente a través del tubo N°2 y esto dura 76.93 milisegundos

A.4.5 Selección de compresor

Para seleccionar un adecuado compresor para el funcionamiento del sistema de dosificación el cual consta de dos cilindros neumáticos se tienen que tener en cuenta los siguientes parámetros:

Presión de Aire: Esta es la presión a la que puede trabajar el compresor y se mide en libras * pulgadas cuadradas, también se utiliza la medida en Bares (BAR) se utilizara dos cilindros neumáticos cada uno con una presión 6 bares y en su totalidad la presión del aire necesaria en este compresor debe ser de 12 bares mínimo.

Caudal o Volumen: Esta es la capacidad que tiene el compresor de oprimir el aire sobre una unidad de tiempo y se mide en PCM (Pies Cúbicos por Minuto) o l/min (litros por minuto) según sus unidades, en este caso el caudal de cada cilindro neumático es 18.5 l/min y para el funcionamiento de estos dos se es necesario un caudal total de 37 l/m.



Potencia: En este caso es la capacidad de trabajo que tiene el compresor y se mide en HP (Horse Power, caballos de fuerza), también se utilizan los KW (Kilowatios) entre mayor es la potencia o el caballaje del compresor, más aire puede suministrar el equipo este se puede hallar después de la selección del compresor con las anteriores variables.

Después de conocerse las variables que se deben de tener en cuenta su adecuada elección, el compresor seleccionado con sus características se pueden analizar en tabla A-18.

Tabla A-18: Características de compresor seleccionado [44]

	Marca:	Evans
	Potencia del motor:	5.00 HP
	Velocidad del Motor	1750 RPM
	Tipo de motor	Eléctrico
	Marca del motor:	Weg/Siemens
	Fases	Trifásico
	Voltaje	220/440 V
	Tipo de compresor:	Reciprocante
	Presión máxima:	12 Bares
	Caudal	500.00 L/min
	Posición del tanque:	Horizontal
	Tiempo de trabajo:	10000
	Acoplamiento del motor a la cabeza:	Banda V
	Tipo de guarda:	Metálica
	Número de cabezas:	1
	Numero de Etapas	2
	Números de cilindros/pistones:	2
	Dimensiones de Empaque:	161.00 X 66.00 X 135.00 cm
	Peso:	298.00 Kg

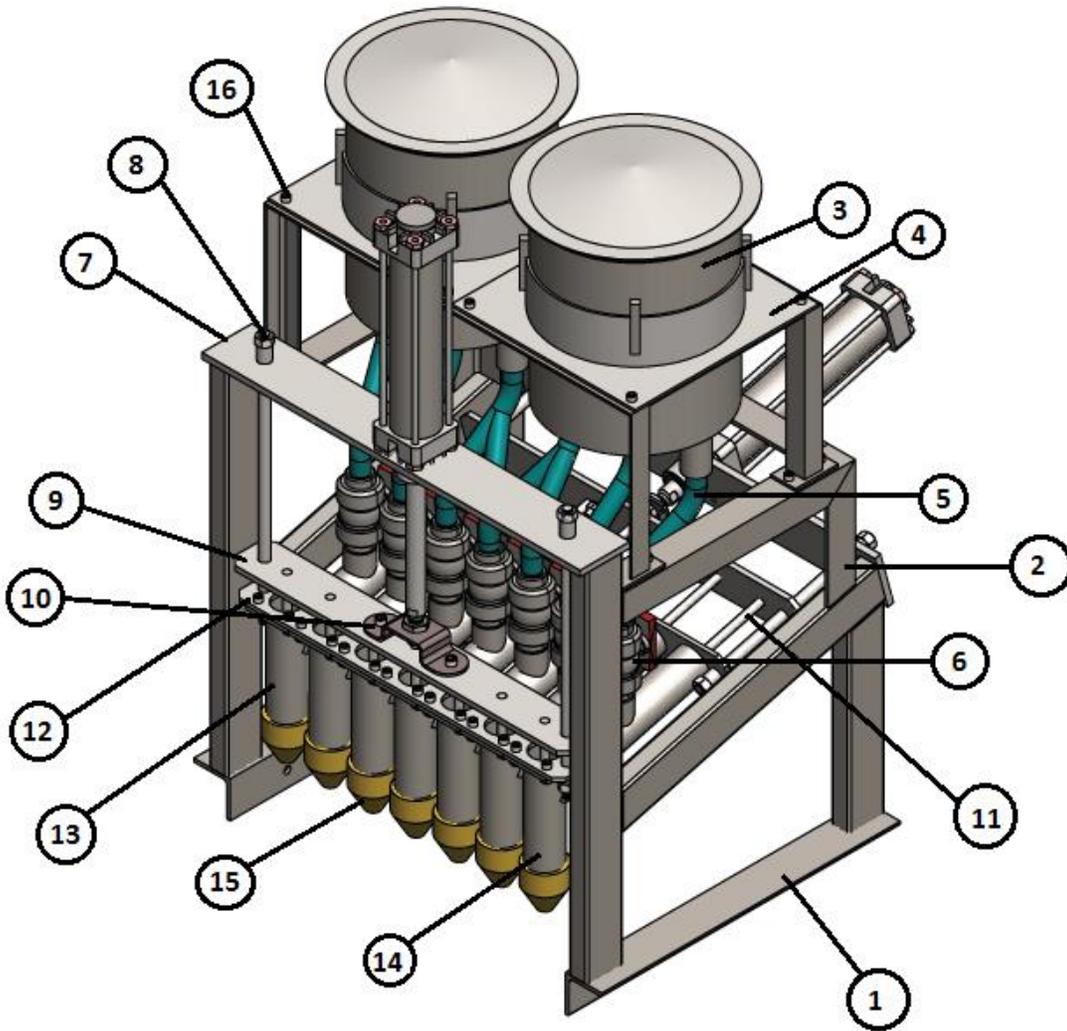
Se seleccionó este compresor por que cumple con los variables presión y caudal requeridos para su adecuado funcionamiento y además de su potencia necesaria para suministrar al sistema



A.4.6 Manufactura de sistema de dosificación

Este sistema se puede observar ensamblado con sus respectivas partes en las figuras A-68

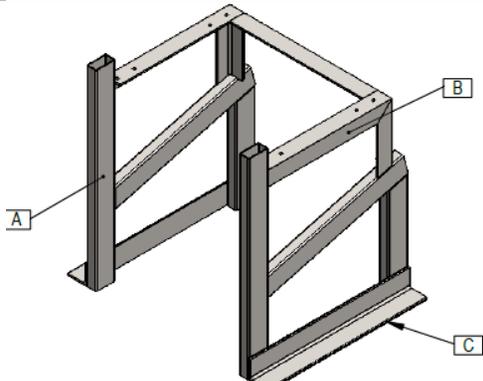
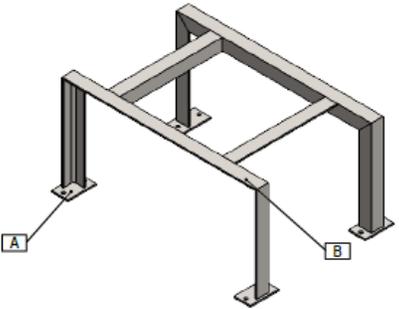
Figura A-68: Sistema de dosificación ensamblado



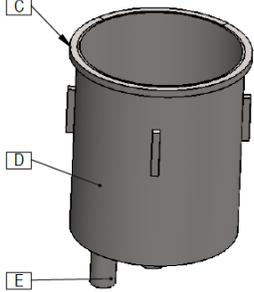
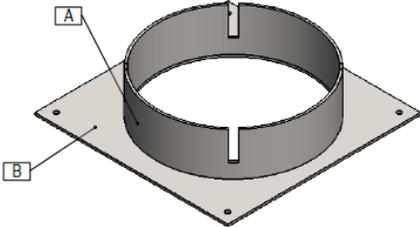
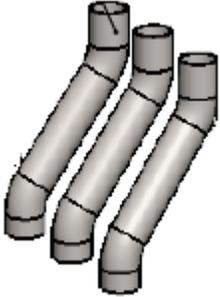
En este sistema se puede encontrar las siguientes piezas las cuales serán explicadas con sus respectivos procesos de manufactura para cada uno de sus componentes a continuación:



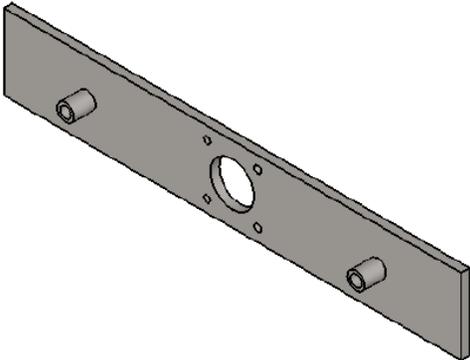
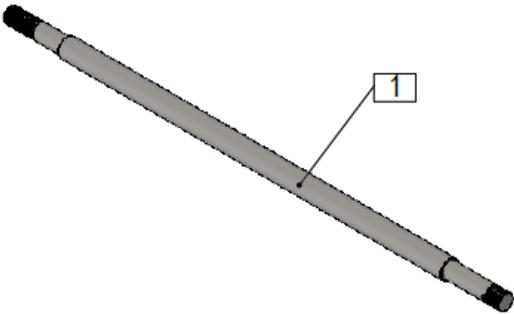
Tabla A-19: Manufactura de piezas de sistema de dosificación

Numero	Cantidad	Imagen	Material	Proceso
1	1		<ul style="list-style-type: none">- Perfil angular en acero inoxidable 304 de 1 1/2"x 1.50 m- Perfil angular en acero inoxidable 304 de 2"x 2 m- Perfil rectangular en acero inoxidable 304 de 2"x 1" por 6 metros	Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada y además de soldadura entre estos perfiles y por último la perforación de estos con broca de 1/4" para sujeción con el sistema de banda.
2	1		<ul style="list-style-type: none">- Perfil angular en acero inoxidable 304 de 1 1/2"x 4.2 m-Platina en acero inoxidable 304 de 1/2"x 25cm	Para la fabricación de estas piezas se es necesario primero cortarlas a la medida necesaria, enseguida se perfora las 4 platinas en dos ocasiones con una broca de 1/4" y para culminar se soldán la estructura del perfil angular con dichas platinas

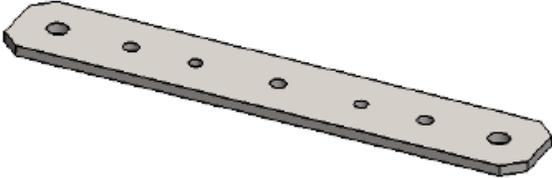
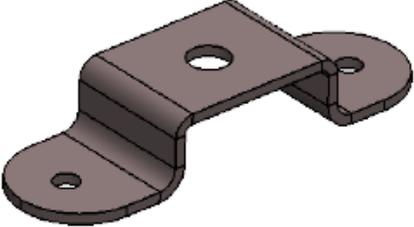
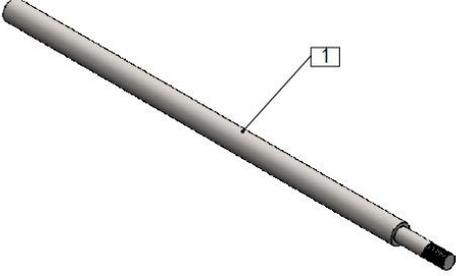


3	2		<p>- Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 3 mm de espesor con dimensiones de 1.25 m por 0.6 m</p> <p>-Tubo redondo en acero inoxidable 312 de 1" x 30 cm</p> <p>-Eje Cuadrado en acero inoxidable 304 de 3/8" x 1.2metros</p>	<p>Para la elaboración de esta pieza se es necesario primero cortarlas a la medida necesaria, después realizar el proceso de rolado en las láminas y ejes cuadrados y por último se soldán estas circunferencias realizadas y se ensambla junto a los tubos redondo para formar el tanque del dosificador.</p>
4	2		<p>-Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 3 mm de espesor con dimensiones de 35 cm m por 70 cm</p>	<p>Para la elaboración de esta pieza se es necesario primero cortarlas a la medida necesaria, después realizar el proceso de rolado en las láminas y por último se soldán estas circunferencias realizadas junto a la lámina con su circunferencia.</p>
5	7		<p>-Tubo redondo en acero inoxidable 312 de 1" x 1 m</p>	<p>Para la elaboración de esta piezas se es necesario primero cortarlas a la medida necesaria, después realizar el proceso de doblado hasta encontrar su forma original además que se realiza un proceso de roscado en una de las puntas de los tubo y por último se soldán las piezas junto a los tubos salientes de la pieza N°3.</p>

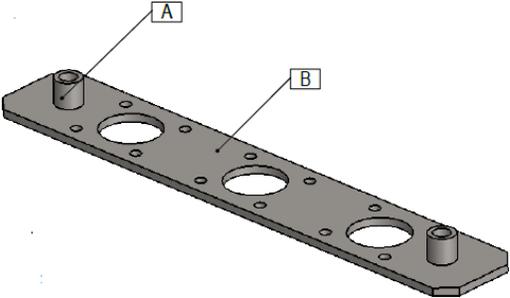
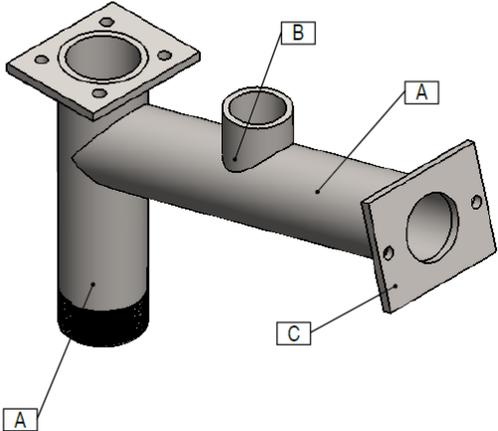


6	7		-Válvulas de PVC tipo esfera para tubo redondo de 1"	Estos elementos no tiene un proceso porque estos son comerciales, este simplemente se ajusta con los tubos de la pieza N°5 junto a la pieza N°13.
7	2		-Platina en acero inoxidable 304 de 1 1/2"x 1.8cm - Tubo en acero inoxidable 312 de 5/8"x 10 cm	Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada, además de proceso de perforación en las platinas con la brocas de 1/4" ,5/8"y 1 1/2"y por último se soldán a los extremos de estas los tubos cortados.
8	4		Eje redondo en acero inoxidable 304 de 1/2" x 1.2 metros	.Para la manufactura de estos ejes se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto torneare y realizar un roscado para en sus puntas de 1/4" para ajustar con la pieza N°7.

