

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Diseño, construcción y montaje de mecanismos a máquina formadora de bolsas para convertirla en una máquina empacadora de granos

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional
presentado por:

José Luis Machic

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala,
2015

Diseño, construcción y montaje de mecanismos a máquina formadora de bolsas para convertirla en una máquina empacadora de granos

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Diseño, construcción y montaje de mecanismos a máquina
formadora de bolsas para convertirla en una máquina empacadora
de granos

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional
presentado por:

José Luis Machic

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala,
2015

Vo. Bo.

(f)


Ing. Raúl Eduardo Loarca Velásquez

Tribunal Examinador:

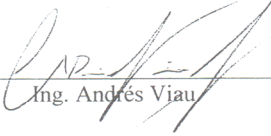
(f)



Ing. Raúl Eduardo Loarca Velásquez

(f)


Ing. Víctor Hugo Ayerdi Bardales

(f)


Ing. Andrés Vjau

Fecha de aprobación: Guatemala, 03 de junio del 2015 

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO	4
A. Conceptos previos para el diseño y construcción de un dosificador	4
B. Elementos que conforman una empacadora de granos	8
C. Tipos de transportadores que mejoran el flujo de material.....	13
V. METODOLOGÍA	16
A. Requerimientos para la empacadora de granos.....	16
1. Funciones de la empacadora.....	16
2. Requisitos operacionales.....	16
3. Restricciones de operación.....	16
4. Especificaciones solicitadas	16
B. Normas COGUANOR	17
C. Análisis de situación.....	20
1. Resumen del análisis de situación de la formadora de bolsas.....	22
D. Matriz de necesidades para funcionamiento del equipo.....	23
E. Planificación de costos.....	24
F. Costos de imprevistos	25
G. Planificación de actividades.....	26

H. Compra y montaje de componentes críticos para el sistema de formado de bolsas	29
I. Diseño, análisis y cálculos	33
1. Selección y diseño del formador de bolsas	33
2. Modificaciones	38
3. Diseño de platina que soporta el formador de bolsas.	40
4. Selección y diseño del sistema de dosificación.....	41
5. Rediseño del sistema de corte y sello.....	50
6. Diseño de espaciadores.	62
7. Sustitución del pistón neumático del sistema de corte y sello.	63
8. Selección y diseño del tipo de cortador y sellador	64
9. Alineación de la formadora de bolsas.	70
10. Espacio de operación de la empacadora de granos	70
11. Diseño del tubo de dosificación.	71
12. Diseño de la tobera de descarga (tolva pulmón)	71
13. Diseño de la tolva de almacenamiento.	73
14. Diseño del plano de control del sistema eléctrico de control de la empacadora de granos.....	77
VI. RESULTADOS.....	78
A. Pruebas realizadas	78
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS	83
VIII. CONCLUSIONES	84
IX. RECOMENDACIONES.....	85
X. BIBLIOGRAFÍA	87
XI. ANEXOS.....	89
ANEXO I: Tablas de las normas de COGUANOR.....	89
ANEXO II: COTIZACIONES DE LA EMPRESA ASTEGUIETA.....	93

ANEXO III: VIDEO MANUAL DE MANUAL DE OPERACIÓN DE LA	
EMPACADORA DE GRANOS MARCA ASTEGUIETA, TIPO POLY 2002.....	96
ANEXO IV: PLANOS DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DISEÑADOS, PARA	
LA EMPACADORA DE GRANOS MARCA ASTEGUIETA, TIPO POLY 2002.	97
ANEXO V: PLANOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPACADORA DE	
GRANOS MARCA ASTEGUIETA, TIPO POLY 2002.....	126
ANEXO VI: TABLAS PARA EL CÁLCULO DE ÁREA DE TRACCIÓN Y	
DIÁMETRO MENOR EN UNA ROSCA.	131
ANEXO VII: TABLAS PARA EL CÁLCULO DE FACTORES DE DISEÑO	133
XII. GLOSARIO	136

LISTA DE CUADROS

Tabla 1. Normas COGUANOR	17
Tabla 2. Resumen de situación de la formadora de bolsas.....	22
Tabla 3. Matriz de necesidades	23
Tabla 4. Planificación de costos	24
Tabla 5. Costos imprevistos.....	25
Tabla 6. Sistemas del proyecto.....	26
Tabla 7. Planificación de actividades	26
Tabla 8. Ventajas y desventajas de los tipos de dosificador para granos	41
Tabla 9. Ventajas y desventajas dosificadores volumétricos	42
Tabla 10. Características del pistón neumático seleccionado.....	49
Tabla 11. Características de pistón neumático adquirido.....	63
Tabla 12. Propiedades y características del calentador marca Cartridge.	65
Tabla 13. Coeficiente de convección de la superficie 1 y 2.	67
Tabla 14. Coeficiente de convección de la superficie 3 y 4.	67
Tabla 15. Coeficiente de convección de la superficie 5.....	68
Tabla 16. Porcentaje de error entre la temperatura desplegada por el panel digital y la temperatura obtenida con el pirómetro.	78
Tabla 17. Gradiente de temperatura entre el indicador digital de la formadora de bolsas y la arista de la pieza selladora-cortadora.....	79
Tabla 18. Resultados de las pruebas de sello y corte.....	80
Tabla 19. Clasificación por superficie	89
Tabla 20. Clasificación por superficie	89
Tabla 21. Clasificación por clases para películas sin pigmentar	90
Tabla 22. Clasificación por acabado.....	90
Tabla 23. Propiedades de tensión	90
Tabla 24. Sellado al calor	91
Tabla 25. Tolerancias, porcentaje para espesor nominal	91
Tabla 26. Tolerancias en el ancho	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes de un dosificador	4
Figura 2. Clasificación de tipos dosificadores.....	5
Figura 3. Dosificador tornillo sinfín.	6
Figura 4. Dosificador volumétrico de vasos telescópicos.	7
Figura 5. Dosificador por peso.....	7
Figura 6. Motor eléctrico.	8
Figura 7. Compresor.....	8
Figura 8. Elementos de mando eléctricos	9
Figura 9. Selector de dos posiciones	9
Figura 10. Lámpara piloto	9
Figura 11. Sensores y su clasificación	10
Figura 12. Actuador hidráulico	11
Figura 13. Actuador neumático de simple efecto	11
Figura 14. Cilindro neumático de doble efecto.	12
Figura 15. Electroválvula de vías 5/2.	12
Figura 16. Electroválvula de caudal.	13
Figura 17. Electroválvula de bloqueo.....	13
Figura 18. Tolva vibratoria horizontal.....	14
Figura 19. Alimentador por banda o banda transportadora.....	14
Figura 20. Alimentador de tornillo sinfín	15
Figura 21. Formadora de bolsas marca Asteguieta.....	20
Figura 22. Acometida eléctrica terminada	21
Figura 23. Espiga tipo clavija	21
Figura 24 Espiga tipo clavija	21
Figura 25. Gráfico de planificación de costos	25
Figura 26. Eje, dos conos y tambor.	29
Figura 27. Montaje de eje en rodamiento	30
Figura 28. Montaje de bobina de polietileno en rodillos.....	30
Figura 29. Pedal de accionamiento.....	31
Figura 30. Corbata y corbatín	31
Figura 31. Película de polietileno instalada en el formador de bolsas plano.....	32

Figura 32. Corbata con masking tape	33
Figura 33. Proceso de construcción de formador de bolsas	34
Figura 34. Proceso de construcción de formador de bolsas	34
Figura 35. Plantilla del formador de bolsas.....	35
Figura 36. Corte de formador de bolsas en lámina galvanizada	35
Figura 37. Corte de formador de bolsas en lámina galvanizada	35
Figura 38. Corte de formador de bolsas en lámina galvanizada	36
Figura 39. Segundo prototipo.....	36
Figura 40. Tercer prototipo.....	37
Figura 41. Formador circular final de lámina galvanizada.....	37
Figura 42. Formador original	38
Figura 43. Desmontaje del formador de bolsas plano y extracción de sistema de sellado vertical. 38	
Figura 44. Eliminación de la barra rectangular	39
Figura 45. Rodillo que tensa la película de polietileno.....	39
Figura 46. Soportes frontales de la formadora de bolsas	40
Figura 47. Platina con anillo sostenedora del formador circular	40
Figura 48. Vaso telescópico	43
Figura 49. Proceso de carga-transición-descarga	44
Figura 50. Planta superior de la formadora de bolsas, unidades en pulgadas.....	44
Figura 51. Diagrama de cuerpo libre del vaso telescópico con placas rectangulares.....	45
Figura 52. Diagrama para la selección de distintos parámetros de un pistón neumático Parker	48
Figura 53. Ensamble del sistema de dosificación	49
Figura 54. Sistema de corte y sello.....	50
Figura 55. Sistema de corte y sello desmontado	51
Figura 56. Placa rectangular	51
Figura 57. Platina rectangular que sostiene las barras cilíndricas y el pistón neumático	52
Figura 58. Diagrama de cuerpo libre de las barras cilíndricas de 7/8”	53
Figura 59. Diagrama de corte de las barras cilíndricas de 7/8”	53
Figura 60. Diagrama de momento de las barras cilíndricas de 7/8”	53
Figura 61. Diagrama de cuerpo libre, fuerzas verticales.....	54
Figura 62. Deflexión de barra cilíndrica.....	56
Figura 63. Simulación de desplazamiento del eje	59
Figura 64. Momento de flexión del eje.....	60

Figura 65. Espaciadores.....	62
Figura 66. Montaje de espaciador en la formadora de bolsas.....	63
Figura 67. Montaje del pistón neumático SC40X75.....	63
Figura 68. Sellador y cortador de líquidos	64
Figura 69. Teflón adhesivo	64
Figura 70. Resultado final del sistema de sello y corte.....	65
Figura 71. Calentador eléctrico marca Cartridge.....	65
Figura 72. Numeración de las superficies de la pieza cortadora-selladora.....	67
Figura 73. Parámetros de transferencia de calor.....	69
Figura 74. Gradiente de temperatura entre la resistencia eléctrica y la arista de la pieza selladora cortadora	69
Figura 75. Alineación de la formadora de bolsas	70
Figura 76. Dimensiones de la tobera de descarga.....	72
Figura 77. Deformación máxima de la tolva de alimentación.....	75
Figura 78. Factor de seguridad de la tolva de alimentación	76
Figura 79. Arroz dosificado manualmente.....	81
Figura 80. Frijol dosificado manualmente	81
Figura 81. Pruebas con el formador circular	82

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en el diseño, construcción y montaje de un sistema de manufactura de bolsas tipo circular para envasar maíz, frijol y arroz a granel. Se incluye el rediseño realizado en el sistema de corte y sello de bolsas, en la máquina formadora de bolsas marca Asteguieta tipo Poly modelo 2002.

En el desarrollo del proyecto, se diseñó un sistema de dosificación tipo volumétrico, para adaptarlo a la formadora de bolsas marca Asteguieta en función de los tres granos descritos anteriormente. El material de insumo para la manufactura de bolsas, dependerá del tipo de grano y la necesidad que posea la institución CONRED en su momento.

Las fases en las que se dividió el proyecto fueron: análisis de situación, matriz de necesidades, planificación de costos, planificación de actividades, diseño, montaje y pruebas de funcionamiento.

A través de pruebas de funcionamiento, se determinó manualmente el comportamiento del proceso de formado, sello y corte de las bolsas.

El objetivo de este proyecto es proporcionar una máquina empacadora de granos marca Asteguieta, rediseñada, con alto grado de confiabilidad y en perfectas condiciones de operación, capacitada para empacar los tres tipos de granos previamente mencionados a la institución CONRED, para ser utilizada en las necesidades de abastecimiento, a las personas que se encuentran en estado de calamidad por el impacto de catástrofes naturales.

I. INTRODUCCIÓN

Nuestro país se ha encontrado en crisis económica desde hace más de 15 años, clasificado como un país subdesarrollado, por lo que nunca ha estado y nunca estará preparado para afrontar catástrofes naturales. En Guatemala existe la institución llamada “COORDINADORA NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES” (CONRED), quien es la encargada de la gestión, prevención y reconstrucción del impacto de los desastres naturales.

Actualmente la institución CONRED provee de víveres a las personas damnificadas. Dentro de los víveres se encuentran productos a granel como lo es el frijol, maíz y arroz. Sin embargo para este tipo de productos, la CONRED necesita de terceros para realizar el proceso de empaque.

Existen varios tipos de procesos para el empaque de productos alimenticios, desde procesos manuales hasta procesos automatizados. Actualmente los procesos de empaque que siguen las empresas en Guatemala, son las siguientes: proceso totalmente automatizado, que consiste en fabricación de la bolsa y llenado simultáneamente, y el segundo proceso consiste en la manufactura de la bolsa mediante una máquina, con una segunda etapa para el llenado y empaque manual.