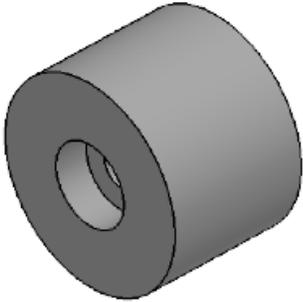
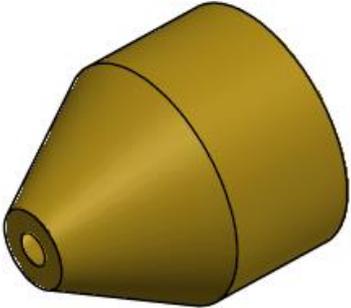


9	2		-Platina en acero inoxidable 304 de 1 1/2"x 1.30cm	Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada, además de proceso de perforación en las platinas con la brocas de 5/16" ,3/8" y 1/2" respectivamente.
10	2		-Platina en acero inoxidable 304 de 1 1/2"x 50cm	Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada, además de proceso de perforación en las platinas con la brocas de 5/16 y 1/2" respectivamente y por último se realizan sus dobleces.
11	14		Eje redondo en acero inoxidable 304 de 3/8" x 2.8 metros	Para la manufactura de estos ejes se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto tornearse y realizar un roscado para en una de sus puntas de 1/4" para ajustar con la pieza N°14.

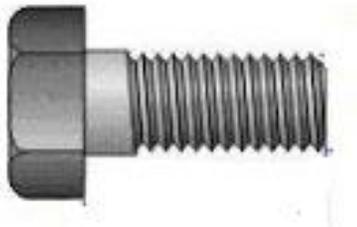


12	2		<ul style="list-style-type: none">-Platina en acero inoxidable 304 de 1 1/2" x 1.40m- Tubo en acero inoxidable 312 de 5/8" x 10 cm	<p>Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada, además de proceso de perforación en las platinas con la brocas de 1/4" ,5/8" y 1 1/2" y por último se soldan a los extremos de estas los tubos cortados.</p>
13	7		<ul style="list-style-type: none">-Tubo redondo en acero inoxidable 312 de 1" x 40 cm-Tubo redondo en acero inoxidable 312 de 1 1/4" x 2.50 m-Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 5 mm de espesor con dimensiones de 7 cm m por 45 cm	<p>Para la manufactura de estas piezas se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto realizar el proceso de roscado en una de las puntas de los tubos de 1 1/4" después de esto perforar con brocas 1/4" "y 1 1/2" los pedazos de lámina de 5 mm cortados y por último se soldan los tubos cortados y las láminas perforadas.</p>



14	14		<p>- Eje redondo en teflón de 1 1/2" x 40 cm.</p>	<p>Para la manufactura de estos pistones se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto tornearse y perforar con unas brocas de 9/16" y de 1/4" para su ajuste con el eje N°11.</p>
15	7		<p>Eje redondo en acero inoxidable 304 de 2" x 45 cm</p>	<p>Para la manufactura de estas piezas se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto realizar el proceso de torneado y fresado para lograr su forma cónica además de esto de esto su perforación con una broca de 1 1/2" para culminar con un roscado en esta perforación para una sujeción con la pieza N°13.</p>



16	76		<p>-60 tornillos cabeza bristol tuercas y guasas de 1/4" x 3/4" en acero inoxidable 304</p> <p>-8 Tuercas de 7/16" en acero inoxidable 304</p> <p>-8 tornillos cabeza bristol tuercas y guasas de 5/16" x 3/4" en acero inoxidable 304</p>	<p>Estos elementos no tiene un procesos porque estos son comerciales, este simplemente se ajusta de la siguiente manera:</p> <p>-1/4" con la pieza N°12 y 13 y la N°4 y 2</p> <p>-7/16" con la pieza N°7 y 8</p> <p>-5/16" con la pieza N°10 y 9</p>
----	----	---	--	--



A.5 Sistema de corte lineal

Este sistema de corte lineal consta de tres subsistemas los cuales son: el soporte de la masa, rodillo amasador y corte lineal de la masa este sistema.

A.5.1 Manufactura de soporte de masa

Este sistema se puede observar ensamblado y despiezado con sus respectivas partes en las figuras A-69 y A-70

Figura A-69: Soporte de masa ensamblado

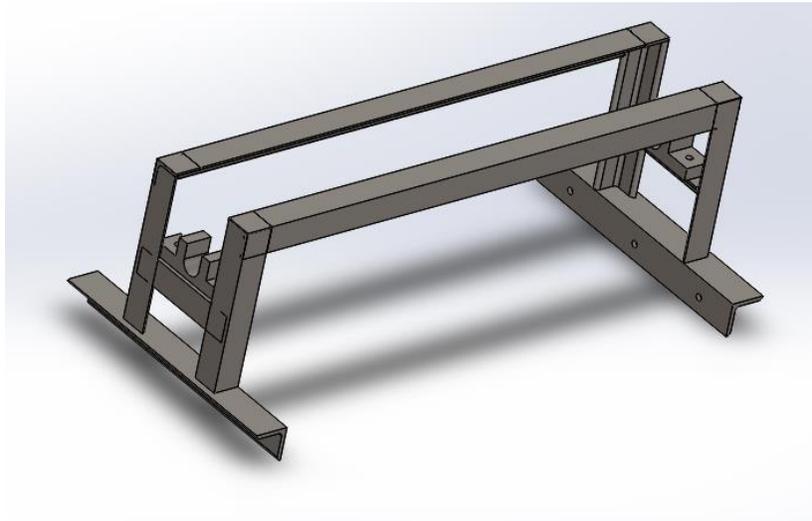
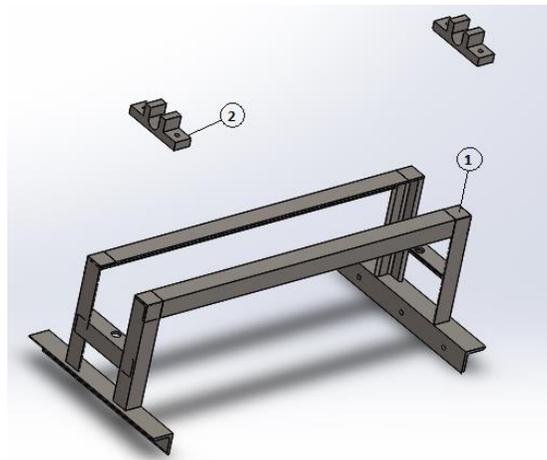


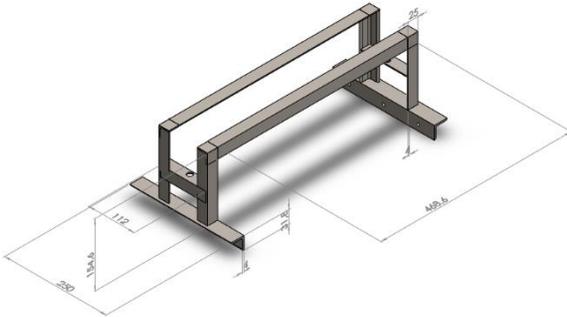
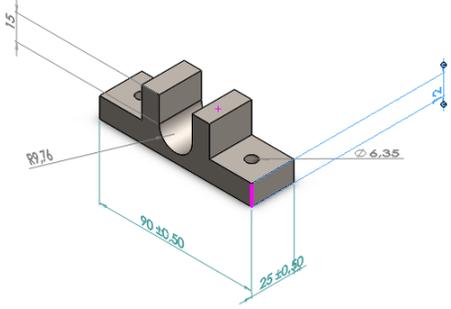
Figura A-70: Soporte de masa vista explosionada



En este sistema se puede encontrar las siguientes piezas las cuales serán explicadas con sus respectivos procesos de manufactura para cada uno de sus componentes a continuación:



Tabla A-20: Manufactura de piezas de soporte de masa

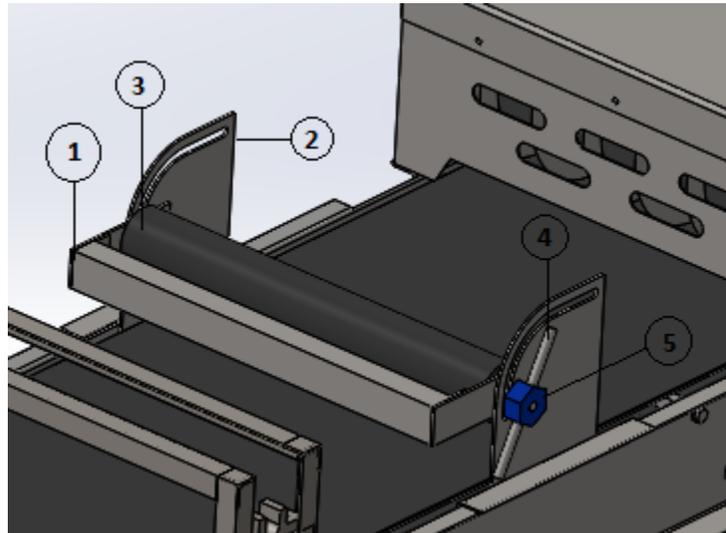
Numero	Cantidad	Imagen	Material	Proceso
1	1		-Perfil angular en acero inoxidable 304 de 1"x 1.8 metros - Perfil angular en acero inoxidable 304 de 1 1/4"x 5 cm	Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada y además de soldadura entre estos dos perfiles angulares y por último la perforación de estos con broca de 1/4"
2	2		eje cuadrado en acero inoxidable 304 de 1 1/4" x 20 cm	Para la fabricación de estas piezas se es necesario primero cortarlas a la medida, además de fresado hasta la forma requerida, enseguida se perfora en dos ocasiones estas con una broca de 1/4" se hace por último la aplicación de los cordones de soldadura los extremos de cada una con los perfiles angulares explicados anteriormente



A.5.2 Manufactura de rodillo amasador

Este sistema se puede observar ensamblado con sus respectivas partes en las figuras A-71

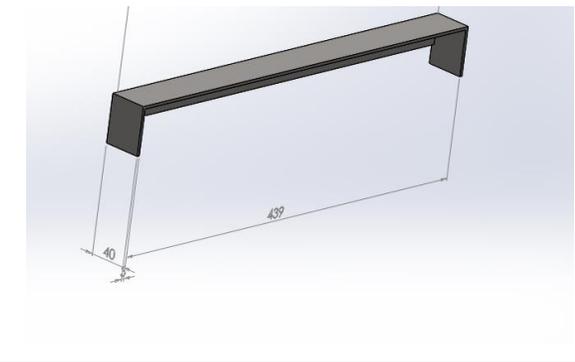
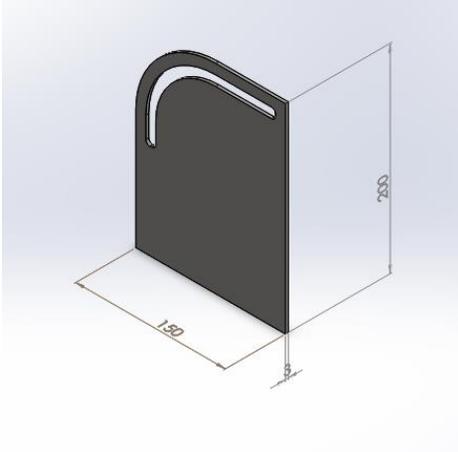
Figura A-71: Rodillo amasador ensamblado



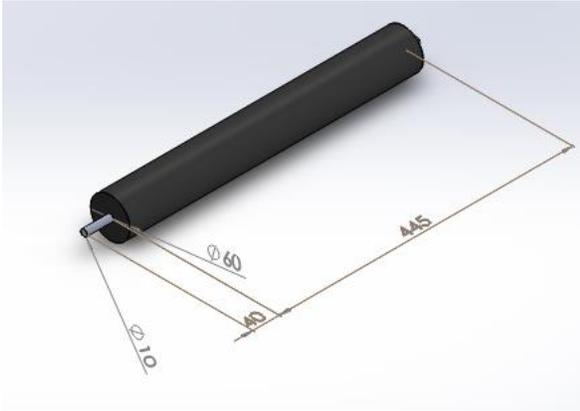
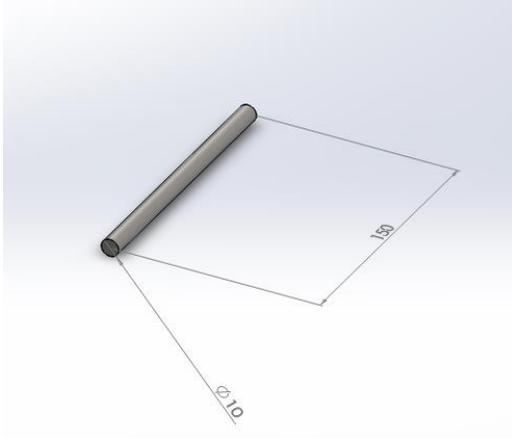
En este sistema se puede encontrar las siguientes piezas las cuales serán explicadas con sus respectivos procesos de manufactura para cada uno de sus componentes a continuación:



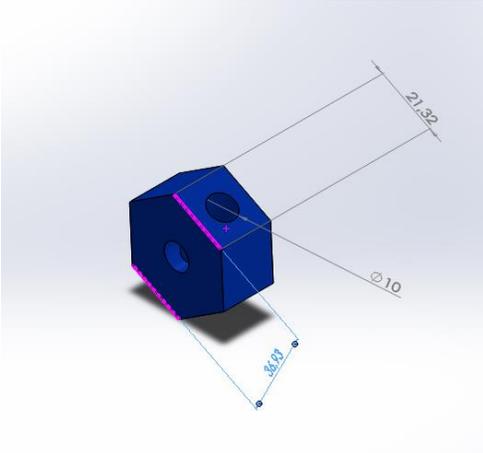
Tabla A-21: Manufactura de piezas de rodillo amasador

Numero	Cantidad	Imagen	Material	Proceso
1	1		Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 3 mm de espesor con dimensiones de 6 cm por 52cm	Para la elaboración de estas pieza se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada después de esto se realizan sus respectivos dobles de cada arista se aplica la soldadura para la unión de estas y por último la perforación de esta pieza en sus extremos con una broca de 3/8"
2	2		Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 3 mm de espesor con dimensiones de 40 cm por 30cm	Para la fabricación de estas piezas se es necesario primero cortarlas a la medida, además de fresado hasta la forma requerida, por último se perfora con una broca de 3/16" para ajustar a la estructura de la banda



3	1		<ul style="list-style-type: none">- eje de poliform y PVC de 2 1/2" x 45 cm- Eje redondo en acero inoxidable 304 de 7/16" x 53 cm	<p>Para la fabricación de estas pieza se es necesario primero cortarlas a la medida, además de torneado de acuerdo a los diámetros especificados hasta la forma requerida, se perfora con una broca de 3/8" el eje de poliform y PVC para ajustar a presión el eje en acero inoxidable y se realiza su respectiva rosca para ajustar gracias a la tuerca N°5</p>
4	2		<ul style="list-style-type: none">- Eje redondo en acero inoxidable 304 de 7/16" x 30 cm	<p>Para la fabricación de estas pieza se es necesario primero cortarlas a la medida y por último se moldea a presión las puntas de este eje después introducirse en la tuerca N°5</p>



5	2		<p>- Eje redondo en acero inoxidable 304 de 1 1/2" x 4 cm</p>	<p>Para la manufactura de este eje se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto torneado y cepillado de estas tuercas para culminar perforación en cuatro ocasiones con broca de 7/16" con sus respectivas roscas en dos de sus perforaciones para su ajuste con el eje amasador N°3</p>
---	---	--	---	---



A.5.3 Manufactura de corte lineal

Este sistema se puede observar ensamblado y despiezado con sus respectivas partes en las figuras A-72 y A-73.