La mayoría de empresas empacadoras de productos alimenticios, lentamente se han ido automatizando, por lo que necesitan de equipos modernos para aumentar su productividad.

En nuestro país, las empresas empacan productos a granel, utilizando empacadoras con sistemas de dosificación volumétrica, por la facilidad de control de la tolerancia del dosificador.

Es importante señalar que existen otras empresas que utilizan otros tipos de dosificadores como el de tornillo sinfín y el dosificador que utiliza el sistema por peso.

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

1. Rediseñar la formadora de bolsas Marca Asteguieta, tipo Poly, modelo 2002, para que sea capaz de empacar maíz, frijol y arroz de acuerdo a los requerimientos de CONRED.

B. ESPECÍFICOS

1. Diseñar un sistema de dosificación capaz de empacar tres tipos de granos (maíz, frijol y arroz).
2. Diseñar y construir los elementos mecánicos necesarios para el sistema de sello y corte.
3. Diseñar y construir un formador de bolsas que cumpla los requerimientos de la institución CONRED
4. Realizar un análisis de esfuerzos en Autodesk Simulation Mechanical 2014 para determinar la confiabilidad de los elementos diseñados.
5. Determinar el gradiente de temperatura existente entre el calentador eléctrico y la arista de la pieza de sello y corte.
6. Establecer la temperatura de operación para el sistema de sello y corte.
7. Elaborar el plano del sistema eléctrico de control de la empacadora de granos.
8. Elaborar los planos de los elementos mecánicos diseñados.
9. Establecer un video manual de operación.

III. JUSTIFICACIÓN

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) presenta complicaciones durante el empaque de granos en cuanto a tiempo, costos de producción y calidad al momento en que ocurren catástrofes naturales. Es por eso que surge la necesidad de implementar un sistema que cubra los requerimientos de la institución CONRED.

El desarrollo de este proyecto permitirá a la institución CONRED empacar y distribuir rápidamente los granos, así como llevar un mejor control del producto empacado.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Conceptos previos para el diseño y construcción de un dosificador

En este apartado se hace una compilación de los diferentes conceptos que se deben de conocer previamente a realizar el diseño de una máquina dosificadora.

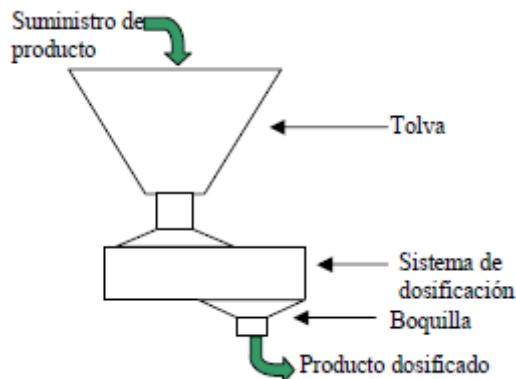
1. Dosificadores. El dosificador es una máquina fundamental para una empresa que posee un proceso de producción en volumen, su función principal consiste en llenar o suministrar una cantidad determinada de producto durante un tiempo establecido. (Durán Sánchez, 2006)

Los dosificadores están constituidos por tres partes (ver Figura 1):

- Tolva de alimentación o almacenamiento
- Sistema dosificador
- Boquilla, tolva pulmón o tobera de descarga

Las partes antes descritas pueden variar en tamaño y diseño según la necesidad y producto que se necesite dosificar.

Figura 1. Partes de un dosificador



(Durán Sánchez, 2006)

2. Tolva. Es el dispositivo encargado de recibir el producto de la línea de suministro del grano a granel, ya sea por medio de un tornillo transportador, banda transportadora o mediante descarga manual. El objetivo de la tolva es mantener de manera constante el producto en su interior, mientras se procede al proceso de dosificación. (Durán Sánchez, 2006)

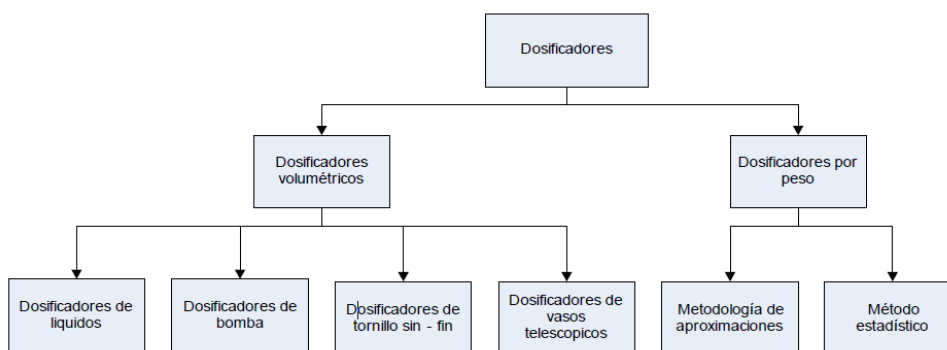
3. Sistema dosificador. El sistema de dosificación es el más importante en relación a las demás partes que integran una máquina empacadora. Este tiene como objetivo determinar y distribuir la cantidad de producto que se retirará de la tolva para proceder al proceso de empaque. La cantidad de producto depende de las necesidades de las personas que estén utilizando el dosificador. La dosificación puede realizarse de dos formas diferentes: mediante volumen o peso, esto depende de las propiedades del producto y de la exactitud que se requiera. (Durán Sánchez, 2006)

4. Boquilla de descarga. La boquilla o tubo de descarga es el encargado de dirigir el producto a la bolsa o empaque para evitar que el producto que se esté dosificando se derrame o desperdicie. Al mismo tiempo evita el contacto directo del producto con otras partes de la máquina y previene cualquier tipo de contaminación hacia el producto dosificado. (Durán Sánchez, 2006)

5. Clases de dosificadores. El tipo de dosificador dependerá del tipo de producto a dosificar, así como la exactitud que requiera el producto a empaquetar. Otros factores que influyen en la selección del tipo de dosificador son los costos y tiempos de dosificación. (Durán Sánchez, 2006)

La Figura 2 expone de forma simple los métodos de dosificación más utilizados en la industria, y estos serán explicados más adelante.

Figura 2. Clasificación de tipos dosificadores.



(Durán Sánchez, 2006)

a. Dosificadores volumétricos. Este tipo de dosificadores se utilizan especialmente en productos que poseen homogeneidad en sus características físicas, tamaño, forma y peso. Como por ejemplo cereales, granos, fluidos viscosos y polvo. (Durán Sánchez, 2006)

La selección de un tipo de dosificador volumétrico dependerá de las propiedades de la sustancia, como lo es la fluidez y el rango de la dosis que se requiera. (García Torres, 2012)

La calibración de estos dispositivos deberá ser verificada periódicamente en particular si la masa del producto que se está dosificando está sujeta a variaciones. (García Torres, 2012)

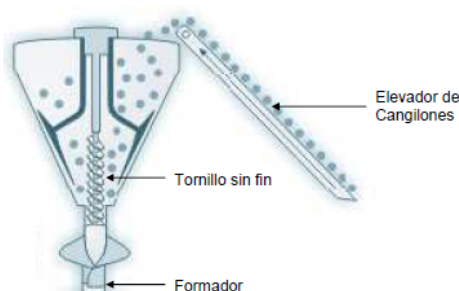
b. Dosificador de líquidos. Son utilizados exclusivamente para dosificar productos y sustancias líquidas de fácil fluidez, como lo es el agua, leche, jugos, etc. Se encuentran conformados por una válvula de bolas y una bomba de dosificación de pistón. (Durán Sánchez, 2006)

c. Dosificador de bomba. Son empleados únicamente en productos o sustancias viscosas y pastosas de difícil fluidez, como lo son las grasas, ceras, mieles, etc. (Durán Sánchez, 2006)

d. Dosificador de tornillo sinfín. Se utilizan principalmente para dosificar pastas, polvos granulados en general, ciertos productos viscosos y harinas. En la Figura 3 se expone este sistema. (Durán Sánchez, 2006)

En estos sistemas el producto o sustancia es evacuado de la tolva de alimentación en la cantidad y tiempo requerido según la velocidad de giro del tornillo sinfín y el número de revoluciones. Generalmente el accionamiento del tornillo sinfín es realizado mediante un moto-reductor. (Durán Sánchez, 2006)

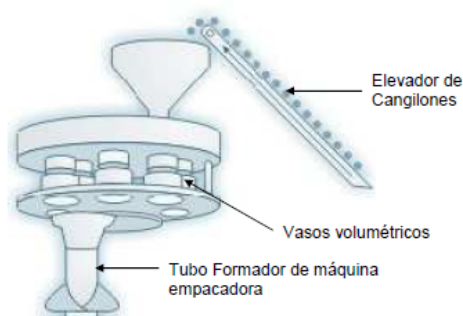
Figura 3. Dosificador tornillo sinfín.



(Moreno Zapata, 2010)

e. Dosificador volumétrico de vasos telescópicos. Estos sistemas se encuentran constituidos por una tolva de alimentación o almacenamiento, uno o dos agitadores según las características del producto a dosificar, un plato giratorio que contiene los vasos telescópicos, dos moto-reductores y una tolva de alimentación. Los dosificadores de esta índole son utilizados únicamente para dosificar productos granulados, en procesos de dosificación continua. (Durán Sánchez, 2006). En la Figura 4 se presenta un modelo de este tipo de dosificadores.

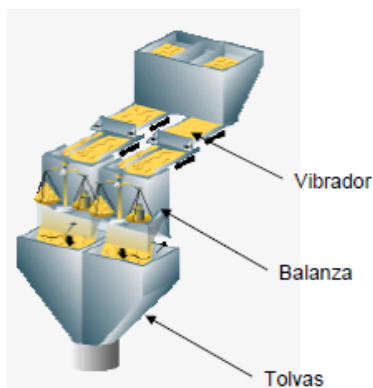
Figura 4. Dosificador volumétrico de vasos telescópicos.



(Moreno Zapata, 2010)

f. Dosificadores por peso. Estos dosificadores se utilizan cuando las características físicas del producto son en gran porcentaje heterogéneas, lo que no permite una dosificación del producto en cantidades iguales. Utilizar este tipo de dosificadores permite dosificar cantidades constantes de producto, lo que representa un menor porcentaje de error en el peso neto, y esto representa una gran ventaja en relación a los dosificadores volumétricos debido a que éstos no son exactos en el peso neto. (Durán Sánchez, 2006)

Figura 5. Dosificador por peso.



(Moreno Zapata, 2010)

El peso del producto es determinado mediante sistemas electrónicos. La celda de carga o también llamada célula es el principal elemento que conforma este sistema, ya que transforma la fuerza aplicada en una señal eléctrica. Esta señal es dirigida hacia el sistema de control encargado de realizar la dosificación del producto. (Durán Sánchez, 2006)

6. Método de aproximaciones. Este método la operación de control se realiza sobre el sistema de alimentación de producto hacia la balanza, continuamente comprueba la diferencia entre el peso de referencia y la cantidad en la balanza. (Durán Sánchez, 2006)

3. Elementos de mando eléctricos. Son dispositivos de tipo manual o automático encargados del accionamiento, conexión o funcionamiento de un mecanismo en particular. (Ortega Acosta & Carrillo Balseca, 2011)

Figura 8. Elementos de mando eléctricos



4. Selector de dos posiciones. Es un dispositivo eléctrico que permite el paso de la corriente eléctrica, similar a un switch. Este tipo de dispositivo debe de ser activado manualmente. Ver Figura 9. (Ortega Acosta & Carrillo Balseca, 2011)

Figura 9. Selector de dos posiciones



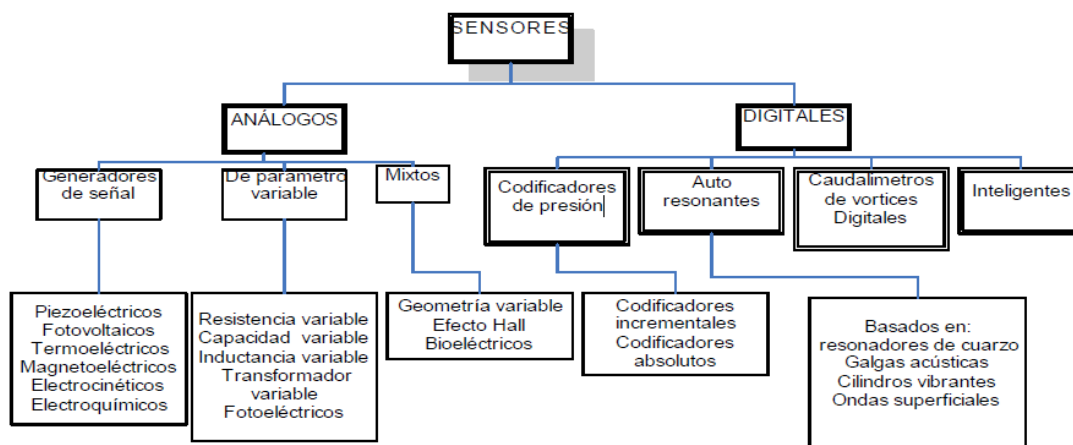
5. Lámpara piloto. Este dispositivo eléctrico emite una luz cuando la máquina se encuentra en funcionamiento. Con estos dispositivos se pueden evitar accidentes hacia las personas que operan las máquinas. Ver Figura 10. (Ortega Acosta & Carrillo Balseca, 2011)

Figura 10. Lámpara piloto



6. Sensores. Estos dispositivos trabajan mediante el principio de conversión de energía. Poseen la capacidad de convertir una señal física (temperatura, presión, sonido, fuerza, etc.) en una señal eléctrica, química, mecánica óptica, etc. Esto según el sistema de control implementado. (Durán Sánchez, 2006). En la Figura 11 se presentan algunos sensores y su respectiva clasificación

Figura 11. Sensores y su clasificación



(Durán Sánchez, 2006)

7. Actuadores. Este tipo de dispositivos poseen la capacidad de transformar una señal de control en un movimiento de traslación, a partir de una señal suministrada. (Durán Sánchez, 2006)

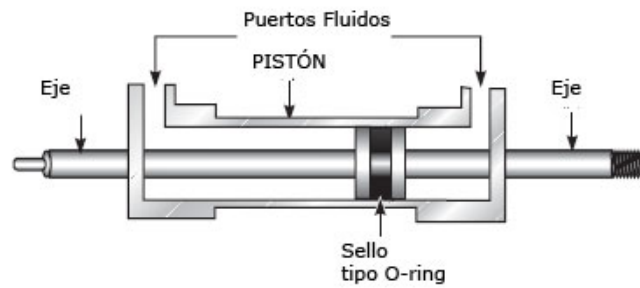
Estos dispositivos se clasifican en:

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Para la selección del tipo de actuador a utilizar, es necesario conocer las condiciones de trabajo a las que va a ser sometido. (Durán Sánchez, 2006)

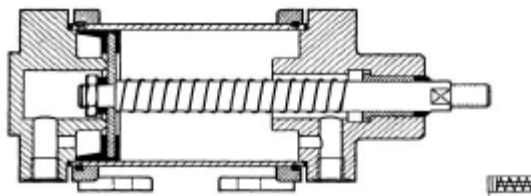
8. Actuadores hidráulicos. Estos dispositivos funcionan a través del principio de pascal, el cual establece: *la presión aplicada sobre un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas direcciones y en todos los puntos del fluido.* (Blaise Pascal). En la Figura 12 se presenta un ejemplo de este actuador.

Figura 12. Actuador hidráulico



9. Cilindro neumático de simple efecto. Este tipo de cilindros poseen sólo una conexión de aire comprimido. Tienen la capacidad de realizar movimientos de traslación en una sola dirección. Estos cilindros están conformados por un resorte interno que regresa el émbolo a su posición inicial a una velocidad considerablemente grande. (Ortega Acosta & Carrillo Balseca, 2011). En la Figura 13 se presenta un ejemplo de este tipo de cilindro.

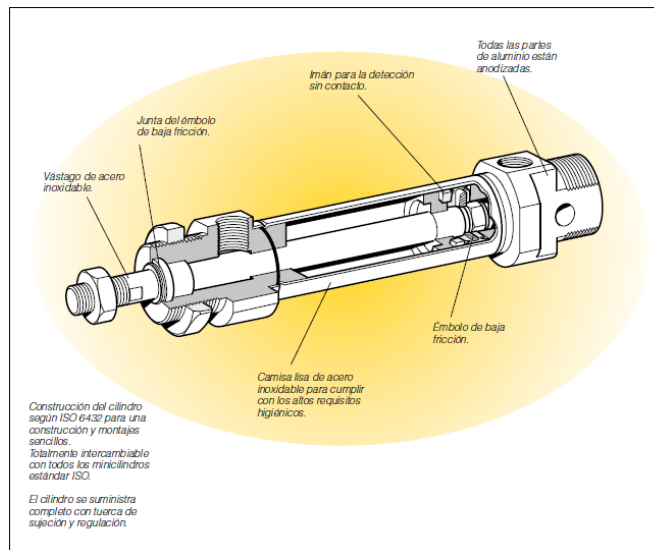
Figura 13. Actuador neumático de simple efecto



(Ortega Acosta & Carrillo Balseca, 2011)

10. Cilindros neumáticos de doble efecto. Estos cilindros poseen dos conexiones de aire comprimido, de esta manera tienen la capacidad de realizar movimientos de traslación en dos direcciones. Se utilizan en aplicaciones en donde el retorno del émbolo a su posición inicial, se debe realizar después de una acción específica. Ver Figura 14. (Ortega Acosta & Carrillo Balseca, 2011)

Figura 14. Cilindro neumático de doble efecto.



(Parker, 2009)

11. Electroválvulas neumáticas. Este tipo de dispositivos tienen la capacidad de distribuir, dirigir y bloquear el flujo de aire comprimido. Dependiendo de la distribución, existen válvulas 2/2, 3/2, 3/3, 4/2, 4/3, 5/2 y 5/3. El primer número indica la cantidad de vías de entrada, salidas y descargas; mientras que el segundo número indica la cantidad de posiciones que la válvula puede tener. (Ortega Acosta & Carrillo Balseca, 2011)

Según su función, las válvulas se subdividen en cinco grupos:

- Válvulas distribuidoras o de vías
- Válvulas reguladoras de caudal
- Válvulas de bloqueo
- Válvulas de presión
- Válvulas de cierre

a. Válvulas distribuidoras o de vías. Estos dispositivos determinan la vía o camino que debe seguir el flujo de aire. En la Figura 15 se presenta un ejemplo de este tipo.

Figura 15. Electroválvula de vías 5/2.



(Festo, 2013)

b. Válvulas reguladoras de caudal. Así como su nombre lo dice, estas válvulas regulan la cantidad de flujo de aire que entra al sistema. En la Figura 16 se presenta un ejemplo de este dispositivo.

Figura 16. Electroválvula de caudal.



(Festo, 2013)

c. Válvulas de bloqueo. Estos dispositivos bloquean el flujo de aire en una dirección, pero permiten el flujo de aire en el sentido contrario. En la Figura 17 se presenta un ejemplo de este dispositivo.

Figura 17. Electrovalvula de bloqueo



C. Tipos de transportadores que mejoran el flujo de material

Estos dispositivos son diseñados para mover o transportar materiales. En algunas ocasiones los productos granulados, poseen dificultad de fluir en recipientes como la tolva de alimentación. En estas situaciones es necesario la implementación de un sistema capaz de generar el flujo del material. (Durán Sánchez, 2006)

Los transportadores o alimentadores poseen varias características que contribuyen en la industria. Una muy importante es que realizan su función sin intervención humana. Otra característica es que siguen trayectorias fijas, esto restringe su flexibilidad pero los hace aptos para procesos de flujo continuo y la producción en masa. (Cangas Herrera & Chaguamate Remache, 2007)

Dentro de los tipos de transportadores o alimentadores se encuentran los siguientes:

- Tolvas vibratorias o zarandas
- Alimentadores por banda

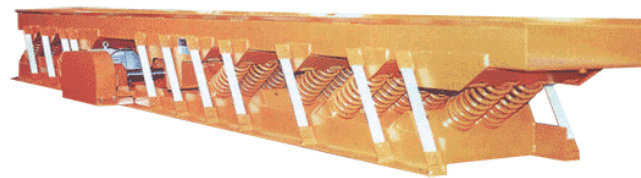
- Alimentadores por tornillo sinfín (Durán Sánchez, 2006)

1. Tolvas vibratorias. Se utilizan para incrementar la abertura de los depósitos de alimentación y producir el flujo al desintegrar las acumulaciones de material. (Durán Sánchez, 2006)

Dentro de las tolvas vibratorias se encuentran las siguientes:

- De torbellino: estas ocasionan una oscilación y elevación al material rompiendo o desintegrando las acumulaciones que se forman.
- Giratorias: estas aplica una fuerza perpendicular al canal de flujo, lo que produce el movimiento del material. (Durán Sánchez, 2006)

Figura 18. Tolva vibratoria horizontal.



2. Alimentadores por banda (banda transportadora). Este alimentador está conformado por una banda sustentadora de caucho que circula sobre rodillos. Estos alimentadores utilizan una gran variedad de accesorios que permiten efectuar cualquier tipo de transporte, sea en dirección horizontal o inclinado. (Cangas Herrera & Chaguamate Remache, 2007)

Con este tipo de alimentador se obtiene una alimentación uniforme, con la condición de que no se originen puntos muertos en el depósito de alimentación. Para evitar este problema se debe instalar una placa inclinada que golpee el frente de la tolva de alimentación. (Durán Sánchez, 2006)

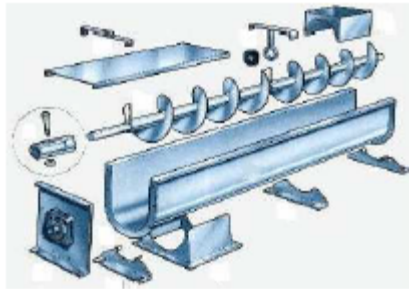
Figura 19. Alimentador por banda o banda transportadora



(Cangas Herrera & Chaguamate Remache, 2007)

3. Alimentadores de tornillo sinfín (gusano). El alimentador de tornillo sinfín es uno de los transportadores más antiguos y versátiles, se emplea la mayoría de veces en el transporte de materiales como polvos, harinas, granos, arenilla, etc. El costo de éste es mucho menor en comparación a otro tipo de alimentador. (Cangas Herrera & Chaguamate Remache, 2007)

Figura 20. Alimentador de tornillo sinfín



(Cangas Herrera & Chaguamate Remache, 2007)

V. METODOLOGÍA

A. Requerimientos para la empacadora de granos

1. Funciones de la empacadora

- La máquina tiene como función principal dosificar y empaquetar tres tipos de granos, maíz, frijol y arroz. Esta máquina será de uso exclusivo para la institución nacional CONRED.
- Dar forma al empaque. Debe existir una pieza capaz de darle la forma a la película de polietileno, para que ésta adquiera la forma de una bolsa.
- Sellado de la bolsa. Debe existir un elemento mecánico que en su interior posea una resistencia eléctrica, para realizar las operaciones de corte y sello.

2. Requisitos operacionales

- La empacadora de granos utilizará una conexión trifásica de 240 voltios, 60 hz.
- Para la operación de la empacadora de granos se deberá de poseer un espacio de 395 ft³.
- Para activar la empacadora de granos es necesario accionar un pedal mecánico.
- Como requisito de la institución CONRED el sistema de dosificación será de tipo volumétrico.
- La empacadora de granos utilizará bobinas de polietileno para la manufactura de las bolsas.
- Para el funcionamiento de los cilindros neumáticos es necesario poseer un compresor.

3. Restricciones de operación

- La velocidad de empaque podrá ser modificada por las personas que se encuentren a cargo de la empacadora de granos, mediante el variador de frecuencia, sin embargo no es recomendable modificarla porque se estarán empaquetando tres tipos de granos y por el volumen diferente que ocupa cada uno de ellos, todo el proceso se verá afectado.
- Las bolsas de granos deben tener la capacidad de almacenar una libra de peso.
- El formador de bolsas deberá ser circular para guiar el flujo del grano hacia la bolsa.
- La máquina podrá empaquetar únicamente granos.
- Las piezas metálicas diseñadas para la empacadora de granos, deberán de ser de grado alimenticio para no contaminar los granos y presentar riesgos a la salud de los consumidores.
- La producción debe ser mayor a 35 bolsas por minuto empaquetadas
- La empacadora de granos podrá dosificar y empaquetar un solo tipo de grano a la vez.
- El espacio en donde se encuentre la empacadora de granos, debe ser hermético para evitar la contaminación con el producto.

4. Especificaciones solicitadas

a. De operación

- La empacadora de granos utilizará un motor eléctrico de un hp de corriente alterna trifásica, para realizar el proceso de manufactura de bolsas, éste accionará un mecanismo de movimiento alternativo, conjuntamente con una mordaza, y esto generará el flujo para la manufactura de las bolsas.