Figura A-72: Ensamblado de corte lineal

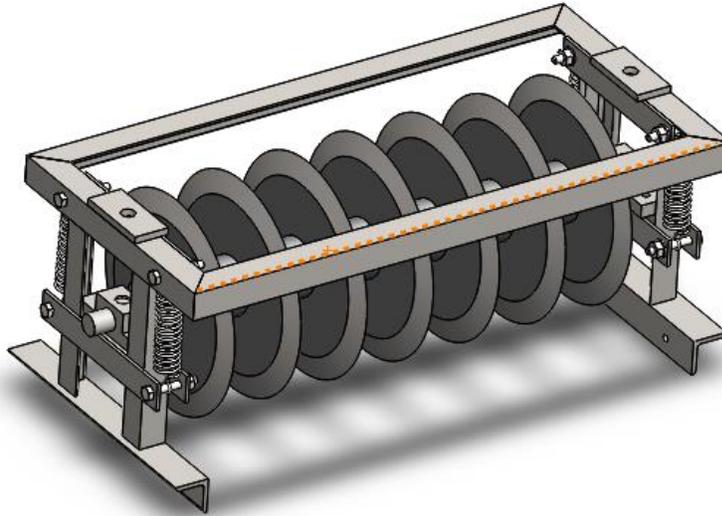
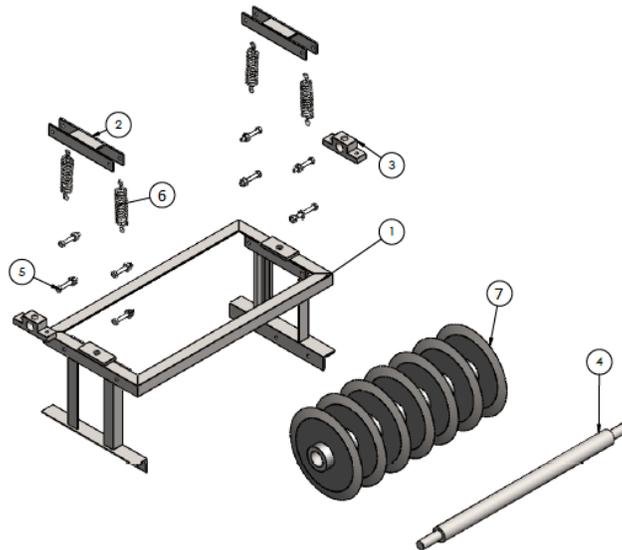


Figura A-73: vista explosionado de corte lineal



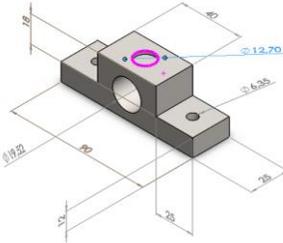
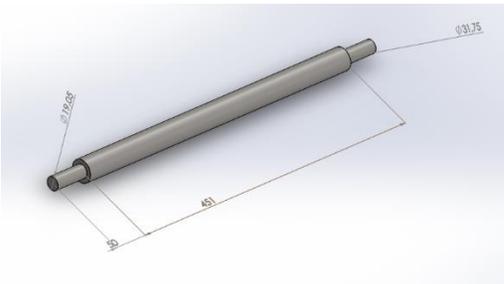
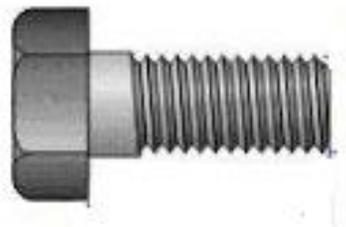
En este sistema se puede encontrar las siguientes piezas las cuales serán explicadas con sus respectivos procesos de manufactura para cada uno de sus componentes a continuación:



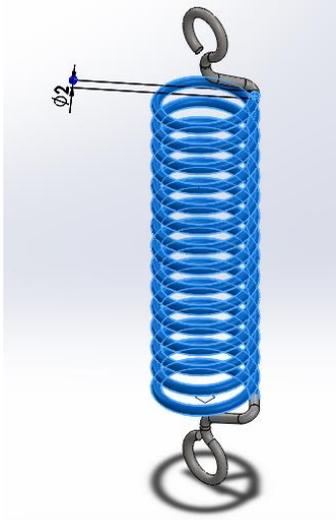
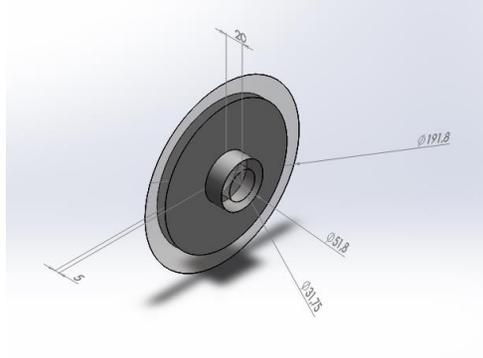
Tabla A-22: Manufactura de piezas de corte lineal

Numero	Cantidad	Imagen	Material	Proceso
1	1		<ul style="list-style-type: none">-Perfil angular en acero inoxidable 304 de 1"x 1.8 metros- Perfil angular en acero inoxidable 304 de 1 ¼"x 50 cm-Platina en acero inoxidable 304 de 1 ¼" x 14 cm	Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en la medida especificada y además de soldadura entre estos dos perfiles angulares y por último la perforación de estos con broca de ¼".
2	2		Platina en acero inoxidable 304 de 1"x 90cm	Para la fabricación de estas piezas se es necesario primero cortarlas a la medida necesaria, enseguida se perfora estas en cuatro ocasiones con una broca de ¼" y por último se soldan de acuerdo a los planos.



3	2		Eje cuadrado en acero inoxidable 304 de 1" x 20 cms	Para la fabricación de estas piezas se es necesario primero cortarlas a la medida, enseguida se perfora en dos ocasiones estas con una broca de 1/4" además de su perforación que traspasa la pieza de forma horizontal con una broca de 3/4" y un pequeño orificio de 1/2" en la vista superior de la pieza.
4	1		Eje en acero inoxidable 304 de 1 1/4" x 56 cm	Para la manufactura de estos ejes se es necesario cortar a la medida necesaria según el diseño, después de esto tornear en sus puntas de acuerdo a las especificaciones del diseño.
5	15		Tornillos cabeza hexagonal tuercas y guasas de 1/4" x 1 1/4" en acero inoxidable 304	Estos elementos no tiene un proceso porque estos son comerciales, este simplemente se ajusta con la pieza N°1 y la N°2 y la pieza N°2 con la N°3.



6	4		<p>-Resorte de 2 mm de diámetro, altura libre 12 cm en acero inoxidable 316</p>	<p>Estos elementos como tal no tiene unos procesos porque estos son comerciales, este simplemente se ajustan entre la pieza N°1 y N°2 para el desplazamiento horizontal del eje.</p>
7	7		<p>-Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 5 mm de espesor con dimensiones de 20 cm por 140 cm - Eje en acero inoxidable 304 de 2 1/4" x 15 cm</p>	<p>Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en laser para su precisión, además de proceso de torneado en el eje para su ajuste de acuerdo a la medidas a continuación se perfora y se realiza un roscado de 3/16" para ajuste con prisionero en el eje y por último el proceso de soldado y afilado de los discos cortados.</p>



A.6 Sistema de doblado

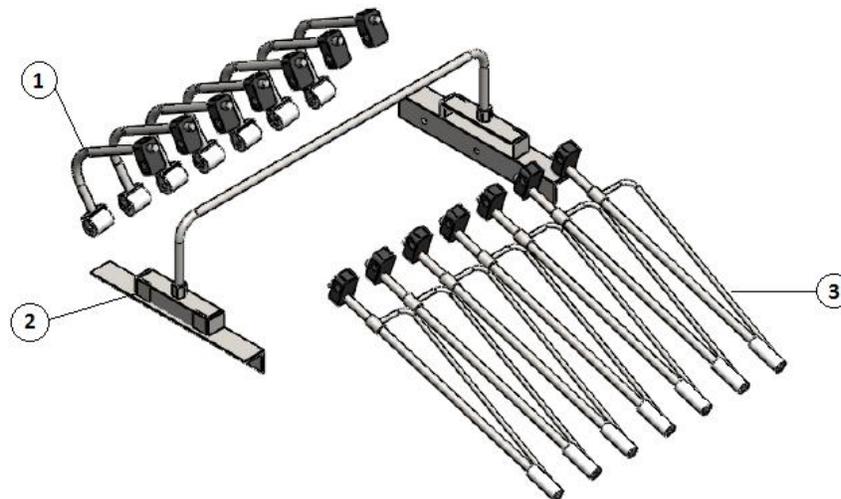
A.6.1 Manufactura de sistema de doblado

Este sistema se puede observar ensamblado y despiezado con sus respectivas partes en las figuras A-74 y A-75

Figura A-74: Ensamblado de sistema de doblado

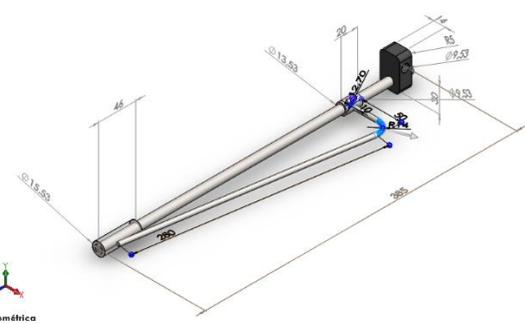


Figura A-75: Vista explosionada de sistema de doblado



En este sistema se puede encontrar las siguientes piezas las cuales serán explicadas con sus respectivos procesos de manufactura para cada uno de sus componentes a continuación:



3	14		<ul style="list-style-type: none">-Lamina de teflón de 2 mm de dimensiones de 5 cm x 28 cm-Eje redondo en acero inoxidable 304 de 9/16" x 5.40 m- Eje redondo en acero inoxidable 304 de 5/8" x 1 m- Eje redondo en acero inoxidable 304 de 1/2" x 4.7 m	<p>Para la fabricación de estas piezas se es necesario primero cortarlas a la medida, además de esto perforación y torneado de 9/16" al eje de 5/8" y de 1/4" para las láminas de teflón, a continuación se dobla los ejes de 1/2" según la forma requerida y se culmina soldando los ejes perforados con estos y esta unión con los ejes redondos de 9/16".</p>
---	----	--	---	--



A.7 Sistema de prensado

A.7.1 Calculo de uniones soldadas

-La estructura de sistema de prensado está elaborado de: Perfil angular en acero inoxidable AISI 304 de 1 in con espesor de 1/8 in, perfil angular en acero inoxidable AISI 304 de 1 1/4 in con espesor de 1/8 in, platina en acero inoxidable AISI 304 de 1 1/4 in con espesor de 3 mm, Platina en acero inoxidable AISI 304 de 1 in con espesor de 3 mm, estos se pueden encontrar comercialmente en "Wesco" y sus características se pueden encontrar en la tabla A-25 y A-26

Tabla A-24: Características de perfiles angulares [45]

Grado	Dimensión	Espesor en Pulgadas	Longitud
304	1" X 1"	1/8"	6 mts
304	1 1/4" X 1 1/4"	1/8"	6 mts

Tabla A-25: Características de platinas [34]

Grado	Dimensión	Espesor en mm	Longitud
304	1"	3	6 mts
304	1 1/4"	3	6 mts

- Según el catálogo de Wesco el cual puede visualizar en tabla A-8 el acero AISI 304 tiene una densidad de 7.93 g/cm^3 , el módulo de Young es de 210 GPa y una resistencia a la tracción de 450 MPa .

-Como la estructura es simétrica se hace un corte por la mitad y se asumirá que las cargas al otro lado serán equivalentes.

-Todos los cordones de soldadura son a solape con c igual a 3 mm . La soldadura se realiza bajo el proceso TIG ya que es el más adecuado para soldar acero inoxidable y por su presentación, los cuales se pueden evidenciar en figura A-75 y A-76.

-Los pernos seleccionados para sujetar la estructura son $3/8 \text{ in} \times 1.0 \text{ in}$ fabricados en acero inoxidable AISI 304.

-Para determinar la carga que debe soportar la estructura se calcula la placa de estructura, eje cortador y piezas sujetadoras las cuales serán descritos a continuación, luego de sumar las masas se multiplica por la gravedad y se divide en 2 en la figura A-76 y A-77 se puede observar los dos cordones que serán analizados resaltados de color azul.



Figura A-76: Primer cordón de soldadura

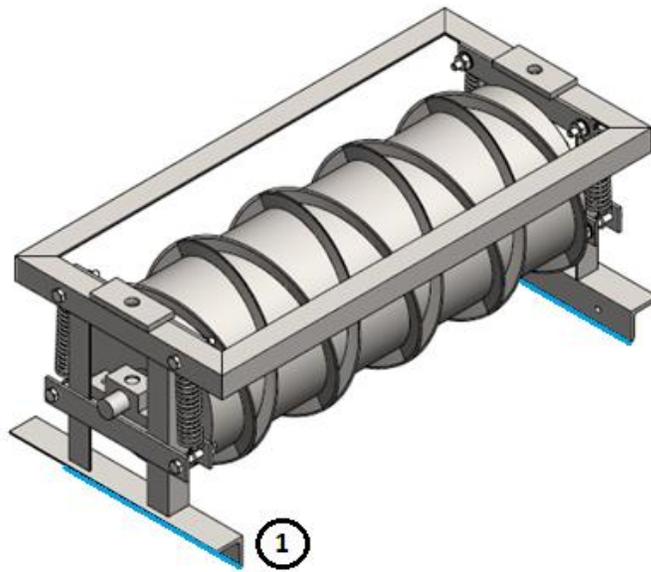
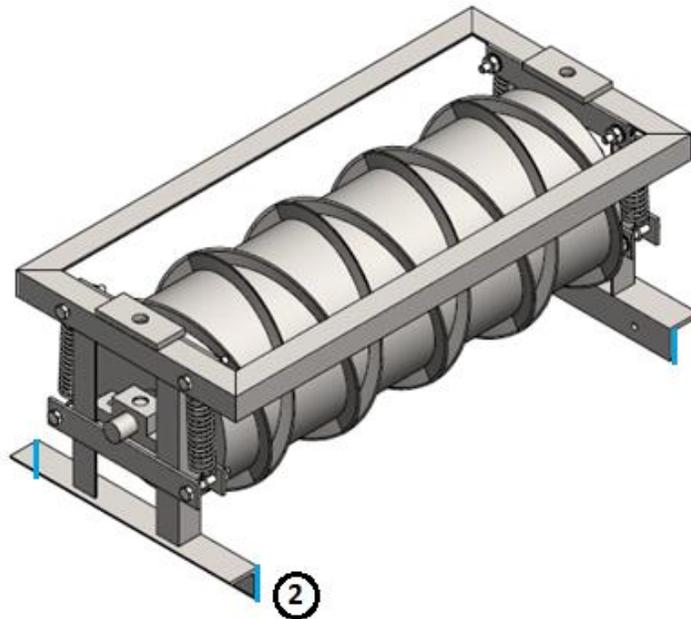


Figura A-77: Segundo cordón de soldadura



El sistema de dosificación consta de las siguientes piezas las cuales se pueden evidenciar y notar de figura A-78 y tabla A-27.



Figura A-78: Piezas de sistema de prensado

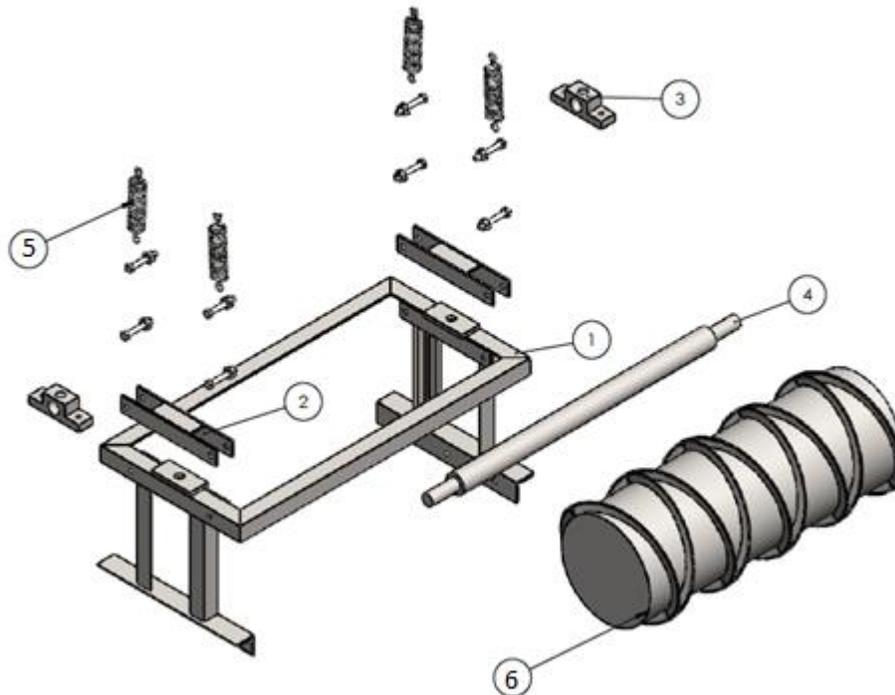


Tabla A-26: Nombre de piezas de sistema

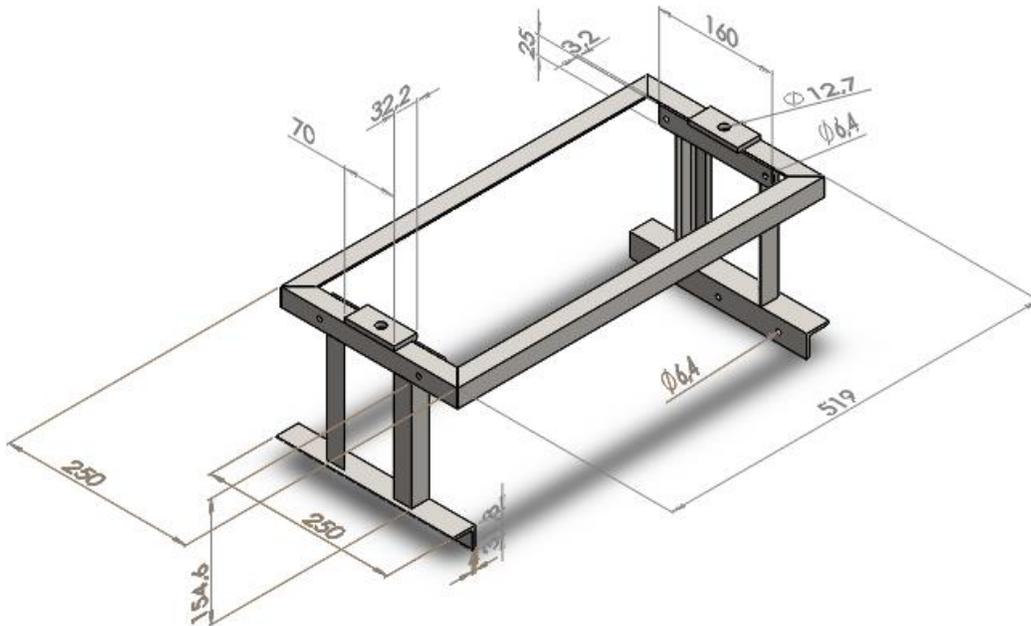
N° Pieza	Nombre
1	Estructura
2	Sujetadores
3	Piezas sujetadores
4	Eje transmisor
5	Resortes
6	Tanque

Calculo de volúmenes y peso de piezas (acero AISI 304)

En el sistema de prensado tiene una estructura con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-79.



Figura A-79: Medidas de estructura (unidades mm)



Perfil angular de 1/8 in de espesor

$$h = 180 \text{ cm}$$

$$a = 2.54 \text{ cm}$$

$$b = 2.54 \text{ cm}$$

$$Peso_{Teorico} = 1.78 \frac{Kg}{m}$$

$$Peso_{Teorico} = 1.78 \frac{Kg}{m} * 1.8m = 3.204Kg * \frac{1000g}{1Kg} = 3204g$$

Perfil angular de 1/8 in de espesor

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$a = 3.175 \text{ cm}$$

$$b = 3.175 \text{ cm}$$

$$Peso_{Teorico} = 1.51 \frac{Kg}{m}$$

$$Peso_{Teorico} = 1.51 \frac{Kg}{m} * .05m = 0.755Kg * \frac{1000g}{1Kg} = 755g$$

Patina de 3 mm de espesor

$$h = 14 \text{ cm}$$

$$a = 3.175 \text{ cm}$$



$$Peso_{Teorico} = 7.69 \frac{Kg}{m}$$

$$Peso_{Teorico} = 7.89 \frac{Kg}{m} * 0.14m = 1.1046Kg * \frac{1000g}{1Kg} = 1104.6g$$

$$m_{TESTRU} = m_{ang1} + m_{ang2} + m_{Pla}$$

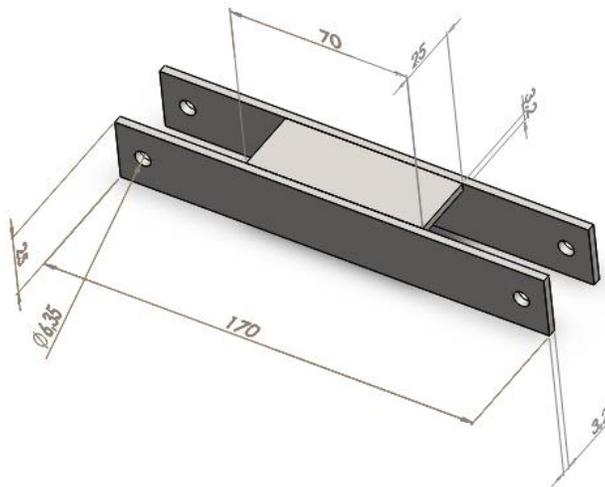
$$m_{TESTRU} = 3204g + 755g + 1104.6g$$

$$m_{TESTRU} = 5063.6g$$

Sujetadores

En el sistema de prensado tiene dos sujetadores con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-80

Figura A-80: Dimensiones de sujetadores



Patina de 3 mm de espesor

$$h = 90 \text{ cm}$$

$$a = 2.54 \text{ cm}$$

$$Peso_{Teorico} = 7.69 \frac{Kg}{m}$$

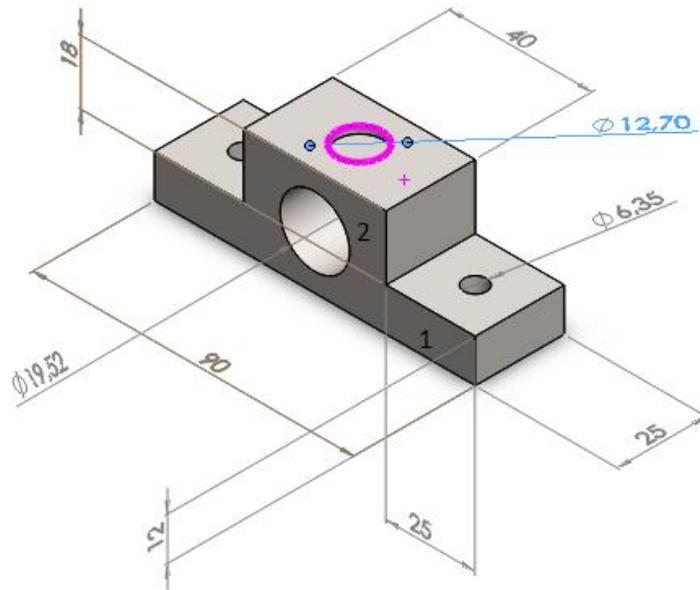
$$Peso_{Teorico} = 7.69 \frac{Kg}{m} * 0.9m = 6.921Kg * \frac{1000g}{1Kg} = 6921g$$



Soportes

En el sistema de prensado tiene dos soportes con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-81

Figura A-81: Dimensiones de soportes



Volumen 1

$$L = 2.5 \text{ cm}$$

$$L = 2.5 \text{ cm}$$

$$h = 1.2 \text{ cm}$$

$$V1 = L * L * h$$

$$V1 = 2.5 \text{ cm} * 2.5 \text{ cm} * 1.2 \text{ cm}$$

$$V1 = 7.5 \text{ cm}^3$$

$$m1 = \rho * v1$$

$$m1 = 7.93 \text{ g/cm}^3 * 7.5 \text{ cm}^3$$

$$m1 = 59.47 \text{ g} * 2 = 118.94 \text{ g}$$

Volumen 2

$$L = 4 \text{ cm}$$

$$L = 2.5 \text{ cm}$$

$$h = 3 \text{ cm}$$



$$V2 = L * L * h$$

$$V2 = 4 \text{ cm} * 2.5 \text{ cm} * 3 \text{ cm}$$

$$V2 = 30 \text{ cm}^3$$

$$m2 = \rho * v2$$

$$m2 = 7.93 \text{ g/cm}^3 * 30 \text{ cm}^3$$

$$m2 = 237.9 \text{ g}$$

$$mT = m1 + m2$$

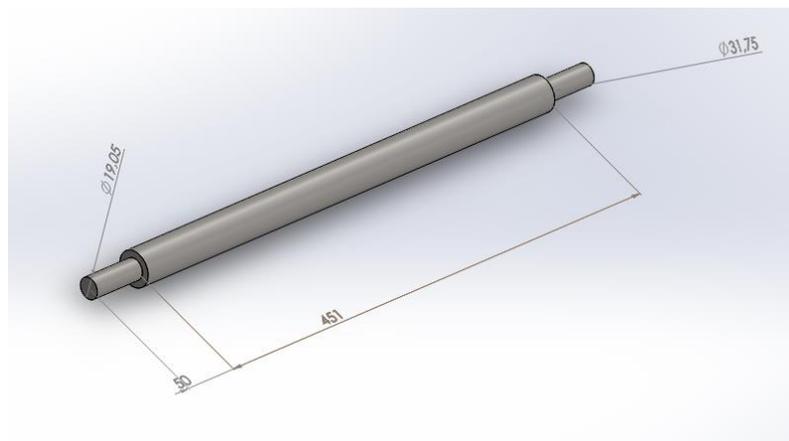
$$mT = 118.94 \text{ g} + 237.9 \text{ g}$$

$$mT = 356.84 \text{ g} * 2 = 713.68 \text{ g}$$

Eje transmisor

En el sistema de prensado tiene un eje conductor con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-82.

Figura A-82: Dimensiones de eje



Eje de 1 1/4" de espesor

$$L = 56 \text{ cm}$$

$$\text{Peso Teorico} = 6.215 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

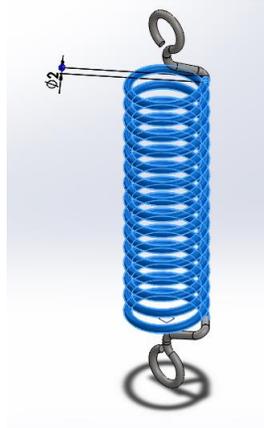
$$\text{Peso Teorico} = 6.215 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 0.56 \text{ m} = 3.48 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 3480 \text{ g}$$



Resortes

En el sistema de prensado tiene cuatro resortes con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-83.

Figura A-83: Dimensiones de resortes



Resorte de 2mm de diámetro

Según el peso teórico obtenido de solidworks es igual a

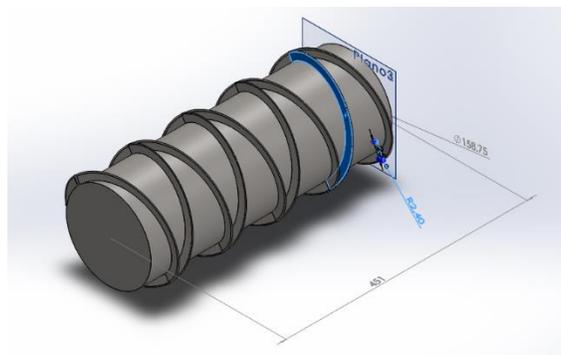
$$Peso_{Teorico} = 990 \text{ g}$$

$$Peso_{Teorico} = 990 \text{ g} * 4 = 3960 \text{ g}$$

Tanque

En el sistema de prensado tiene un tanque cortador con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-84.

Figura A-84: Dimensiones de tanque





Lamina de 5 mm de espesor

$$L = 50 \text{ cm}$$

$$L = 60 \text{ cm}$$

$$V1 = L * L * h$$

$$V1 = 50 \text{ cm} * 60 \text{ cm} * 0.5 \text{ cm}$$

$$V1 = 1500 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * v1$$

$$m1 = 7.93 \text{ g/cm}^3 * 1500 \text{ cm}^3$$

$$m1 = 11895 \text{ g}$$

Patina de 3 mm de espesor

$$h = 150 \text{ cm}$$

$$a = 2.54 \text{ cm}$$

$$Peso_{\text{Teorico}} = 7.69 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$Peso_{\text{Teorico } 2} = 7.69 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 1.5\text{m} = 11.535\text{Kg} * \frac{1000\text{g}}{1\text{Kg}} = 11535\text{g}$$

$$mT = m1 + m2$$

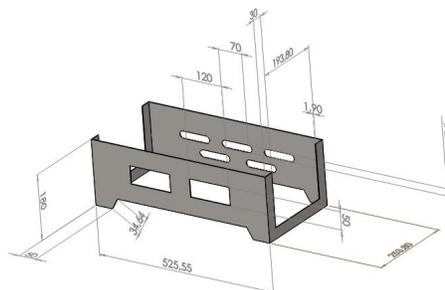
$$mT = 11895\text{g} + 11535\text{g}$$

$$mT = 23430 \text{ g}$$

Caja protectora

En el sistema de prensado tiene una caja protectora con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-85.