- Para el accionamiento de los cilindros neumáticos del proceso de formación de bolsas, se utiliza un posicionador de levas. Este dispositivo funciona según la posición que tenga cada leva del motor, mediante el panel de éste dispositivo se selecciona el ángulo al que se desea que se accione cada cilindro.
 - Por requerimientos de la institución CONRED, la empacadora utilizará un formador de bolsas circular, se seleccionó este tipo porque se pretende aprovechar el escaso espacio que se posee la empacadora, de esta manera se realiza la forma a la bolsa y al mismo tiempo el formador funcionará como guía para el flujo de los granos.
 - La temperatura ambiente de trabajo de la empacadora debe mantenerse entre los 21° a 35° Celsius.
 - La empacadora utilizará dos calentadores eléctricos, una para realizar el sellado vertical de la bolsa y otra para realizar el sellado superior e inferior de la bolsa. Cada calentador posee un controlador digital para seleccionar la temperatura de trabajo requerida.
- b. De llenado
- Por términos de exactitud y requisito de la institución CONRED, todas las bolsas deben pesar una libra más menos 0.070 onzas. Por políticas de CONRED se establece que de 100 libras de granos recibidos, se deben de empacar 100 bolsas de producto.
 - Manufacturar un vaso telescópico patrón, para calibrar y dosificar los tres tipos de granos a envasar.
- c. De instalación
- El espacio físico disponible para el funcionamiento de la empacadora será de 395 ft³.
- d. De seguridad e higiene
- Los mecanismos o estructuras que tengan contacto con los alimentos, deberán de ser de acero inoxidable tipo AISI 304.
 - La empacadora debe de tener un accionador eléctrico de paro de emergencias.

B. Normas COGUANOR

Como la empacadora será utilizada por la institución CONRED para brindar granos empacados a las personas afectadas por desastres naturales, se deben de cumplir los requerimientos exigidos por la Comisión Guatemalteca de Normas. Los requerimientos son los siguientes:

Tabla 1. Normas COGUANOR

Requerimientos	Descripción	Fuente
MATERIALES	La película que se utilizará debe ser obtenida a partir del homopolímero de etileno, copolímeros de etileno, o mezclas de homopolímeros o copolímeros. La densidad de la	COGUANOR_NTG_53015

Continuación Tabla 1

Requerimientos	Descripción	Fuente
	película debe encontrarse entre $910,0 \frac{kg}{m^3}$ y $925,0 \frac{kg}{m^3}$.	
COLOR	La película debe ser de color natural. Necesariamente incolora.	COGUANOR_NTG_53015
TIPO	El impacto de caída del dardo para todos los calibres de película se encuentran establecidos en el Cuadro 19.	COGUANOR_NTG_53015
SUPERFICIE	El coeficiente cinético de fricción se establece mediante el Cuadro 20.	COGUANOR_NTG_53015
CLASE	Las propiedades ópticas se encuentran establecidas en el Cuadro 21.	COGUANOR_NTG_53015
ACABADO	Los tratamientos de la superficie de la película se establecen en el Cuadro 22.	COGUANOR_NTG_53015
PROPIEDADES DE TENSIÓN	La resistencia a la tensión y elongación a la rotura se establecen en el Cuadro 23.	COGUANOR_NTG_53015
SELLADO AL CALOR	La relación entre la resistencia de la película sellada y la resistencia de la película en las dos direcciones se establece en el Cuadro 24.	COGUANOR_NTG_53015
OLOR	El nivel del olor de la película debe de encontrarse en los límites	COGUANOR_NTG_53015

Continuación Tabla 1

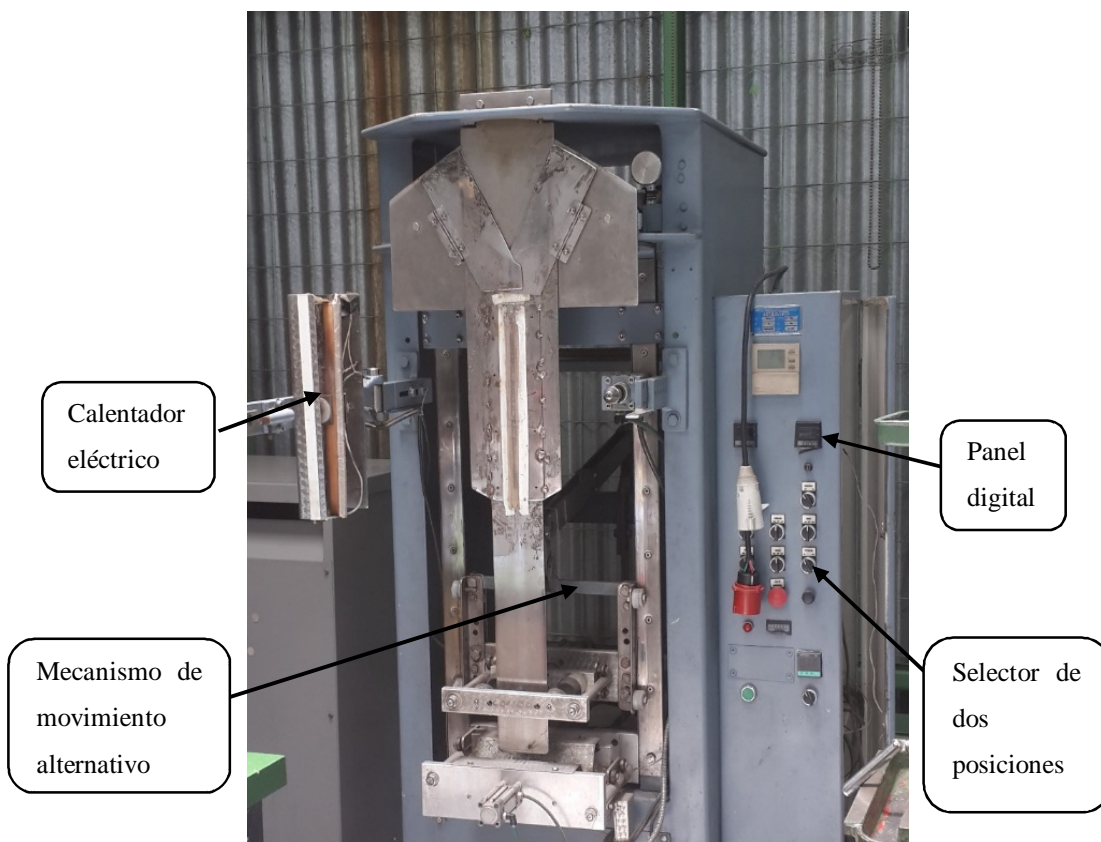
Requerimientos	Descripción	Fuente
	establecidos entre el cliente y el proveedor.	
TAMAÑO	El ancho, espesor nominal y longitud del rollo deben establecerse mutuamente.	COGUANOR_NTG_53015
TOLERANCIA EN EL ESPESOR	La variación del espesor a través de la película debe encontrarse en el rango de las tolerancias asignadas en el Cuadro 25.	COGUANOR_NTG_53015
TOLERANCIA EN EL ANCHO	El ancho debe encontrarse dentro de las tolerancias asignadas en el Cuadro 26.	COGUANOR_NTG_53015
APARIENCIA	Las películas deben encontrarse libres de arrugas, motas, burbujas, ojos de pescado, partículas extrañas, agujeros u otras imperfecciones que perjudiquen su uso.	COGUANOR_NTG_53016
INOCUIDAD	La película debe encontrarse libre de agentes tóxicos o de contaminantes.	COGUANOR_NTG_53016
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS	Al momento de realizar los ensayos en las películas para empaque de alimentos, ver apartado 8 de la norma Coganor NTG 53016.	COGUANOR_NTG_53016

En el anexo I se encuentran los cuadros de los requerimientos de la institución COGUANOR.

C. Análisis de situación

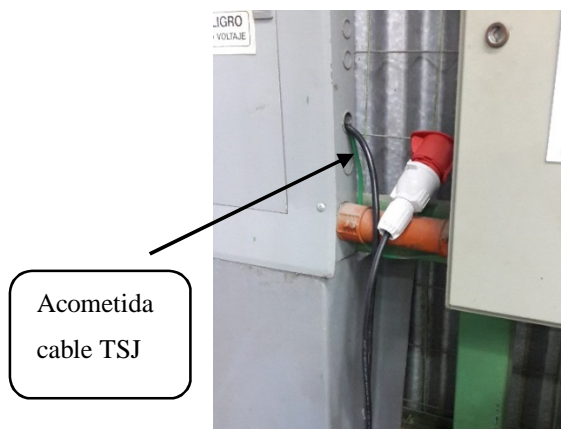
Cuando se observó por primera vez la formadora de bolsas, se desconocía el procedimiento para activarla e iniciar el proceso de operación. Se observó que ésta poseía varios dispositivos eléctricos de mando, de dos y tres posiciones, tres paneles digitales, dos calentadores eléctricos (ver Figura 21) y un mecanismo alternativo de vaivén (movimiento alternativo).

Figura 21. Formadora de bolsas marca Asteguieta



- Para conocer el funcionamiento de la formadora de bolsas, se estableció comunicación con la empresa *Alimentos Congelados S.A.*, para solicitar que un técnico de la empresa, hiciera una demostración del procedimiento de operación de la formadora de bolsas.
- Con la demostración finalizada, se determinó que el Taller de Metal Mecánica de la UVG, no había acometida adecuada para poner en marcha la formadora. Por lo que se procedió a comprar 6 metros de cable TSJ 4X12 y se inició la instalación eléctrica con el apoyo del departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad.
- Al tener la conexión eléctrica lista (ver Figura 22), se procedió a activar la formadora de bolsas para observar su funcionamiento.

Figura 22. Acometida eléctrica terminada



- La formadora de bolsas utiliza una corriente trifásica de alimentación con un voltaje de 240 voltios con espiga tipo clavija como acometida (ver figuras 23 y 24).

Figura 23. Espiga tipo clavija



Figura 24 Espiga tipo clavija



- De acuerdo a un previo análisis, se determinó que la formadora de bolsas presentaba un faltante de 4 componentes críticos para el sistema de formación de la bolsa:
 - ✓ 1 eje cuya función es soportar la bobina de polietileno.
 - ✓ 2 conos centradores y soportes de peso de la bobina de polietileno.
 - ✓ 1 tambor de control de tensión de la bobina de polietileno.

1. Resumen del análisis de situación de la formadora de bolsas

Tabla 2. Resumen de situación de la formadora de bolsas.

Problema	Mecánica	Eléctrica	Diseño	Otros
Acometida		El taller de Metal Mecánica carece de la acometida eléctrica apropiada para poner en marcha la formadora de bolsas		
Falta de piezas	La formadora carece de las siguientes piezas: <ul style="list-style-type: none"> • 1 eje • 2 conos de centrado • 1 tambor de freno 			
Sistema eléctrico		La formadora presenta problemas eléctricos		
Material de insumo para operar				Se carece de bobina de polietileno para realizar pruebas
Problemas de diseño			El tamaño de los accesorios para la fabricación de las bolsas no son adecuados para el tamaño de bolsa	

D. Matriz de necesidades para funcionamiento del equipo

Tabla 3. Matriz de necesidades

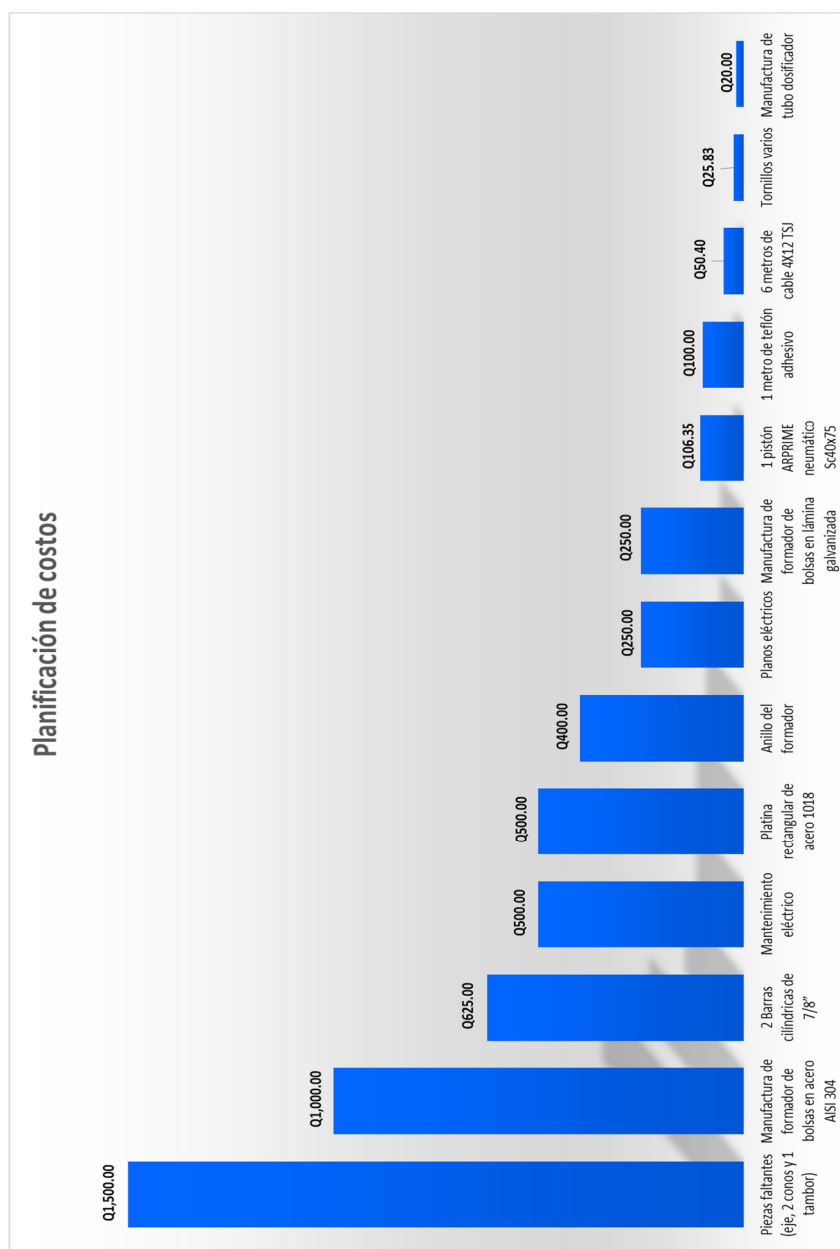
	Mecánica	Eléctrica	Diseño	Otros
Requerimientos (Necesidades)				
Operación de la formadora de bolsas				Aprender el funcionamiento y el proceso de formación bolsas
Investigar y localizar los elementos de máquinas faltantes	Adquirir los elementos de máquina que le hacen falta a la formadora de bolsas			
Investigar sistema eléctrico		Reparar falla eléctrica del pedal de accionamiento de la formadora		
Material para manufacturar bolsas				Adquirir una bobina de polietileno para realizar pruebas
Formador de bolsas			Diseñar un formador de bolsas apropiado, para el empaque de granos	
Rediseñar el sistema de sellado y corte			Cambiar por completo el tipo de sellador y cortador actual por uno de líquidos	
Tolva pulmón y de almacenamiento			Diseñar tolva pulmón para la dosificación de granos y otra tolva para almacenar determinada cantidad de granos	
Sistema de dosificación			Determinar el tipo de dosificador adecuado, para la dosificación de granos.	