Figura A-85: Dimensiones de caja protectora





Lamina de 2 mm de espesor

$$L = 18 \text{ cm}$$

$$L = 160 \text{ cm}$$

$$V = L * L * h$$

$$V = 18 \text{ cm} * 160 \text{ cm} * 0.2 \text{ cm}$$

$$V = 576 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * v$$

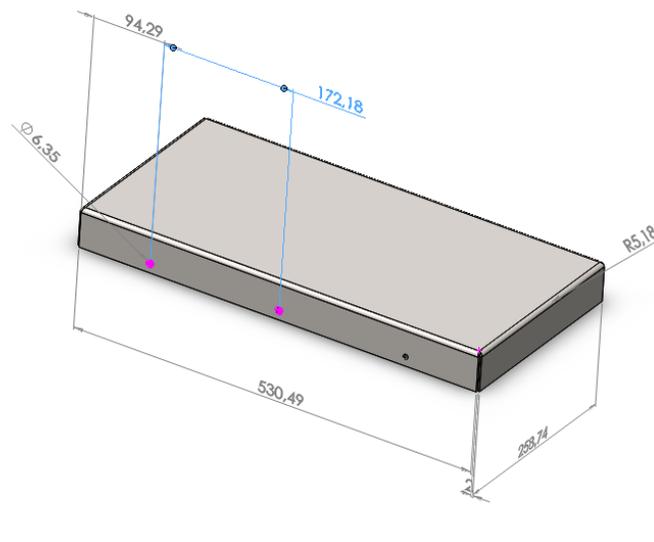
$$m = 7.93 \text{ g/cm}^3 * 576 \text{ cm}^3$$

$$m = 4567.68 \text{ g}$$

Tapa de la caja protectora

En el sistema de prensado tiene una tapa de caja protectora con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-86.

Figura A-86: Dimensiones de tapa



Lamina de 2 mm de espesor

$$L = 60 \text{ cm}$$

$$L = 30 \text{ cm}$$

$$V = L * L * h$$

$$V = 60 \text{ cm} * 30 \text{ cm} * 0.2 \text{ cm}$$

$$V = 360 \text{ cm}^3$$



$$m = \rho * v$$

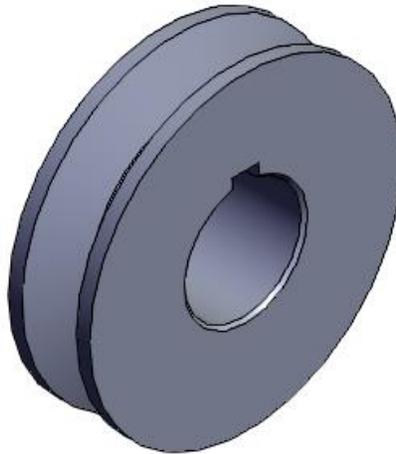
$$m = 7.93 \text{ g/cm}^3 * 360 \text{ cm}^3$$

$$m = 2854.8 \text{ g}$$

Polea

En el sistema de prensado tiene una polea transmisora con las siguientes medidas que se pueden evidenciar en la figura A-87.

Figura A-87: Dimensiones de polea



Polea de 90 mm de diámetro

Según el peso teórico obtenido de solidworks es igual a

$$Peso_{Teorico} = 1850 \text{ g}$$

Calculo de la carga F

Por última se suma todas las masas halladas con anterioridad que componen el sistema de prensado.

$$P = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9) * g$$

$$P = (5063.6 \text{ g} + 6921 \text{ g} + 713.68 \text{ g} + 3480 \text{ g} + 3960 \text{ g} + 23430 \text{ g} + 4567.68 \text{ g} + 2854.8 \text{ g} + 1850 \text{ g}) \left(\frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} \right) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$P = 518.36 \text{ N}$$



Esta carga se divide en dos ya que la carga esta soportada en 2 lados. Por tanto, en la estructura analizar solo soportan la mitad.

$$F = \frac{P}{2} = \frac{518.36N}{2} N = 259.18$$

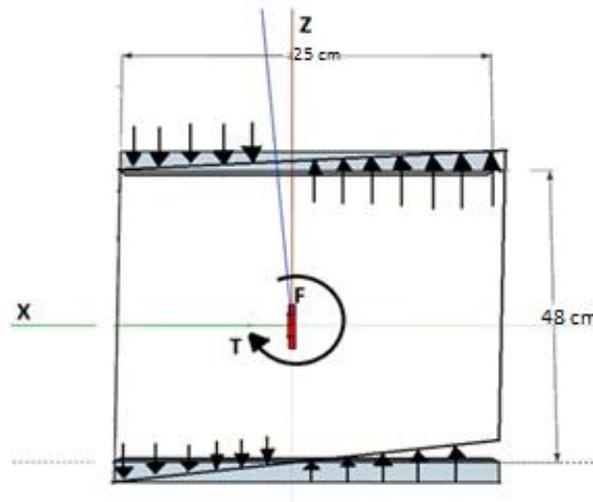
Carga que se aplicara.

Ahora se analizará si los cordones de soldadura y los pernos soportan dicha carga.

*Primer cordón a solape

- Momento alrededor del eje Z
- Fuerza a lo largo del eje Y
- Momento alrededor de Z

Figura A-88: Primer cordón momento alrededor de z



$$\tau_x = \frac{T * r}{J}$$

$$T = F(250 - 125) = F(125)mm$$

$$r = \sqrt{240^2 + 125^2} = 270.60 mm$$

$$J = J_u * c$$

$$J_u = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(480 + 250)^3}{6} = 2.88 * 10^{14}mm^3$$

$$J = (3 mm)(2.88 * 10^{14}mm^3) = 864 * 10^{14}mm^4$$

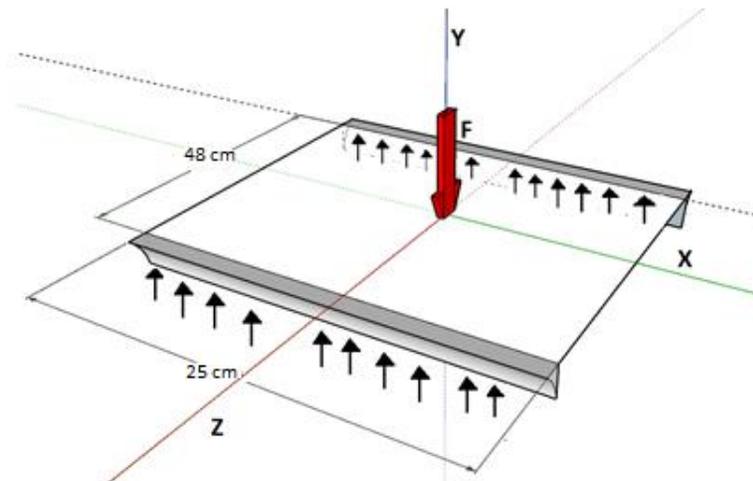


$$\tau_x = \frac{F(125\text{mm})(270.60\text{ mm})}{864 * 10^{14}\text{mm}^4}$$

$$\tau_x = F(3.91 * 10^{-13}) \text{ mm}^{-2}$$

Fuerza a lo largo del eje Y

Figura A-89: Primer cordón fuerza a lo largo de Y



$$\tau_{yz} = \frac{F}{A_g} = \frac{F}{1.414(c)(b+d)} = \frac{F}{1.414(3)(480+250)}$$

$$\tau_y = F(3.22 * 10^{-4}) \text{ mm}^{-2}$$

$$\tau_E = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2} \leq [\tau]$$

$[\tau]$ = Es el esfuerzo cortante equivalente.

$$\sqrt{F(3.91 * 10^{-13})^2 + F(3.22 * 10^{-4})^2} \leq [0.4] * 310 \text{ MPa}$$

$$F(3.22 * 10^{-4} \text{ mm}^2) = 124 \text{ Mpa}$$

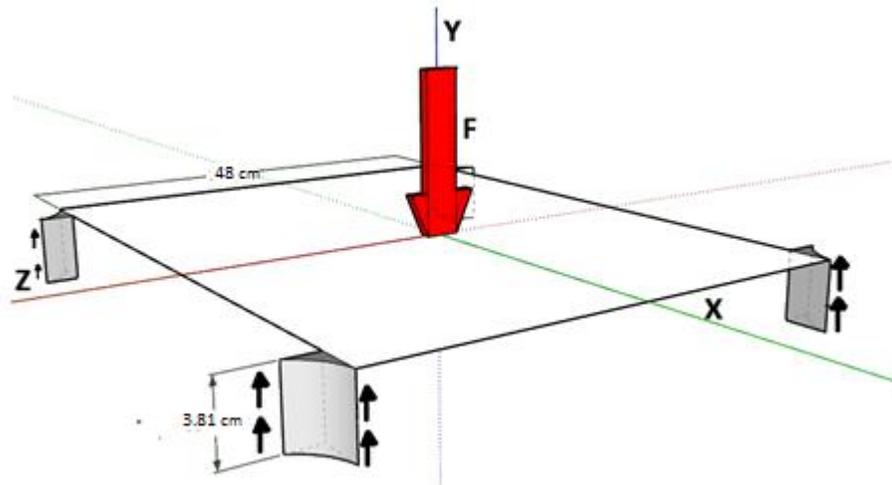
$$F = 385093.16 \text{ N}$$



Segundo cordón a solape

Fuerza a lo largo del eje Y

Figura A-90: Segundo cordón fuerza a lo largo del eje Y

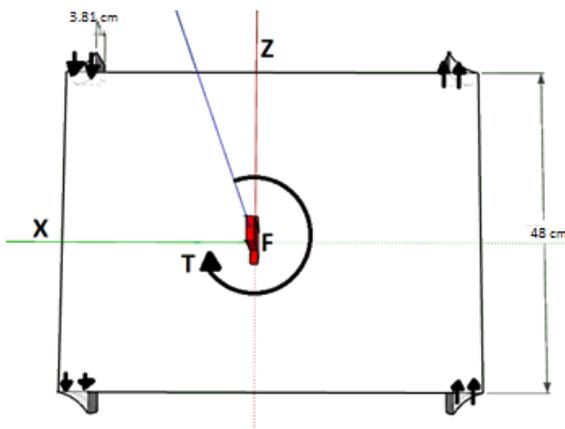


$$\tau_y = \frac{F}{A_g} = \frac{F}{1.414(c)(b+d)} = \frac{F}{1.414(3)(480+38.1)}$$

$$\tau_y = F(4.55 * 10^{-4}) \text{ mm}^{-2}$$

Momento alrededor del eje z

Figura A-91: Segundo cordón momento alrededor de Z





$$\tau_y = \frac{T * r}{J}$$

$$T = F(250 - 125) = F(125)mm$$

$$r = \sqrt{38.1^2 + 125^2} = 130.67 \text{ mm}$$

$$J = J_u * c$$

$$J_u = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(480 + 38.1)^3}{6} = 2.31 * 10^7 mm^3$$

$$J = (3 \text{ mm})(2.31 * 10^7 mm^3) = 693 * 10^5 mm^4$$

$$\tau_y = \frac{F(125mm)(130.67 \text{ mm})}{693 * 10^5 mm^4}$$

$$\tau_x = F(2.35 * 10^{-4}) mm^{-2}$$

Factor de seguridad FS

$$FS = \frac{385093.16 \text{ N}}{518.36 \text{ N}} = 74$$

Nota: el cordón número 2 es equivalente al 1

A.7.2 Selección de banda transmisora

Antes de iniciar este cálculo cabe aclararse que el para el movimiento de este sistema se necesita una motorreductor de una potencia aproximada mínima de 0.25 HP, debido a que es poca carga lo que mueve este;

Para la selección de una adecuada banda para el sistema de prensado se es necesario realizar los siguientes pasos:

-Determinar la potencia servicio

Donde se puede se puede observar la tabla A-28 del libro de diseño de máquinas estos factores de servicios para transmisiones de banda en V y su selección



Tabla A-27: Tabla de factores de servicio para transmisiones de banda en V [46]

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

$$k_5 = 1.6$$

Este se seleccionó debido a que es de impacto mediano y el par de torsión es no uniforme.

$$H = pot * K_5$$

$$pot = 0.25 \text{ HP} = 0.1864 \text{ KW}$$

Esto suponiendo que necesite todo el poder.

$$H = (0.1864 \text{ KW})(1.6)$$

$$H = 0.298 \text{ KW} * 1.340 \frac{\text{HP}}{\text{KW}} = 0.39 \text{ HP} \approx \frac{1}{2} \text{ HP}$$

Diámetros

$$\phi_{mayor} = \phi_{poleaEje} = 15 \text{ cm}$$

$$\phi_{menor} = \phi_{poleaprensado} = 9 \text{ cm}$$

$$i = \frac{15 \text{ cm}}{9 \text{ cm}} = 1.6$$

Como se puede observar en la tabla A-29 del libro elementos de máquinas se elige la banda Tipo A debido al diámetro mínimo de la polea y su intervalo de potencia.



Tabla A-28: Secciones de bandas trapeciales [46]

Secciones de bandas en V estándar

Sección de la banda	Ancho <i>a</i> , pulg	Espesor <i>b</i> , pulg	Diámetro mínimo de polea, pulg	Intervalo de potencias (hp), una o más bandas
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{2}$ -10
B	$\frac{31}{32}$	$\frac{7}{16}$	5.4	1-25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{12}{32}$	9.0	15-100
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13.0	50-250
E	$1\frac{1}{2}$	1	21.6	100 y mayores

La distancia entre centros será de 50 cm.

Longitud de la banda

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$L = 2(50) + 1.57(15 + 9) + \frac{(15 - 9)^2}{4(50)}$$

$$L = 137.86 \text{ cm} * \frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}} = 54.27 \text{ in}$$

De la tabla A-30 de elementos de máquinas se elige la banda tipo V de sección A, con una longitud de 55 in.

Tabla A-29: Circunferencias internas de bandas en V [46]

Circunferencias interiores de bandas en V estándar

Sección	Circunferencia, pulg
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, <u>55</u> , 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420
D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660
E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660

Determinar la velocidad de la banda (ft/min)

$$v = w * r$$

$$v = w * \frac{d}{2}$$



$$v = 396.66 \frac{\text{rad}}{\text{min}} * \frac{0.03 \text{ cm}}{2} = 5.94 \frac{\text{cm}}{\text{min}}$$

$$V = 5.94 \frac{\text{cm}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}} * \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} = 0.19 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

De la tabla A-31 de elementos de máquinas se determina la potencia que soporta la banda

Tabla A-30: Potencias nominales de bandas en V [46]

Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea, pulg	Velocidad de la banda, pie/min				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
B	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
7.0 y mayor	2.01	3.46	4.49	5.01	4.90	
C	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
	12.0 y mayor	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1
D	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09	1.35
	11.0	5.00	7.83	9.11	8.50	5.62
	12.0	5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
	13.0	6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
	14.0	6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
	15.0	7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
	16.0	7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
17.0 y mayor	8.01	13.9	18.1	20.6	20.7	
E	16.0	8.68	14.0	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	26.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	32.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
	28.0 y mayor	13.4	23.7	31.8	37.1	39.1

$$v = 1000 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

$$\phi = 3 \text{ in}$$

$$pot = 0.66 \text{ HP}$$

Con estos valores señalados se puede notar que esta banda si soporta la potencia requerida para su funcionamiento,



Determinar el Angulo de contacto

$$\theta_1 = 180 - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D+d}{2C}\right)$$

$$\theta_1 = 180 - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{15+9}{2(50)}\right)$$

$$\theta_1 = 152^\circ$$

Con este ángulo se determina k_1 de la tabla A-32 del libro de elementos de máquinas.

Tabla A-31: Factor de corrección de ángulo de contacto [46]

Factor de corrección del ángulo de contacto K_1 para transmisiones de banda plana VV* y en V	$\frac{D-d}{C}$	θ , grados	VV	K_1 Plana en V
		0.00	180	1.00
	0.10	174.3	0.99	0.76
	0.20	166.5	0.97	0.78
	0.30	162.7	0.96	0.79
	0.40	156.9	0.94	0.80
	0.50	151.0	0.93	0.81
	0.60	145.1	0.91	0.83
	0.70	139.0	0.89	0.84
	0.80	132.8	0.87	0.85
	0.90	126.5	0.85	0.85
	1.00	120.0	0.82	0.82
	1.10	113.3	0.80	0.80
	1.20	106.3	0.77	0.77
	1.30	98.9	0.73	0.73
	1.40	91.1	0.70	0.70
	1.50	82.8	0.65	0.65

*Un ajuste de curva de la columna VV en términos de θ es
 $K_1 = 0.143\,543 + 0.007\,46\,8\,\theta - 0.000\,015\,052\,\theta^2$
 en el intervalo de $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$.

$$k_1 = 0.80$$

De la tabla A-33 del libro elementos de máquinas se determinó el factor de longitud k_2 .



Tabla A-32: Factor de corrección de longitud de banda [46]

Factor de corrección de longitud de banda K_2^*	Longitud nominal de la banda, pulg				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

*Multiplique la potencia nominal de la banda por este factor para conseguir la potencia corregida.

$$k_2 = 0.95$$

Con estos se calcula H con la siguiente ecuación.

$$H = pot(k_1)(k_2)$$

$$H = (0.66)(0.80)(0.95)$$

$$H = 0.551$$

Numero de bandas

$$N = \frac{H (paso 1)}{H (paso 11)} = \frac{0.39}{0.551} = 0.707$$

Esto nos da como resultado de que una sola banda tipo V de sección A y longitud de 55 in puede desempeñarse eficazmente para esta tarea.



A.7.3 Manufactura de sistema de prensado

Este sistema se puede observar ensamblado y despiezado con sus respectivas partes en las figuras A-92 y A-93

Figura A-92: Sistema de prensado ensamblado

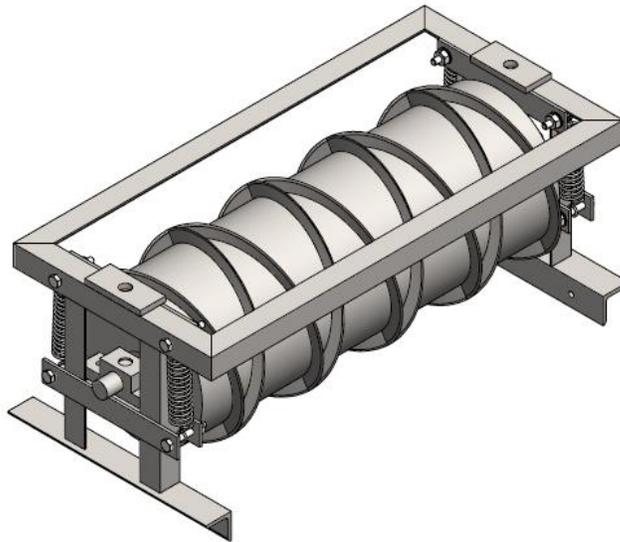
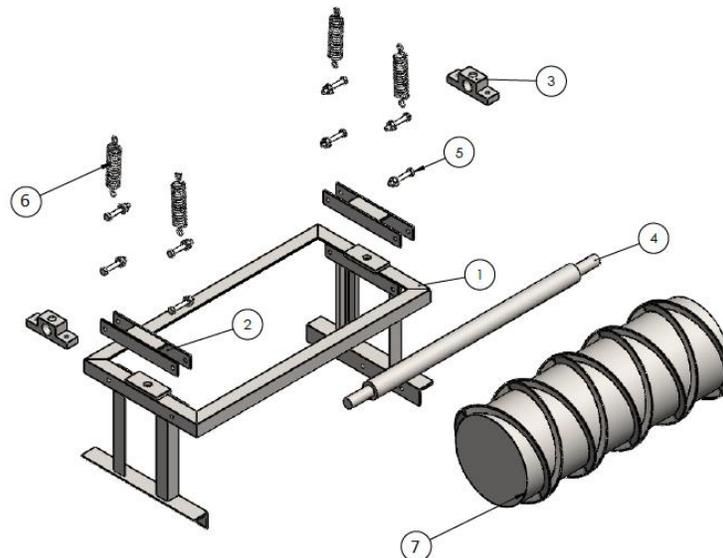
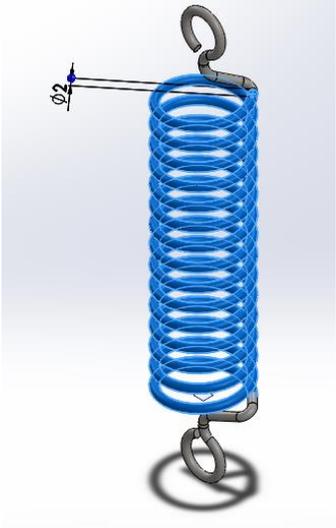
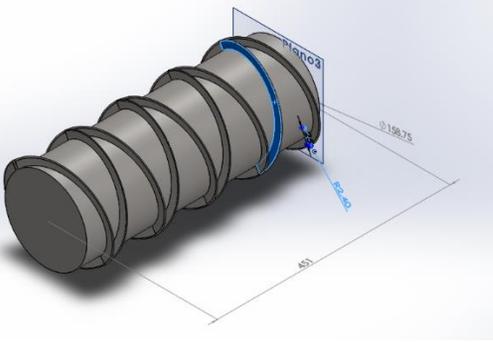


Figura A-93: Vista explosionada de sistema de prensado

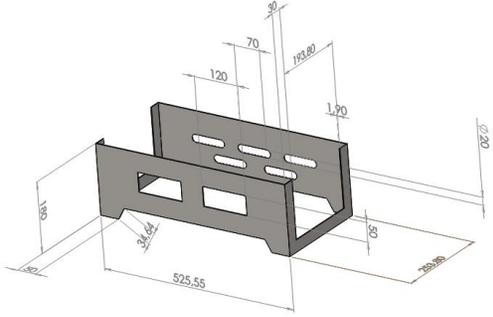
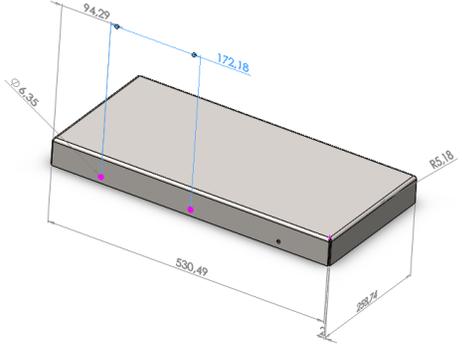


En este sistema se puede encontrar las siguientes piezas las cuales serán explicadas con sus respectivos procesos de manufactura para cada uno de sus componentes a continuación:

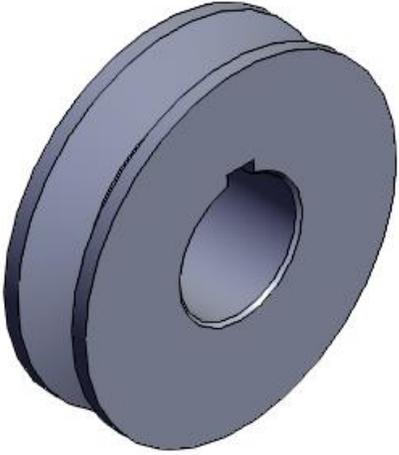


6	4		<p>-Resorte de 2 mm de diámetro, altura libre 12 cm en acero inoxidable 316</p>	<p>Estos elementos como tal no tiene unos procesos porque estos son comerciales, este simplemente se ajustan entre la pieza N°1 y N°2 para el desplazamiento horizontal del eje.</p>
7	1		<p>-Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 5 mm de espesor con dimensiones de 60 cm por 50 cm -Platina en acero inoxidable 304 de 1"x 1.5m</p>	<p>Para la elaboración de estas piezas se debe realizar el proceso de corte en laser para su precisión, después de esto perforar los discos cortados con una broca de 1¼", a continuación realizar el proceso de rolo de la lámina para formar la circunferencia del cilindro, después de esto soldar las discos cortados y la circunferencias además de los aros formados por estiramiento de la platina y soldado al cilindro ya terminado.</p>



8	1		Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 2 mm de espesor con dimensiones de 0.18 m por 1.6m	Para la fabricación de estas piezas se es necesario primero cortarlas a la medida, además de se perfora con unas brocas de 3/16" y 1/4" para ajustar a la estructura de la banda y con tapa pieza N°9 respectivamente y por último se realiza el proceso de soldadura para cerrar esta caja protectora.
9	1		Lamina en acero inoxidable 304 con acabado T1 de 2 mm de espesor con dimensiones de 60 cm por 30 cm	Para la fabricación de estas piezas se es necesario primero cortarlas a la medida, además de se perfora con una broca de 1/4" para ajustarse con su respectiva caja de protección y por último se realiza el proceso de soldadura para cerrar esta tapa



10	1		Polea en hierro fundido de 35 mm de canal y de un diámetro interior de 1 1/4"	Estos elementos no tiene un proceso porque estos son comerciales, este simplemente se ajustan con el eje de la pieza N°4.
11	1		Polea en hierro fundido de 50 mm de canal y de un diámetro interior de 3/8"	Estos elementos no tiene un proceso porque estos son comerciales, este simplemente se ajustan con el eje del motorreductor.



A.8 Sistema eléctrico y de control neumático

El sistema de control del dosificador se manejará por medio de líneas neumáticas, las cuales ayudaran a controlar los cilindros neumáticos a través de las variables de tiempo y presión necesaria para cada relleno, estas fueron halladas en el anterior ítem; Para desarrollar este se elaboró una simulación por medio del programa de Festo FluidSim-P4.2, este se puede analizar en la figura A-94 además de sus respectivos componentes en la tabla A-35.

Figura A-94: Simulación del sistema neumático

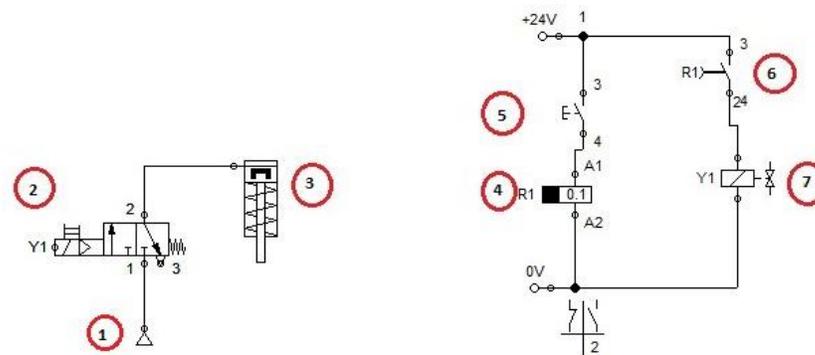


Tabla A-34: Componentes de la simulación

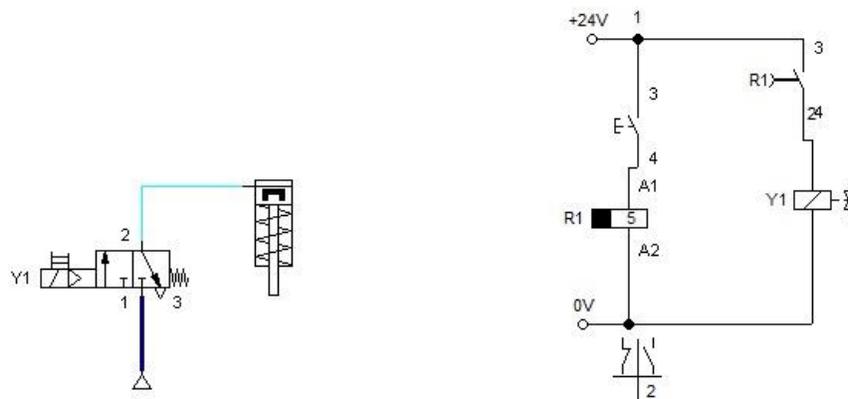
Numero	Nombre de pieza	Características
1	Compresor	Fuente de aire comprimido, con una presión nominal de 0,6 MPA y caudal máximo 500 L/min
2	Válvula solenoide	Direccional triple de 2V pilotado con un accionamiento izquierdo con un esfuerzo muscular ,neumático y accionamiento derecho con retorno de muelle
3	Cilindro neumático	Simple efecto con retorno de muelle con características analizadas en un anterior ítem
4	Relé	Deceleración de caída con el tiempo dependiendo del tipo de relleno
5	Pulsador	Accionamiento manual
6	Obturador	Accionamiento a través de detector de posición
7	Solenoide de válvula	Funcionamiento a través del obturador



En la simulación visualizada en la figura A-94 se pueden visualizar dos imágenes una del lado izquierdo donde se denota el circuito neumático con sus tres componentes y al lado derecho el circuito eléctrico el cual controlara con sus componentes el circuito neumático por medio de señales eléctricas a continuación se va explicar cómo funciona esta.

Como primer paso se puede observar en la figura A-95 que se encuentra en el circuito neumático (lado izquierdo) con aire comprimido (color azul oscuro), el cual sale del compresor (1) y llega hasta la válvula solenoide (2) la cual controlara el cilindro neumático.

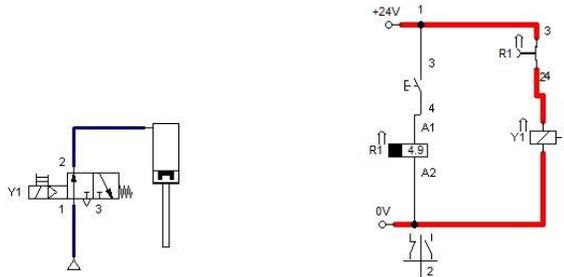
Figura A-95: Primer paso de simulación



Como segundo paso como se puede visualizar en la figura A-96, se pone en funcionamiento el sistema eléctrico (lado derecho), el cual es accionado por medio de un pulsador (5) de forma manual y energiza (color rojo) el circuito de tal forma que activa el obturador (6), este se encarga de detectar la señal y enviarla al solenoide de válvula (7), la cual controla un relé (4) que regula tiempo que activa la válvula solenoide (2) para desplazar por medio de aire comprimido el cilindro neumático (3), dependiendo del tiempo que este se programe, este tiempo puede variar según sea el tipo de relleno a dosificar.