E. Planificación de costos

Tabla 4. Planificación de costos

Descripción	Costo
Piezas faltantes (eje, 2 conos y 1 tambor)	Q 1,500.00
Manufactura de formador de bolsas en acero AISI 304	Q 1,000.00
2 Barras cilíndricas de 7/8"	Q 625.00
Mantenimiento eléctrico	Q 500.00
Platina rectangular de acero 1018	Q 500.00
Anillo del formador	Q 400.00
Planos eléctricos	Q 250.00
Manufactura de formador de bolsas en lámina galvanizada	Q 250.00
1 pistón ARPRIME neumático Sc40x75	Q 106.35
1 metro de teflón adhesivo	Q 100.00
6 metros de cable 4X12 TSJ	Q 50.40
Tornillos varios	Q 25.83
Manufactura de tubo dosificador	Q 20.00
Total	Q 5,327.58

Figura 25. Gráfico de planificación de costos



F. Costos de imprevistos

Tabla 5. Costos imprevistos

Descripción	Costos
Variador de frecuencia	Q2200.00
Barra circular de 5/16"	Q5.00
Total	Q2205.00

G. Planificación de actividades

El proyecto se dividió de las siguientes fases:

Tabla 6. Sistemas del proyecto

a. Revisión física de la formadora de bolsas
b. Formador de bolsas
c. Sistema de dosificación
d. Sistema de corte y sellado de bolsas

Tabla 7. Planificación de actividades

Planificación de actividades			Fecha
Actividades	Objetivo	Responsable	
Instalación acometida eléctrica	Realizar la instalación trifásica para activar la formadora de bolsas.	Departamento de Ingeniería Eléctrica	14 de julio 2014.
Compra de elementos mecánicos faltantes	Adquirir elementos mecánicos (1 eje, 2 conos centradores y 1 tambor de freno)	Departamento de Ingeniería Mecánica.	25 de julio 2014.
Adquirir bobina de polietileno	Adquirir bobina de polietileno, para realizar primeras pruebas	José Luis Machic	28 de julio 2014
Montaje elementos mecánicos	Montaje elementos mecánicos y realizar primeras pruebas	José Luis Machic	29 de julio 2014
Mantenimiento eléctrico	Realizar mantenimiento eléctrico para resolver las fallas eléctricas encontradas.	Empresa Asteguieta	26 de agosto 2014
Diseño formador de bolsas	Diseñar el formador de bolsas de acuerdo a necesidades.	José Luis Machic	12-30 de enero 2015
Rediseño del soporte sistema sello y corte	Realizar corredera al soporte que sostiene las barras cilíndricas.	José Luis Machic	13 de febrero 2015
Cambio de barras cilíndricas del sistemas de corte y sellado	Incrementar el largo de barras cilíndricas y estandarizar a un diámetro comercial.	José Luis Machic	17-20 de febrero 2015
Montaje de las barras cilíndricas de 7/8" de diámetro exterior.	Mejorar el espacio por donde atraviesa la bolsa en el sistema de sello y corte.	José Luis Machic	24 de febrero de 2015

Continuación Tabla 7

Planificación de actividades			Fecha
Actividades	Objetivo	Responsable	
Manufactura y montaje de 2 espaciadores	Manufacturar 2 espaciadores para retraer todo el sistema de corte y sello para compensar el aumento de 2 pulgadas en las barras cilíndricas.	José Luis Machic	02-03 de marzo de 2015
Manufactura de formador circular de bolsas	Fabricación del formador circular en lámina galvanizada de 1/16 de espesor	José Luis Machic	12 de marzo de 2015
Modificar el sistema de corte y sello	Cambiar sistema de corte y sello actual, a un cortador y sellador de líquidos.	José Luis Machic	16-27 de marzo de 2015
Diseño del sistema de dosificación	Diseñar sistema de dosificación volumétrico.	José Luis Machic	16-26 de marzo de 2015
Montaje del sistema de formado de bolsas	Montar el formador cilíndrico y el tensor de bolsas	José Luis Machic	27 de marzo de 2015
Realización de pruebas de temperatura y transferencia de calor	Realizar pruebas de temperatura con el nuevo sistema de sello y corte.	José Luis Machic	14-24 de abril de 2015
Realización de pruebas de formado de bolsas	Realizar pruebas con el formador de bolsas circular diseñado.	José Luis Machic	27 de abril de 2015

A continuación se presenta un resumen de la planificación de actividades:

Actividad	2014			2015			
	julio	agosto	enero	febrero	marzo	abril	
Instalación acometida eléctrica							
Comprar elementos mecánicos faltantes							
Adquirir bobina de polietileno							
Montaje elementos mecánicos							
Mantenimiento eléctrico							
Diseño formador de bolsas							
Rediseño del soporte del sistema sello y corte							
Cambio de barras cilíndricas del sistema de corte y sello							
Montaje de barras cilíndricas de 7/8" de diámetro exterior							
Manufactura y montaje de 2 espaciadores							
Manufactura de formador circular de bolsas							
Modificar el sistema d sello y corte							
Diseño del sistema de dosificación							
Montaje del sistema de formado de bolsas							
Ajustes del sistema de sello y corte							
Manufactura de piezas en acero inoxidable AISI 304							
Pruebas de transferencia de temperatura y transferencia de calor							
Pruebas de formado de bolsas							

H. Compra y montaje de componentes críticos para el sistema de formado de bolsas

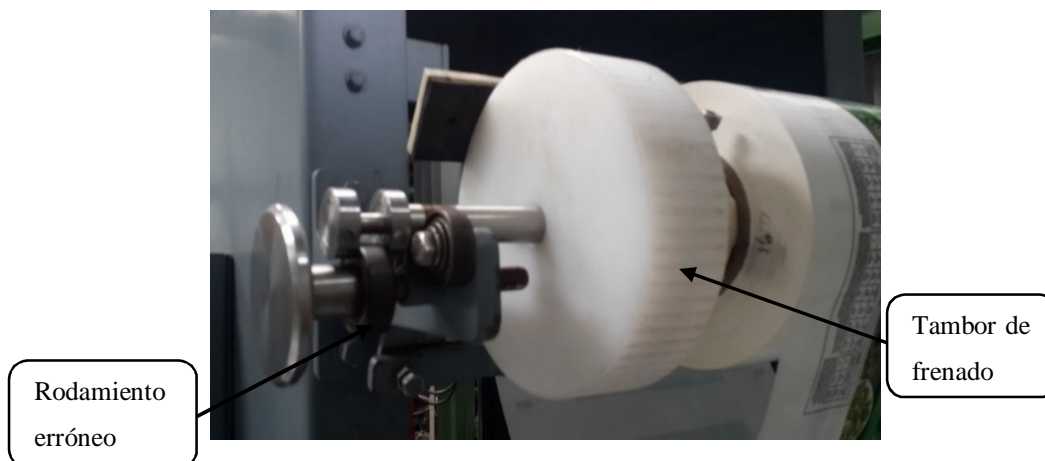
- En función de los resultados obtenidos en el análisis de situación, se procedió a comprar los cuatro elementos mecánicos faltantes de la formadora.
- Se recibió la cotización de la empresa Asteguieta (ver anexo II), estas fueron cotizadas en Q1500.00 decidiendo realizar la compra (ver Figura 26).
- Las piezas que se adquirieron son las siguientes:
 - ✓ 1 eje de 3/4"
 - ✓ 2 conos
 - ✓ 1 tambor

Figura 26. Eje, dos conos y tambor.



- Para realizar pruebas del funcionamiento de la formadora de bolsas se realizó el montaje de las piezas. Se procedió a instalar la bobina de polietileno en el eje, sujetándola en ambos conos, de forma que se posicionara en el centro del eje.
- Posteriormente se instaló el conjunto de elementos mecánicos en la estructura de la formadora de bolsas, observándose un problema de posición debido a un rodamiento no adecuado. (Ver Figura 27).
- Este problema se solucionó maquinando el eje adquirido, adaptándolo al rodamiento de formadora de bolsas.

Figura 27. Montaje de eje en rodamiento



- Con este problema se concluyó que la empresa *Alimentos Congelados S.A.*, debió haber cambiado el rodamiento original de la formadora por uno más grande.
- Con la bobina montada, se procedió a tensarla con los rodillos localizados en la parte superior de la formadora (ver Figura 28).

Figura 28. Montaje de bobina de polietileno en rodillos



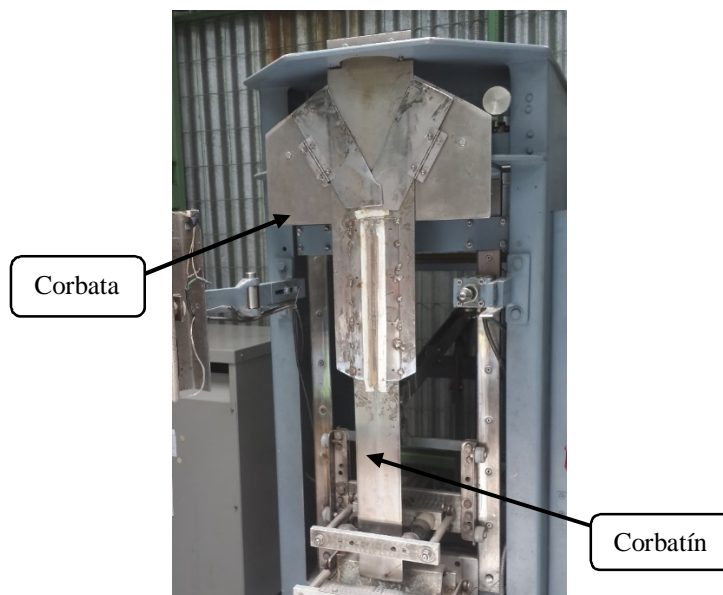
- Para iniciar el funcionamiento de la formadora de bolsas, se debe accionar un pedal (ver Figura 29), sin embargo se determinó que uno de los cables del pedal que va conectado al sistema eléctrico de la formadora de bolsas se encontraba desconectado, como resultado ésta no realizó ninguna acción. Para resolver este problema, se cotizó en la empresa Asteguieta el costo que tendría un mantenimiento eléctrico (ver anexo II).