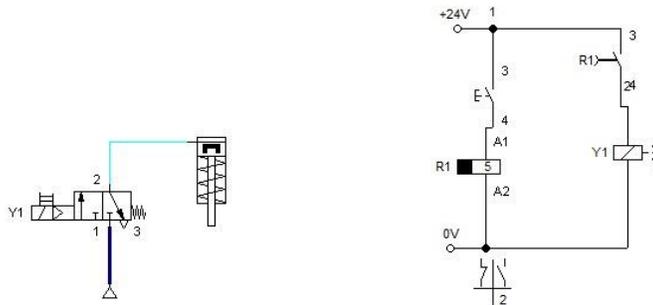


Figura A-96: Segundo paso de simulación



Como último paso se puede notar en la figura A-97 como después de que se termina el tiempo de activación del relé (4) el pulsador (5) vuelve a su posición original y le quita energía al circuito en este caso al obturador (6) y solenoide de válvula (7), que a su vez desactiva el paso de aire comprimido de la válvula al cilindro neumático (3) y retornan a su lugar de inicio debido al retorno de muelle que contiene cada uno, así se vuelve al primer paso y se repite.

Figura A-97: Último paso de simulación



Para el funcionamiento de los sistemas de la banda transportadora y troquelado de corte final se instalaron motorreductores los cuales son controlados por un control de panel On-off y un interruptor de parada de emergencia, estos fueron instalados al inicio del proceso para su fácil manejo, a continuación, en la figura A-98 y tabla A-36 se puede observar su respectivo circuitos y componentes de este mismo.



Figura A-98: Circuito eléctrico

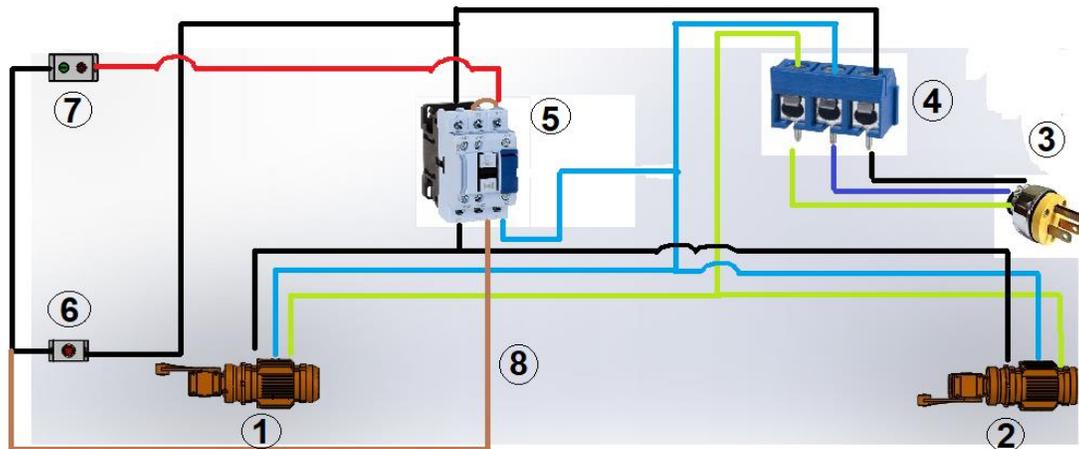


Tabla A-35: Componentes eléctricos

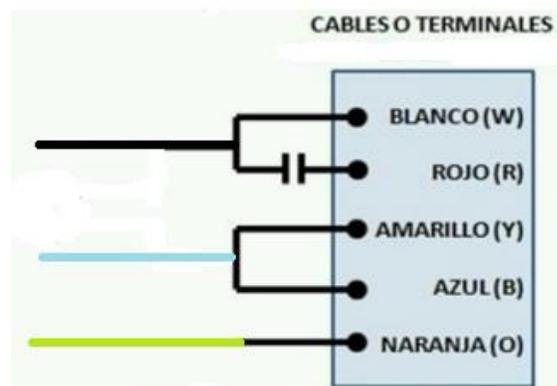
Numero	Nombre de pieza	Características
1	Motorreductor de banda transportadora	Motorreductor de 2 HP siemens paso 30-1 , con sus especificaciones de un ítem anterior
2	Motorreductor de troquelado	Motor siemens de 1 HP, con sus especificaciones de un ítem anterior
3	Enchufe de conexión	Este es de tipo I AS 3112, este tiene s tres contactos (partes metálicas),dos conectan una fase y el neutro, y el tercer contacto el cable de tierra
4	Borneras eléctricas	Bornera para motor trifásico Siemens, serie 1LA3/1LA5/1LA7, tamaño constructivo 132.
5	Contactador eléctrico	Funciona básicamente como un interruptor, ya que deja pasar o no la corriente, este es de tipo KA1 es un relé temporizador con retardo a la conexión



6	Interruptor de parada de emergencia	Pulsador STOP a prueba de agua a prueba de intemperie -Presione / presione para cortar la energía -AC 400V 10A - Normalmente Cerrado NC
7	Panel On-off	Panel a prueba de agua a prueba de intemperie se puede utilizar de 12/24 V
8	Cableado	Calibre 18, dependiendo de los colores es lo siguiente: fase (negro), Azul (neutro), Verde (tierra).

La conexión de los motorreductores con el cableado especificado anteriormente se puede observar detalladamente en la figura A-99.

Figura A-99: Conexiones eléctricas a motorreductores



Para variar la velocidad del motorreductores se utilizaran dos variadores los cuales servirán para variar las revoluciones de estos dependiendo de la producción para esto se tendrá en cuenta la velocidad lineal que tendrá la banda y que será la misma del sistema de troquelado, la cual fue hallado anteriormente y con esta se hallara sus revoluciones de la siguiente manera:

$$V = W * R \quad (A.27)$$

Donde según la ecuación A.27 donde v es la velocidad lineal la w es la velocidad angular y r es el radio del eje que gira el motorreductor, en este caso se despejara la variable w queda de la siguiente manera (ver ecuación A.28)



$$W = \frac{V}{R} \quad (A.28)$$

$$W = \frac{5.95 \frac{\text{metro}}{\text{min}}}{0.015 \text{ metro}}$$

$$W = 396.66 \frac{\text{rad}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi} = 63.13 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Estas son las revoluciones máximas necesarias para la producción de hojaldres en este caso 5000 hojaldres/hora para una menor producción se es necesario unas menores revoluciones, el variador de velocidad se puede analizar en la tabla A-37 y en donde este se conectará a las tres terminales de los motores descrito en la figura A-98.

Tabla A-36: Características de variador de velocidad [47]

	Marca	Yaskawa
	Serie	L1000E
	Potencias de trabajo	4-150 HP
	Control	Motores AC de inducción e imanes permanentes.
	Configuración	Sencilla
	Características	Hardware especialmente diseñado para una operación de más de 70.000 horas libre de mantenimiento y operación silenciosa del motor.



B. Anexo: Análisis económico

Inversión inicial

Esos se refieren a los gastos que se incurren antes de la fabricación del proyecto

Diseño del equipo:

Para sacar estos valores se basó teniendo en cuenta las actividades para llevar a cabo el diseño, el número de horas, el valor por cada hora y su valor total el cual se puede observar en la tabla B-1.

Tabla B-1: valores de diseño del equipo

Actividad	N° horas	valor c/hora	valor total
Estudio de investigación	1.080	\$4.500	\$4.860.000
Diseño computarizado	220	\$6.000	\$1.320.000
valor total			\$6.180.000

Inversión de maquinaria:

Para la fabricación de esta máquina es necesario el alquiler de un taller que posea maquinaria necesaria para trabajar en donde se tuvo en cuenta el número de días y el valor de estos se puede analizar en la tabla B-2.

Tabla B-2: Valores de inversión de maquinaria

Actividad	N° días	valor día	valor total
Alquiler de taller	70	\$130.000	\$9.100.000
valor total			\$9.100.000

Costos fijos

Para la fabricación de la maquina se presentan gastos fijos, que independientemente del número de unidades producidas no influyen su valor y los cuales se pueden evidenciar en tabla B-3.



Tabla B-3: Valores de costos fijos

N°	Actividad	N° días	valor día	valor total
1	Alquiler de taller	70	130.000	9.100.000
2	Sueldo de personal que fabrican	70	40.000	5.600.000
3	Soporte técnico	70	60.000	4.200.000
4	Servicios públicos	70	5.000	350.000
5	Otros gastos	70	12.000	840.000
valor total				20.090.000

Costos variables

Los costos variables son todos los materiales utilizados para la fabricación de la maquinaria, a continuación, en la tabla B-4.

Tabla B-4: Costo de materiales para fabricación

Sistema	Descripción	Cantidad	V. Unitario	V. Total	Empresa
Banda	Motorreductor de 2 HP siemens paso 30-1	1	\$1.650.000	\$1.650.000	Gm motor
Banda	Interruptor de parada de emergencia	2	\$50.000	\$100.000	Internacional de eléctricos
Banda	Variador de velocidad	2	\$3.000.000	\$3.000.000	Variadores
Banda	Control Panel On-off	1	\$150.000	\$150.000	Internacional de eléctricos
Banda	Tornillo hexagonal M8x1" Con tuerca y arandelas	70	\$ 400	\$28.000	Tornitolima
Banda	Lamina 4x8 calibre 12 en acero inoxidable	4	\$850.000	\$3.400.000	Imporinox



Banda	Platina de 1 1/2" x 3/16 x 2,4 metros	1	\$50.575	\$50.575	corte aceros
Banda	Chumacera tipo F205 UFC	4	\$72.120	\$288.480	ARSA
Banda	Rodachines de 3 1/2"	4	\$18.000	\$72.000	ferretería Colombia
Banda	11 metros de banda rencauchutada para alimentos x 44cms de ancho	11	\$154.700	\$1.701.700	A.R Los Restrepo
Banda	Tornillo M10x 1" con tuerca y arandela	12	\$ 800	\$9.600	Tornitolima
Banda	Tornillo M10x 3/4" con arandela	16	\$500	\$8.000	Tornitolima
Banda	Lamina calibre 8 de 25 cm x 52 cm	1	\$50.000	\$50.000	Imporinox
Banda	Varilla roscada de 3/8" por 1 metro de largo con 16 tuercas	1	\$15.160	\$15.160	Tornitolima
Banda	Tornillo M8 x 12 mm con arandela	12	\$1.500	\$18.000	Tornitolima
Banda	Tubo redondo de 3" x 2 mm de espeso x 2,5 metros de largo	1	\$150.000	\$150.000	Imporinox
Banda	30 cm de eje circular de 3" en acero inoxidable	1	\$39.000	\$39.000	Imporinox
Banda	6 metros de varilla cuadrada de 1/2"	1	\$110.000	\$110.000	Imporinox



Banda	Varilla cuadrada completa de 5/8"	5	\$165.000	\$825.000	Imporinox
Banda	Tornillo M8 x 5/8" con tuerca	8	\$2.250	\$18.000	Tornitolima
Banda	3 metros de tubo cuadrado de 1" x 3,34 mm de espesor	1	\$148.000	\$148.000	Imporinox
Banda	Rodamientos SKF 6004 de bolas	10	\$16.900	\$169.000	ARSA
Banda	Rodamientos SKF 6000 de bolas	12	\$7.108	\$85.294	ARSA
Banda	Sellos para eje de 3/4"	22	\$10.000	\$220.000	ARSA
Banda	5,5 metros de eje de 3/4"	1	\$667.590	\$667.590	Corte aceros
Soporte de masa	50 cm de ángulo de 1 1/4" x 1/8"	1	\$17.500	\$17.500	Corte aceros
Soporte de masa	3 metros de ángulo de 1" x 1/8"	1	\$50.000	\$50.000	Corte aceros
Soporte de masa	Tornillos M8 x 1" con tuerca y arandela	8	\$1.200	\$9.600	Tornitolima
Soporte de masa	Eje cuadrado de 1" x 44 cm	1	\$30.000	\$30.000	Imporinox
Soporte de masa	Tornillos de 1/4"x 3/4" con tuerca y arandela	6	\$3.90	\$2.340	Tornitolima
Rodillo Aplanador	Lamina calibre de 1/8" de 13 cmx 38 cm	1	\$37.000	\$37.000	Imporinox



Rodillo Aplanador	Tubo redondo de 2" calibre 14	1	\$260.000	\$260.000	Imporinox
Rodillo Aplanador	Rodamiento SKF de bolas RMS 8	2	\$82.577	\$165.155	ARSA
Rodillo Aplanador	Eje de 1" x 30 cm	1	\$35.000	\$35.000	MP complementarios
Rodillo Aplanador	Tuerca para eje de 1"	2	\$3.800	\$7.600	Tornitolima
Rodillo Aplanador	Tornillos de 1/4"x 3/4" con tuerca y arandela	16	\$455	\$7.280	Tornitolima
Rodillo Aplanador	Platina de 1 1/2" x 1/8" x 1 metro de largo	1	\$17.850	\$17.850	Imporinox
Corte	Lamina 4 x 8 calibre 16 en acero inoxidable	1	\$398.000	\$398.000	Imporinox
Corte	Tornillo mariposa de 1/4" x 1" con tuerca y arandela	6	\$1.200	\$7.200	Tornitolima
Corte	Varilla roscada de 3/8" por 1 metro de largo con 4 tuercas	1	\$12.040	\$12.040	Tornitolima
Corte	2 metros de angulo de 1" x 1/8	1	\$33.333	\$33.333	Corte aceros
Corte	Platina de 1 1/4" x 1/8 x 2 metros de largo	1	\$46.667	\$46.667	Corte aceros
Corte	Resortes de 3/4 de diámetro x 8 cm de largo	4	\$35.000	\$140.000	MP complementarios
Corte	Tornillos de 1/4"x 3/4" con tuerca y arandela	8	\$4.55	\$3.640	Tornitolima



Corte	Tornillos cabeza Bristol de 1/4" x 3/4"	12	\$600	\$7.200	Tornitolima
Corte	55 cm de eje de 1 1/4" en acero inoxidable	1	\$65.000	\$65.000	MP complementarios
Corte	Lamina de 3/16" de 1,3 metros x 18 cm	1	\$140.000	\$140.000	MP complementarios
Corte	Prisioneros de 3/16"	14	\$300	\$4.200	Tornitolima
Corte	40 cm de eje de 2 "	1	\$70.000	\$70.000	MP complementarios
Dosificador	3 metros de tubo rectangular de 2"x 1"	1	\$150.000	\$150.000	MP complementarios
Dosificador	1 metro de ángulo 2" x 3/16"	1	\$76.667	\$76.667	Imporinox
Dosificador	1,5 metros de ángulo de 1 1/2" x 1/8"	1	\$40.000	\$40.000	Imporinox
Dosificador	2,1 metros ángulo 1 1/2" x 3/16"	1	\$91.000	\$91.000	MP complementarios
Dosificador	30 cm de platina de 3/8" x 1 1/2"	1	\$12.000	\$12.000	Corte aceros
Dosificador	50 cm de tubo de 8" o 8 1/2" x 1/8"	1	\$150.000	\$150.000	Imporinox
Dosificador	30 cm de tubo 1" cedula 40	1	\$50.000	\$ 50.000	Imporinox
Dosificador	1,3 metros de varilla cuadrada de 3/8"	1	\$42.543	\$ 42.543	Corte aceros
Dosificador	Tira de lámina de 6 cm x 1,4 metros de largo calibre 14	1	\$63.000	\$63.000	Corte aceros