Figura 29. Pedal de accionamiento



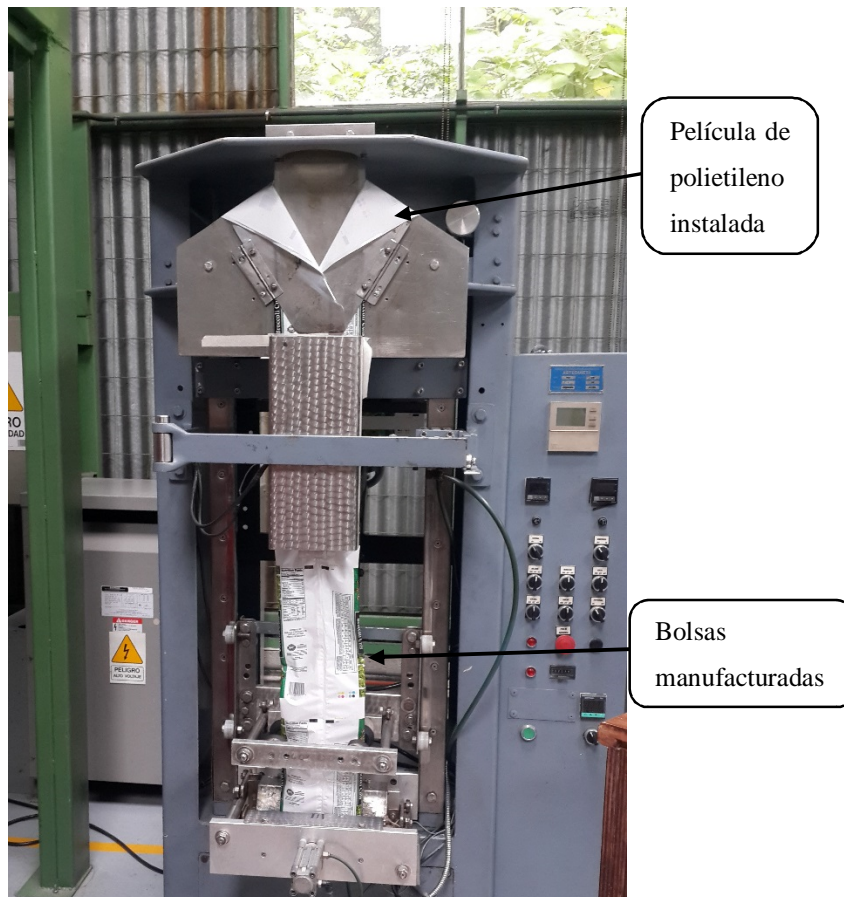
- El costo de mantenimiento ascendió a un costo de Q500.00, previo a autorización, se programó la visita.
- Previo a la visita del técnico, se revisó y se realizó mantenimiento de limpieza para facilitar el mantenimiento eléctrico.
- La falla en el pedal de accionamiento eléctrico es crítico, por lo que se le asignó una mayor prioridad.
- Quedando el técnico enterado de la situación, procedió a revisar el sistema eléctrico determinando la falla y corrigiéndola.
- Para realizar las primeras pruebas con la formadora de bolsas, se tuvo que modificar las dimensiones de la corbata y corbatín, porque eran demasiado grandes para la bobina de polietileno disponible (ver Figura 30).

Figura 30. Corbata y corbatín



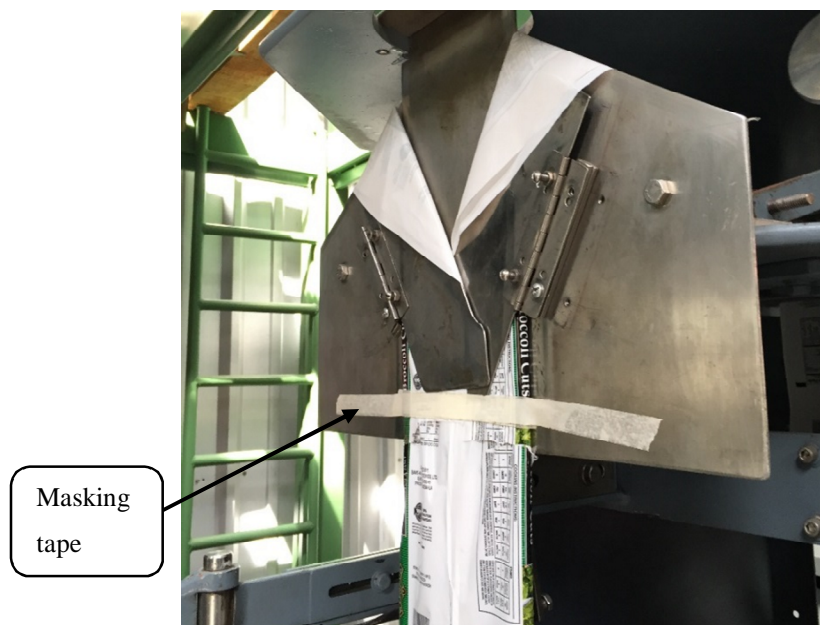
- Después de montar la corbata y corbatín con las dimensiones requeridas, se procedió a ingresar la película de polietileno (ver Figura 31) y se manufacturaron 30 bolsas.

Figura 31. Película de polietileno instalada en el formador de bolsas plano



Las primeras diez bolsas que se manufacturaron, no sellaron completamente en la parte vertical, este problema se originó porque las solapas de traslape del formador plano no eran las indicadas para el ancho de la película de polietileno, de esta manera se improvisó momentáneamente colocando una línea de cinta de masking tape para corregir dicho problema (ver Figura 32). Este procedimiento no era el correcto, sin embargo se realizó de esta forma para aprovechar al técnico y observar todo el funcionamiento de la formadora de bolsas.

Figura 32. Corbata con masking tape



I. Diseño, análisis y cálculos

1. Selección y diseño del formador de bolsas. Para el proceso de empaque, la selección y diseño del tipo de formador es una parte fundamental. Para el diseño del formador, se deben de considerar parámetros como: forma, tamaño y grosor de la película de polietileno.

El tipo de formador de bolsas dependía de los requerimientos y aplicación a la cual iba a ser utilizado. De esta forma se decidió utilizar un formador de bolsas de tipo circular, esto con el objetivo de aprovechar el escaso espacio disponible en la formadora de bolsas, porque es necesario realizar simultáneamente el proceso de dosificación y formado de la bolsa.

Los cálculos se realizaron considerando lo siguiente:

- El ancho de la bobina de polietileno. (13") (CONRED)
- El diámetro del tubo: $3\frac{13}{16}$ ". (se investigó en la empresa Asteguieta el diámetro del tubo de dosificación para un formador de 13")

El diseño del formador circular se inició con un procedimiento ambiguo porque no se poseía ningún antecedente relacionado con el proceso de diseño. Como resultado se diseñaron tres prototipos hasta diseñar el prototipo final. A cada prototipo se le modificaron diferentes parámetros para observar el comportamiento que tendría la película de polietileno, al momento de ingresar a cada formador circular.

El primer prototipo se realizó en cartulina (ver Figura 33), de primero se utilizó un tubo de 3.5" de diámetro nominal, y se envolvió el tubo con cartulina, esto con el objetivo de simular un formador hecho de

cartulina y poder determinar experimentalmente el radio de entrada de la película de polietileno hacia el formador circular. Al determinar el radio de entrada se fija la curva al formador.

Para determinar la forma del cuello del formador, se cortó a 45° respecto a la horizontal (ver Figura 34) un extremo del tubo de 3.5".

Figura 33. Proceso de construcción de formador de bolsas

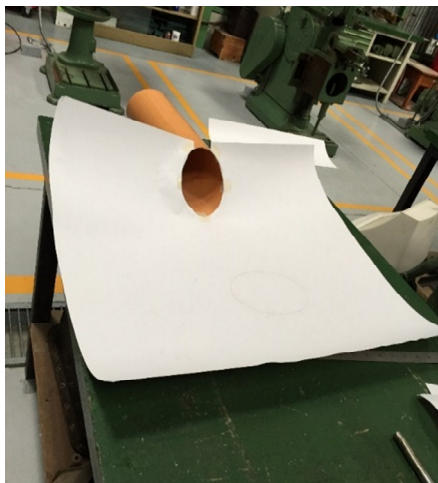
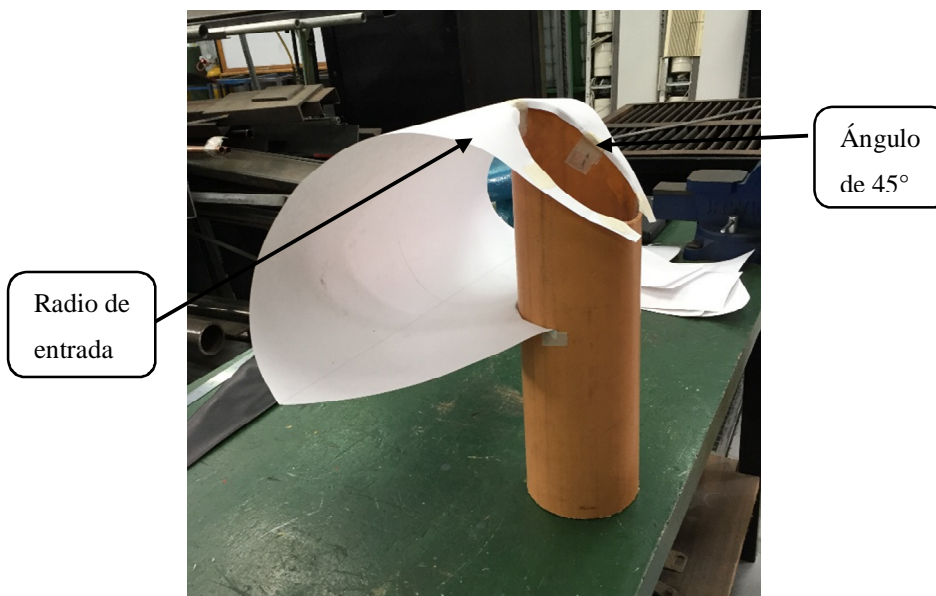


Figura 34. Proceso de construcción de formador de bolsas



Se realizó la plantilla del formador circular en cartulina, para posteriormente cortar la plantilla en lámina galvanizada (figuras 35, 36, 37 y 38).

Figura 35. Plantilla del formador de bolsas.

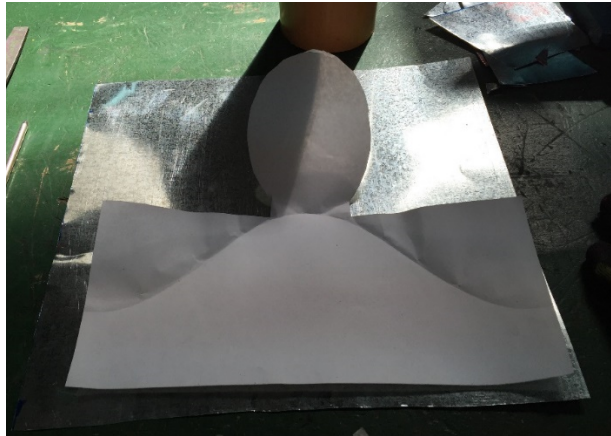


Figura 36. Corte de formador de bolsas en lámina galvanizada



Figura 37. Corte de formador de bolsas en lámina galvanizada



Figura 38. Corte de formador de bolsas en lámina galvanizada



Sin embargo al realizar pruebas, se observó que el radio de entrada del formador era demasiado pequeño, porque se dificultaba la entrada de la película de polietileno hacia el formador. Como el primer prototipo fue obsoleto, se procedió a diseñar uno nuevo.

Para el segundo prototipo se utilizó la plantilla del primer prototipo, con la diferencia del ángulo de entrada y la forma del cuello. Con el segundo prototipo en cartulina terminado, se procedió a construir el prototipo en lámina galvanizada y realizar pruebas (ver Figura 39).

Figura 39. Segundo prototipo



El problema que se obtuvo con el segundo prototipo en lámina galvanizada, fue la realización del cuello del formador, porque éste al tener una forma triangular, no permitía el ingreso del tubo dosificador.

El tercer prototipo en lámina galvanizada (ver Figura 40), se realizó en base al prototipo 2, aprovechando las características geométricas obtenidas, pero se modificó el cuello triangular a uno circular.

Figura 40. Tercer prototipo



De este prototipo obtenido se diseñó el prototipo final.

El prototipo final se realizó con más parámetros:

- Traslape de 1" entre las solapas de traslape
- Diámetro del cuello dosificador $3 \frac{15}{16}$ ".

Dentro de los parámetros anteriores, el valor de 1" para el traslape se obtuvo de la empresa Asteguieta, los diámetros del cuello dosificador y del tubo de dosificación, se determinaron con las pruebas que se realizaron.

De acuerdo a los parámetros anteriores, el formador circular final quedó como se detalla en la Figura 41.

Figura 41. Formador circular final de lámina galvanizada

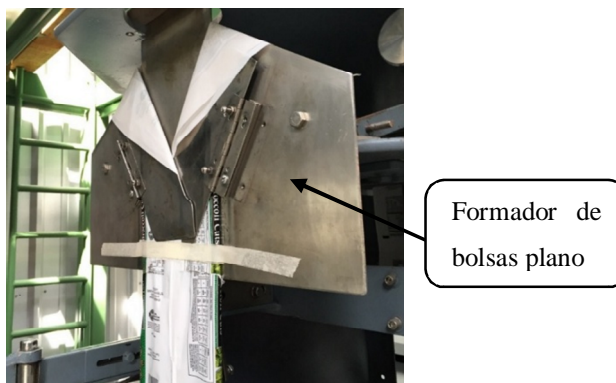


2. Modificaciones

- Paso 1

Para instalar el nuevo formador, se desmontó el formador original de la formadora (ver Figura 42).

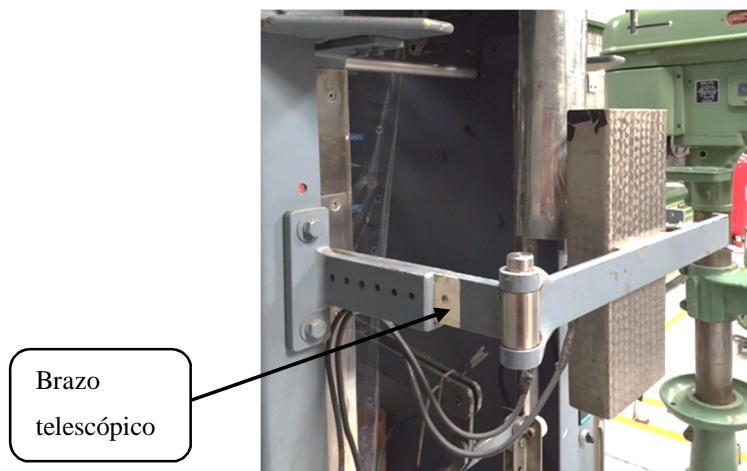
Figura 42. Formador original



- Paso 2

Modificación de la distancia del brazo telescópico que sella la parte vertical de la bolsa y el pistón neumático que acciona el sellado vertical (ver Figura 43)

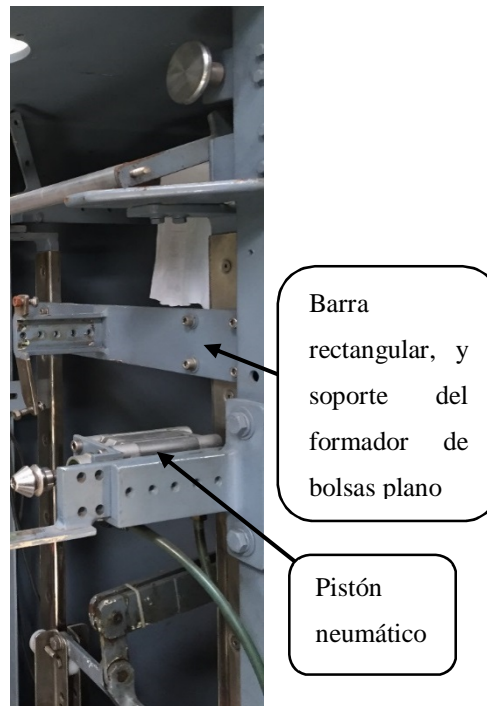
Figura 43. Desmontaje del formador de bolsas plano y extracción de sistema de sellado vertical.



- Paso 3

Se eliminó la barra rectangular, soporte del formador plano debido a la interferencia que producía con el nuevo sistema (ver Figura 44).

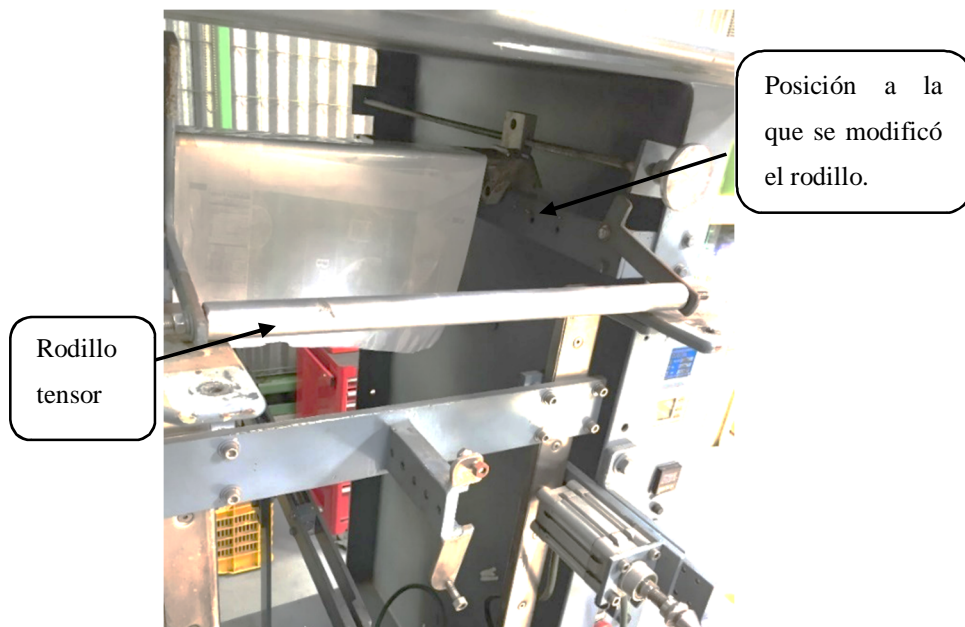
Figura 44. Eliminación de la barra rectangular



- Paso 4

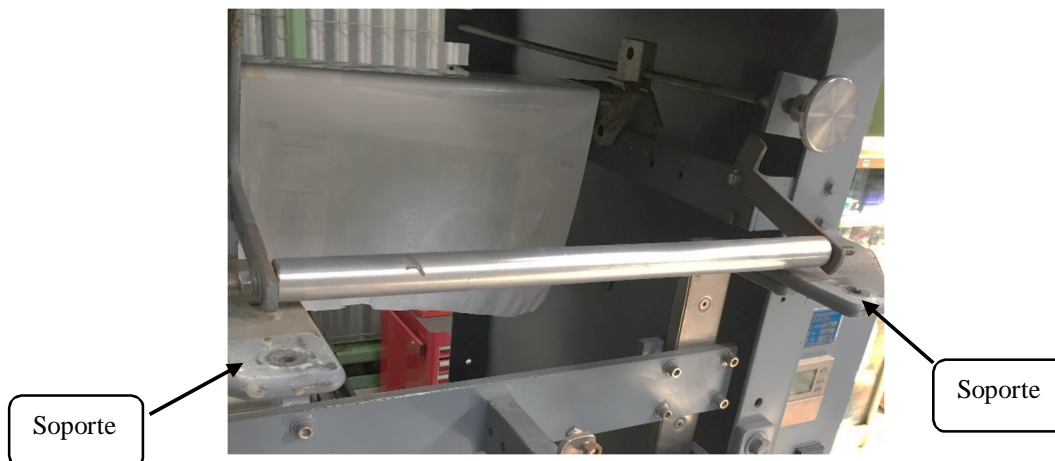
Por necesidad de espacio se trasladó la posición atrás el rodillo que tensa la bolsa (ver Figura 45), de lo contrario éste interferiría con el formador de bolsas circular.

Figura 45. Rodillo que tensa la película de polietileno



3. Diseño de platina que soporta el formador de bolsas. Para la instalación del formador circular, se necesitaba de una pieza que lo soportara. De esta forma, se midieron las distancias que hay entre dos soportes que se encuentran en la parte superior frontal de la formadora de bolsas (ver Figura 46).

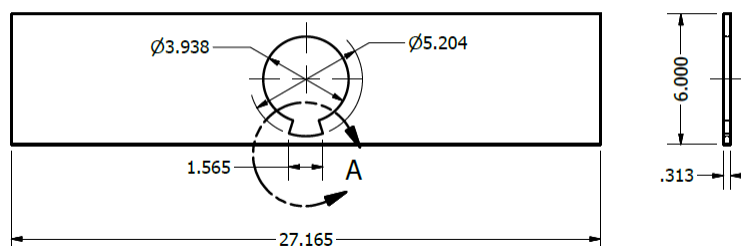
Figura 46. Soportes frontales de la formadora de bolsas



En el centro de la platina se realizó un agujero del diámetro exterior del cuello del formador circular.

En la Figura 47 se expone el plano de la pieza que sostendrá al formador circular.

Figura 47. Platina con anillo sostenedora del formador circular



4. Selección y diseño del sistema de dosificación.

a. Selección del sistema de dosificación. Por requerimientos de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, la formadora de bolsas debe de tener un dosificador capaz de medir la cantidad de granos que se dosificará. Para este caso, la CONRED necesita que todas las bolsas de granos tengan un peso de 1 libra, sin especificar tolerancia en peso. Sin embargo, cualquier tipo de dosificador posee un margen de error, unos más que otros, entre los diferentes tipos existentes en el mercado, se elegirá el que cumpla los requerimientos establecidos.

De esta forma se comparan las ventajas y desventajas de tres tipos de dosificadores de granos, descritos en la Tabla 8.

Tabla 8. Ventajas y desventajas de los tipos de dosificador para granos

Tipo de dosificador	Ventajas	Desventajas
Tornillo sinfín	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil diseño y manufactura • Son compactos • Flujo de material constante • Soportes y apoyos simples 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor requerimiento de potencia. • Contaminación del material a dosificar • Fractura del material a envasar (si son granos) • Poca precisión • Mucho espacio
Volumétrico	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación de flujo • Grandes cantidades de dosificación de material • No requiere compresor • Fácil de operar • Fácil mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Margen de ± 2 gramos (± 0.070 onzas). • Espacio considerable. • Mayor requerimiento de potencia.
Por peso	<ul style="list-style-type: none"> • Son precisos • Compactos 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo • Complejos • Sincronización compleja entre el posicionador de levas y Plc muy compleja • Requieren de compresor

Se decidió utilizar el sistema de dosificación volumétrico, porque las empresas guatemaltecas que se dedican al empaque de granos, utilizan este tipo de dosificadores, por su simplicidad y eficiencia. A pesar de que los dosificadores volumétricos tienen una tolerancia de ± 2 gramos (± 0.070 onzas), el resultado es satisfactorio.

b. Selección del tipo de dosificador volumétrico. Para el tipo de dosificador volumétrico se analizaron dos alternativas:

- Dosificador volumétrico de vasos telescópicos giratorios.

- Dosificador volumétrico de vaso telescópico con movimiento lineal de traslación.

Para decidir entre el tipo de dosificador a utilizar, se analizaron las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Tabla 9. Ventajas y desventajas dosificadores volumétricos

Tipo	Ventajas	Desventajas
Vasos telescópicos giratorios	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidades máxima 100 ciclos/minuto 	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupa mucho espacio • Alto costo • Es más complejo • Requiere más potencia
Vaso telescópico con movimiento de traslación lineal	<ul style="list-style-type: none"> • Compacto • Ocupa menos espacio • Bajo costo • Es más simple • Alta tasa de dosificación 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere compresor de aire.

Al principio se consideró utilizar el dosificador volumétrico de vasos telescópicos giratorios, sin embargo éste tipo de dosificador ocupa mucho espacio y esta variable es una de las limitantes que se tenían. Otra desventaja era que se necesitaba de un motor eléctrico exclusivamente para el sistema de dosificación.

Para el dosificador de vaso telescópico con movimiento lineal de traslación, no se tuvo el problema de espacio, debido a que el sistema que lo conforma es mucho más simple y compacto.

El dispositivo que le brinda el movimiento de traslación al vaso telescópico es un pistón neumático; por lo que es mucho más económico en vez de comprar un motor eléctrico.

Los elementos mecánicos que integran un dosificador volumétrico con movimiento lineal de traslación son:

- Placa rectangular superior
- Placa rectangular inferior
- Vaso telescópico
- Pistón neumático
- Tolva de alimentación o almacenamiento
- Tolva pulmón (tobera de descarga)

c. Diseño del cilindro de dosificación (vaso telescópico). El vaso telescópico tiene la capacidad de dosificar el volumen requerido de forma continua.

Por normas de higiene y seguridad, el vaso telescópico tiene que ser de acero inoxidable AISI 304, con el objetivo de que no reaccione químicamente con los granos.

Como se dosificarán tres tipos de granos, el volumen del vaso telescópico podrá ser modificado mediante un sistema de volumen variable.

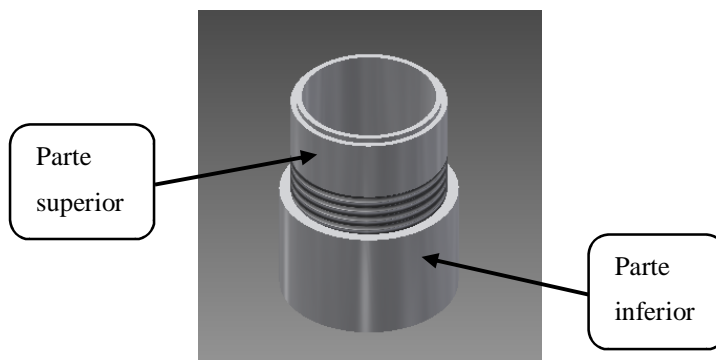
El volumen que tendrá el vaso telescópico para cada tipo de grano, lo determinarán las personas encargadas de la operación de la empacadora de granos.

En esta sección del trabajo de graduación, no se determinó el volumen que tendrá el vaso telescópico para cada tipo de granos, porque estos varían su volumen, según la cosecha de grano, la cantidad de humedad, temperatura ambiente, etc. Estas condiciones determinan que el volumen es variable.