Dosificador	Lamina de 27 cm x 54 cm calibre 14	1	\$34.000	\$34.000	Corte aceros
Dosificador	5 metros de platina de 5/16" x 2 1/2"	1	\$261.800	\$261.800	Corte aceros
Dosificador	80 cm de platina de 1 1/8" x 2 1/2"	1	\$20.627	\$20.627	Corte aceros
Dosificador	20 cm de tubo de 5/8" cedula 40	1	\$1.983	\$1.983	Corte aceros
Dosificador	2 metros de eje de 1/2"	1	\$36.667	\$36.667	Corte aceros
Dosificador	3 metros de eje de 3/8"	1	\$153.153	\$153.153	Corte aceros
Dosificador	3,5 metros de tubo de 1 1/4" x 1/8"	1	\$50.000	\$50.000	Corte aceros
Dosificador	3 metros tubo de 1" x 1/8"	1	\$45.000	\$45.000	Imporinox
Dosificador	Lamina calibre 3/16" 15cm x 34 cm	1	\$30.000	\$30.000	Imporinox
Dosificador	40 cm de eje 2"	1	\$70.000	\$ 70.000	Imporinox
Dosificador	Miples para tubo de 1"	21	\$12.000	\$252.000	Imporinox
Dosificador	Resistencias eléctricas tipo banda para tubo de 1"	7	\$60.000	\$ 420.000	Eléctricos la 1
Dosificador	Resistencia eléctrica tipo banda para tubo de 8" o 8 1/2"	2	\$150.000	\$300.000	Eléctricos la 1
Dosificador	Llaves de bola para tubo de 1"	7	\$60.000	\$420.000	Imporinox
Dosificador	Cable de conexión eléctrica	30	\$550	\$16.500	Tornitolima
Dosificador	Compresor	1	\$6.200.000	\$500.000	Tornitolima



Dosificador	Tuerca seguridad	110	\$150	\$16.500	Tornitolima
Dosificador	Regulador de presión	1	\$85.000	\$85.000	Tornitolima
Dosificador	Filtro condensados	1	\$55.000	\$55.000	Tornitolima
Dosificador	Abrazadera cinta angosta	30	\$800	\$ 24.000	Tornitolima
Dosificador	Codos Prestolock de ¼	30	\$8.000	\$240.000	PCL
Dosificador	Manguera azul tubing ¼	50	\$6.000	\$300.000	PCL
Dosificador	Manguera de aire naranja	15	\$3.000	\$45.000	PCL
Dosificador	Cilindro neumático Horbiger 25 x 150	2	\$280.000	\$560.000	Sermec ltd
Dosificador	Válvulas para cilindros Tipo Festo	2	\$650.000	\$1.300.000	Sermec ltd
Dosificador	Tornillos de 1/4" x 1" con tuerca y arandela	56	\$550	\$30.800	Tornitolima
Dosificador	Tornillo cabeza brístol de 5/16 "x 3/4" con tuerca y arandela	4	\$675	\$2.700	Tornitolima
Dosificador	Tornillo cabeza brístol de 1/4" x 1" con tuerca y arandela	32	\$455	\$14.560	Tornitolima
Doblado	1,5 metros de varilla redonda de 3/8" con dos tuercas	1	\$17.020	\$17.020	MP complementarios
Doblado	Angulo de 1 1/4"x 1/8" x 50 cm de largo	1	\$10.000	\$10.000	MP complementarios



Doblado	Eje de teflón de 7/8" x 20 cm	1	\$30.750	\$30.750	Ferremetal
Doblado	Lamina de teflón de 15 mm de espesor de 4cm x 35 cm	1	\$75.000	\$75.000	Ferremetal
Doblado	Varilla redonda de 3/16" x 2 metros	1	\$18.333	\$18.333	MP complementarios
Doblado	Eje de teflón de 5/8" x 35 cm	1	\$22.000	\$22.000	Ferremetal
Doblado	Eje de 5/8" x 15 cm	1	\$16.500	\$16.500	Ferremetal
Corte final	3 metros de ángulo de 1 1/4" x 1/8"	1	\$60.000	\$60.000	MP complementarios
Corte final	10 cm de platina de 1 1/4" x 3/8"	1	\$25.000	\$25.000	MP complementarios
Corte final	Polea de 4" tipo V	1	\$45.000	\$45.000	B-Díaz
Corte final	Polea de 6" tipo V	1	\$6.500	\$6.500	B-Díaz
Corte final	Chumacera SKF tipo SNL 505 con carcasa	2	\$135.000	\$270.000	ARSA
Corte final	Banda tipo V de 118"	1	\$28.000	\$28.000	B-Díaz
Corte final	Lamina de 3/16" de 1 x 15 cm	1	\$140.000	\$140.000	MP complementarios
Corte final	Platinas de 5/8" x 2 mm	2	\$260.000	\$520.000	Imporinox
Corte final	Eje redondo de 1 1/4" x 67 cm	1	\$90.000	\$90.000	Imporinox
Corte final	Motor siemens de 1 HP	1	\$850.000	\$ 850.000	GM motor



Protector	50 cm de platina de 1" x 1/8"	1	\$ 11.900	\$11.900	Imporinox
Protector	Lamina de 2" x 1.5 metros de largo calibre 14	1	\$20.000	\$20.000	Imporinox
Protector	Maya para protección de 65 cm x 23 cm (perforada)	1	\$85.000	\$85.000	MP complementarios
Protector	Tornillos de 1/2" x 1" con tuerca y arandela	4	\$1.000	\$4.000	Tornitolima
Elementos	Discos de tronzadora	7	\$16.000	\$112.000	Tornitolima
Elementos	Kilo de Soldadura 304 x 1/8	5	\$35.000	\$ 175.000	Imporinox
Elementos	Kilo de Soldadura 304 x 3/32	5	\$36.000	\$180.000	Imporinox
Elementos	Discos flas	12	\$8.000	\$96.000	Tornitolima
Elementos	Discos de desgaste	12	\$6.000	\$72.000	Tornitolima
Elementos	Buriles para torno	5	\$8.000	\$40.000	Tornitolima
Elementos	Discos de corte	20	\$ 3.000	\$60.000	Tornitolima
Valores Total materiales				\$ 29.460.506	

Valores de componentes que se fabrican:

En este punto se evaluará los costos de las piezas que se fabrican en taller y trabajo mecanizado el cual para esto se dividirá por sistemas de funcionamiento en donde a continuación en la tabla B-5 se pueden evidenciar estos valores.



Tabla B-5: Costos de fabricación de sistemas

Sistema	Descripción	Procesos	V. unitario	Cantidad	Valor total	Empresa
Banda transportadora	Elaborado en acero inoxidable 304 , instalación de sistema eléctrico medidas: 5,35m*0,73 m	Corte	\$56,000	5	\$280,000	Tecnimontajes industriales
		Soldadura	\$70,000	5	\$350,000	Tecnimontajes industriales
		Perforación	\$60,000	5	\$300,000	Tecnimontajes industriales
		Doblado	\$46,000	5	\$230,000	Tecnimontajes industriales
		Torneado	\$68,000	5	\$340,000	Tecnimontajes industriales
		Roscado	\$42,500	5	\$212,500	Tecnimontajes industriales
		Cepillado	\$52,500	5	\$262,500	Tecnimontajes industriales
Soporte de masa	Elaborado en acero inoxidable 304, medidas: 0,52*0,12 m	Corte	\$100,000	1	\$100,000	Tecnimontajes industriales
		Soldadura	\$200,000	1	\$200,000	Tecnimontajes industriales
		Perforación	\$150,000	1	\$150,000	Tecnimontajes industriales
Rodillo aplanador	Elaborado en acero inoxidable 304, poliform y PVC medidas:0,49*0,13 m	Corte	\$90,000	1	\$90,000	Tecnimontajes industriales
		Doblado	\$80,000	1	\$80,000	Tecnimontajes industriales
		Soldadura	\$120,000	1	\$120,000	Tecnimontajes industriales
		Perforación	\$85,000	1	\$85,000	Tecnimontajes industriales
		Fresado	\$125,000	1	\$125,000	Tecnimontajes industriales
		Torneado	\$125,000	1	\$125,000	Tecnimontajes industriales
		Roscado	\$75,000	1	\$75,000	Tecnimontajes industriales
Corte lineal	Elaborado en acero inoxidable 304 medias:0,53*0,25*0,20 m	Corte	\$100,000	1	\$100,000	Tecnimontajes industriales
		Soldadura	\$120,000	1	\$120,000	Tecnimontajes industriales
		Perforación	\$90,000	1	\$90,000	Tecnimontajes industriales
		Torneado	\$110,000	1	\$110,000	Tecnimontajes industriales
		Doblado	\$60,000	1	\$60,000	Tecnimontajes industriales
		Roscado	\$40,000	1	\$40,000	Tecnimontajes industriales



Dosificación	Elaborado en acero inoxidable 304 y teflón medidas:0,48m*0,77m*0,32m, sistema neumático, conexiones y puesta en marcha	Corte	\$230,000	1	\$230,000	Tecnimontajes industriales
		Soldadura	\$350,000	1	\$350,000	Tecnimontajes industriales
		Perforación	\$220,000	1	\$220,000	Tecnimontajes industriales
		Rolado	\$190,000	1	\$190,000	Tecnimontajes industriales
		Doblado	\$225,000	1	\$225,000	Tecnimontajes industriales
		Torneado	\$335,000	1	\$335,000	Tecnimontajes industriales
		Roscado	\$210,000	1	\$210,000	Tecnimontajes industriales
		Fresado	\$240,000	1	\$240,000	Tecnimontajes industriales
Doblado	Elaborado en acero inoxidable 304 ,312 y teflón medidas: 0,48m*0,26m	Corte	\$30,000	2	\$60,000	Tecnimontajes industriales
		Perforación	\$40,000	2	\$80,000	Tecnimontajes industriales
		Torneado	\$80,000	2	\$160,000	Tecnimontajes industriales
		Fresado	\$50,000	2	\$100,000	Tecnimontajes industriales
		Doblado	\$30,000	2	\$60,000	Tecnimontajes industriales
		Soldadura	\$70,000	2	\$140,000	Tecnimontajes industriales
Corte final	Elaborado en acero inoxidable 304, instalación de sistema eléctrico, medidas: 0,48*0,25 m	Corte	\$165,000	1	\$165,000	Tecnimontajes industriales
		Soldadura	\$350,000	1	\$350,000	Tecnimontajes industriales
		Perforación	\$120,000	1	\$120,000	Tecnimontajes industriales
		Torneado	\$250,000	1	\$250,000	Tecnimontajes industriales
		Cepillado	\$175,000	1	\$175,000	Tecnimontajes industriales
		Rolado	\$250,000	1	\$250,000	Tecnimontajes industriales
		Doblado	\$190,000	1	\$190,000	Tecnimontajes industriales
valor total piezas fabricadas					\$ 7,745,000	



Transporte de maquinaria:

En este ítem se evalúa el gasto de movilización de la maquinaria el cual corre por cuenta del fabricante estos valores se pueden observar en la siguiente tabla B-6.

Tabla B-6: Valores de transporte

Transporte	Valor
Sistema neumático	\$150.000
Estructural	\$350.000
Valor total	\$500.000

Valor total de gastos de maquinaria:

Este punto equivale a la suma de todos los gastos que se tienen en cuenta para la elaboración de la maquina los cuales fueron hallados anteriormente y se pueden analizar seguidamente en la tabla B-7.

Tabla B-7: Valor total de gastos de maquinaria

Actividad	Valor
Diseño del equipo	\$6.180.000
Costos fijos	\$20.090.000
Costos variables	\$29.460.506
Piezas fabricadas	\$7.745.000
Transporte	\$500.000
Imprevistos	\$5.000.000
valor total	\$ 68.975.506



Valor de venta:

En este se evalúa el valor de la maquinaria total el cual se ve reflejado en los gastos, la utilidad neta y los impuestos IVA estos se pueden analizar en la tabla B-8.

Tabla B-8: Costos total de maquinaria

Valor gastos	\$67.565.506
Ganancia bruta	\$20.969.652
IVA 19%	\$16.688.680
valor total maquinaria	\$ 106.705.108

Balance económico global

Se evaluará unas proyecciones económicas de la empresa que desea adquirir este tipo de máquina, "The Bakery" presenta una producción de 600 hojaldres por hora y con la inversión de la nueva máquina se aumentaría a 5000 hojaldres por hora, la empresa trabaja 6 horas diarias, con la inversión de la maquinaria aumentaría en un promedio de 833%. A continuación, en tabla B-9 se muestra los posibles ingresos con el precio de venta y una aproximación a los costos que maneja la empresa anual en el producto hojaldre.

Tabla B-9: Proyecciones de ventas anuales de hojaldres

Proyección de ventas anual productos hojaldres	
Producción actual ingresos	\$129.600.000
Gastos	\$103.680.000
Utilidad bruta	\$25.920.000
Impuesto renta	\$8.553.600
Ganancia	\$17.366.400

Después de esto se elaboró una proyección haciendo una producción 5000 hojaldres por hora, se aumenta el valor de 50 pesos por año, los gastos aumentan en 2% anual, y se disminuye del 80% al 70%, porque con la adquisición de la nueva máquina se reduciría el personal esta se puede analizar en la tabla B-10, teniendo en cuenta que la inversión de la maquinaria es de \$106.705.108.



Tabla B-10: Proyección económica con la nueva maquina

Proyección	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos	\$1.080.000.000	\$1.120.464.000	\$1.161.216.000
Gastos	\$756.000.000	\$806.734.080	\$859.299.840
Utilidad bruta	\$324.000.000	\$313.729.920	\$301.916.160
Impuesto	\$106.920.000	\$103.530.874	\$99.632.333
Ganancia	\$217.080.000	\$210.199.046	\$202.283.827

Con esto se puede analizar en la tabla B-11 que la proyección realizada nos indica que la inversión se paga en el primer año, por lo que es rentable para la compañía adquirir la nueva máquina por que aumentaría sus utilidades anuales

Tabla B-11: Proyección de recuperación de inversión

Inversión inicial	-\$106.705.108
Flujo efectivo 1 año	\$324.000.000
Flujo efectivo 2 año	\$313.729.920
Flujo efectivo 3 año	\$301.916.160

Se calcula a continuación el Valor Actualizado Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) de la inversión a partir de esta ecuación (ver Ecuación (B.1)).

$$VAN = -I + (C_1 / (1+i)^1) + (C_2 / (1+i)^2) + \dots + (C_{10} / (1+i)^{10}) \quad (B.1)$$

I corresponde a la inversión inicial, mientras que los C_i son los flujos de caja correspondientes a cada periodo i .

Por su parte, el TIR es aquella tasa de actualización i que hace que el Valor actualizado neto al final del horizonte sea nulo, esto es, $VAN = 0$



Teniendo en cuenta las ecuaciones del VAN y TIR explicadas anteriormente se evalúa esta fórmula en la hoja de cálculos de Excel, se da a conocer que los valores del VAN y TIR en la tabla B-12.

Tabla B-12: Valores del VAN y TIR

VAN	\$887.365.568
TIR	296%

Después de esto los parámetros nos muestran que la inversión resulta ser muy rentable, aunque un valor tan elevado del TIR (29 veces superior al coste del capital). De todos modos, este rendimiento interno tan alto de la inversión deja mucho margen para aumentar la inversión inicial y así invertir en proyectos que deseen realizar en el futuro.