Para los dosificadores volumétricos, se recomienda medir el volumen del vaso telescópico en función del peso de los granos, en condiciones reales para obtener márgenes de error mínimos.

Se diseñó un vaso telescópico que está constituido por dos partes (ver Figura 48). La parte superior posee una rosca externa y la inferior posee una rosca interna. Mediante la rosca, se varía el volumen interno del vaso telescópico.

Figura 48. Vaso telescópico



d. Diseño de las placas de dosificación. El sistema de dosificación se encuentra constituido por dos placas rectangulares, una placa superior e inferior ambas con un agujero. En la placa superior ingresa el producto al vaso telescópico, y la inferior guía el flujo del producto hacia la bolsa.

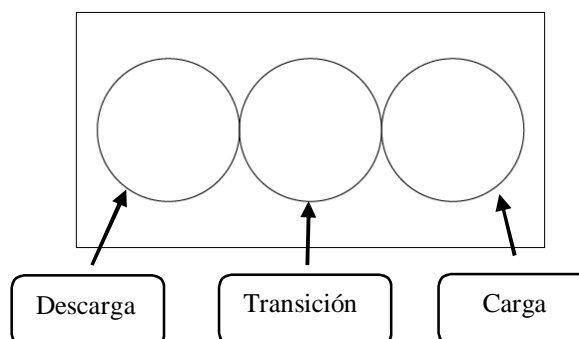
Debido al tipo de producto que se va a operar con la máquina dosificadora (maíz, frijol, arroz) la placa rectangular dosificadora tiene que cumplir con lo siguiente:

- El material de la placa dosificadora no debe reaccionar químicamente con el producto dosificado.
- La placa inferior no tiene que acumular granos en el proceso de evacuación del producto.
- La placa dosificadora tiene que ser desmontable para efectuar el mantenimiento y limpieza.

Para las condiciones de operación a las que se encontrarán las placas superior e inferior deben de cumplir con las normas de Coguanor.

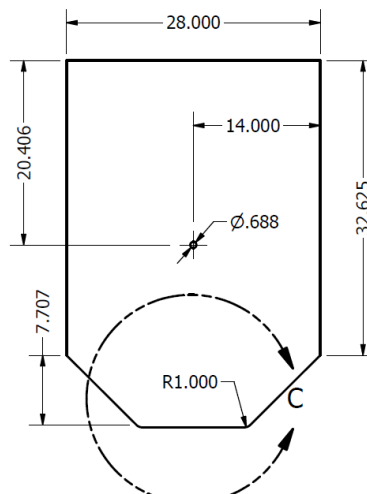
1) Dimensiones de la placa superior e inferior. Las dimensiones de las placas rectangulares se determinan a partir del diámetro interior del vaso telescópico y del espacio disponible en la formadora de bolsas. Para asegurar que no exista interferencia entre el proceso de carga-transición-descarga, la distancia mínima que debe de existir entre la carga y descarga, debe de ser dos veces el diámetro interior del vaso telescópico (ver Figura 49).

Figura 49. Proceso de carga-transición-descarga



El diámetro interno de la parte inferior del vaso telescópico es de $3\frac{1}{2}$ ". Y el área disponible que se tiene en la parte superior de la formadora de bolsas es de 1117 pulg^2 (ver Figura 50)

Figura 50. Planta superior de la formadora de bolsas, unidades en pulgadas



Las dimensiones finales de ambas placas se encuentran en el anexo IV.

e. Cálculos para la selección del pistón neumático para el sistema de dosificación. Para trasladar el vaso telescópico de la posición de carga hacia la posición de descarga, se necesita de un dispositivo que posea la fuerza necesaria para vencer la fricción estática y dinámica, de esta manera se podrá movilizar el vaso telescópico conjuntamente con los granos.

1) Cálculo de la fuerza de rozamiento estático. Para este tipo de cálculos se utilizó el sistema internacional de medición (SI) por facilidad, posteriormente se referenciará al sistema inglés en donde corresponda.

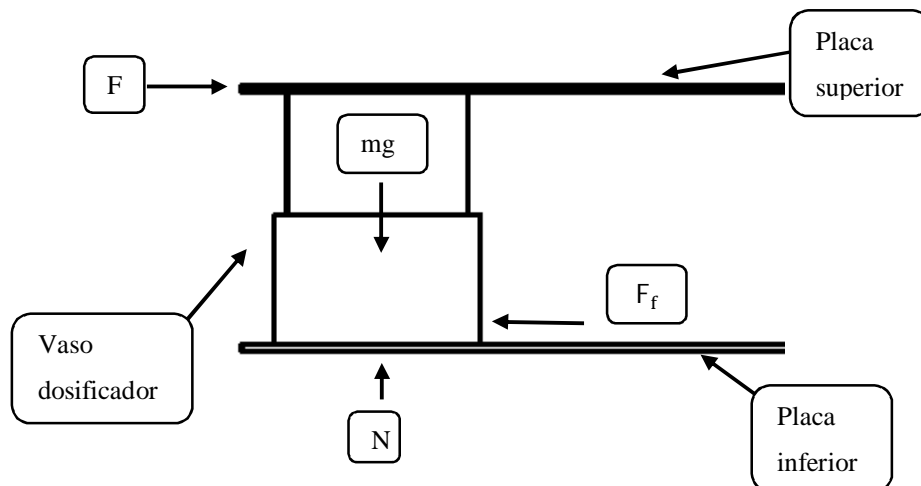
Fuerza de rozamiento estático:

$$m_{\text{vasotelescópico}} = 6.58 \text{ kg}$$

$$m_{\text{grano}} = 0.4535 \text{ kg}$$

$$m_{\text{total}} = m_{\text{vasotelescópico}} + m_{\text{grano}} = 7.03 \text{ kg}$$

Figura 51. Diagrama de cuerpo libre del vaso telescópico con placas rectangulares



$$g = \text{valor de la gravedad utilizada} = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

N= fuerza normal

$$W = \text{peso} = m_{\text{total}} * g \quad (1) \quad (\text{Wilson, Buffa, \& Luo, 2012})$$

$$W = 7.03 * 9.81 = 68.96 \text{ Newtons (15.53 lbf)}$$

Según la tercera ley de Newton, la fuerza de acción es igual a la fuerza de reacción, de esta forma la fuerza normal es igual al peso de los elementos mecánicos. (Wilson, Buffa, & Luo, 2012)

La fuerza de fricción es igual a la fuerza normal por el coeficiente de fricción.

$$\mu_s = \text{coeficiente de rozamiento estático} = 0.74 \text{ (Wilson, Buffa, \& Luo, 2012)}$$

$$F_{\mu_s} = \mu_s * N \quad (2) \quad \text{(Wilson, Buffa, \& Luo, 2012)}$$

$$F_{\mu_s} = 0.74 * 68.96 = 51.03 \text{ Newtons (16.43 lbf)}$$

2) Cálculo de la fuerza de fricción dinámico

$$\mu_k = \text{coeficiente de fricción dinámico} = 0.18 \text{ (Wilson, Buffa, \& Luo, 2012)}$$

De cálculos anteriores el peso y la fuerza normal es $W = N = 68.96$ Newtons.

$$F_{\mu_k} = \mu_k * N \quad (3) \quad \text{(Wilson, Buffa, \& Luo, 2012)}$$

$$F_{\mu_k} = 0.18 * 68.96 = 12.41 \text{ Newtons (2.80 lbf)}$$

Como se observa, la fuerza de fricción estática es mucho mayor que la fuerza de fricción dinámica.

La fuerza que se utilizará para la selección del pistón neumático, será la fuerza de fricción estática, por ser la mayor. Por motivos de seguridad y diseño, se utilizará un coeficiente de seguridad de $1.6 * F_{\mu_s} = 81.65$ Newtons (18.40 lbf)

Al obtener la fuerza necesaria para movilizar el vaso dosificador, la distancia que existe entre el proceso de carga y descarga (carrera del pistón), y la presión de operación de 6 bares (90 psi, según Parker), valor utilizado en los sistemas neumáticos de Guatemala, se selecciona el pistón que cumpla con los parámetros anteriores.

$$P = \frac{F}{A} \quad (4) \quad \text{(Wilson, Buffa, \& Luo, 2012)}$$

Donde:

P = presión

F = fuerza

A = área

Despejando el área de la ecuación 4, obtenemos:

$$A = \frac{F}{P} = \frac{81.65 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}{6 \cdot 10^5 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2} = 1.36 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \text{ área de un círculo} \quad (5) \quad (\text{Cengel \& Ghajar, 2011})$$

Donde:

D = diámetro

Despejando el diámetro en la ecuación 5, obtenemos:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \quad (6) \quad (\text{Cengel \& Ghajar, 2011})$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.36 \cdot 10^{-4}}{\pi}} = 0.013 \text{ m} \quad (0.52 \text{ pulgadas})$$

Por términos de costos y estandarización, se utilizará un pistón de diámetro de 3/4". El pistón equivalente en el sistema métrico es el de 20 mm.

Un parámetro crítico para la selección del pistón neumático, es la velocidad a la que operará el cilindro.

La velocidad del cilindro, se determinó a partir de los siguientes parámetros:

- Debemos empaçar 30 bolsas por minuto como mínimo.
- La carrera total a desplazar por el pistón es de 14 pulgadas (1 carrera de trabajo y 1 de vacío).
- La longitud desplazada para 30 ciclos es de 420"
- El tiempo para realizar el ciclo de 30 carreras dobles es 60 segundos.
- La velocidad del cilindro en ciclo de trabajo:

$$v = \frac{420 \text{ pulgadas}}{60 \text{ segundos}} = 7 \frac{\text{pulgadas}}{\text{segundo}}$$

Para seleccionar el diámetro de la tubería de inyección para el cilindro, utilizamos la gráfica de Parker (Figura 51). Para esto es necesario, transformar las medidas a sistema métrico SI.

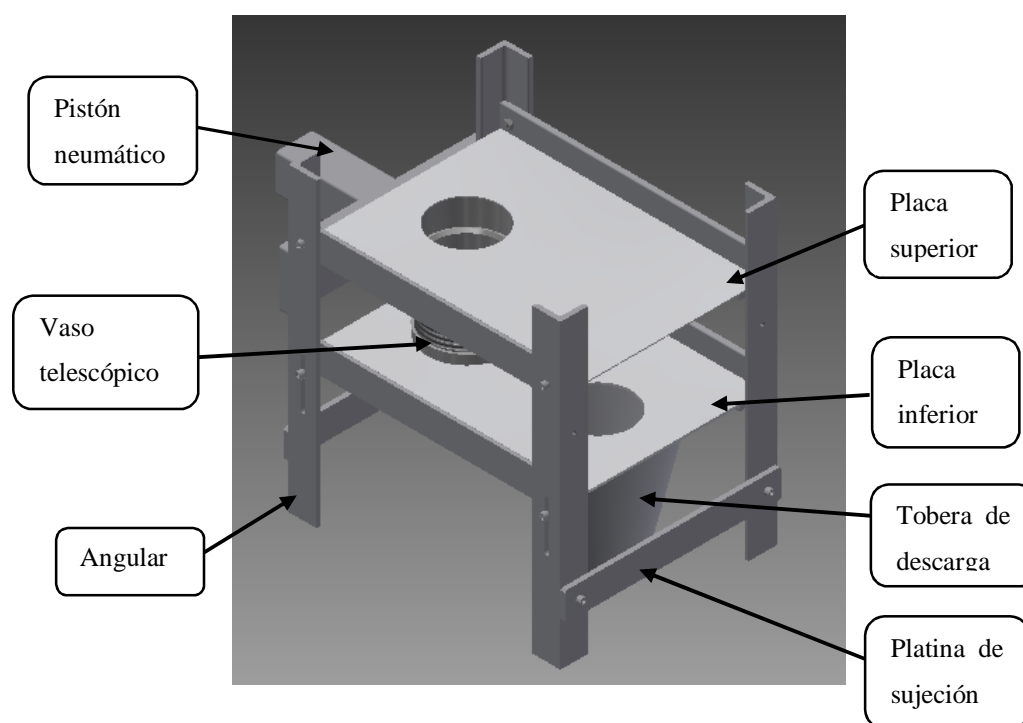
Datos de entrada:

- $v = 7 \text{ pulgadas/segundo}$ ($0.18 \text{ m/s} \approx 0.20 \text{ m/s}$)
- Diámetro del cilindro = 20mm

Tabla 10. Características del pistón neumático seleccionado

Marca	Parker
Serie o equivalente	P1A-S020DS-0200
Diámetro del interior del cilindro	20 mm
Carrera del cilindro	200 mm
Longitud del tubería de alimentación	2 m
Diámetro de tubería de alimentación	5 mm
Velocidad de operación	0.20 m/s

Figura 53. Ensamble del sistema de dosificación

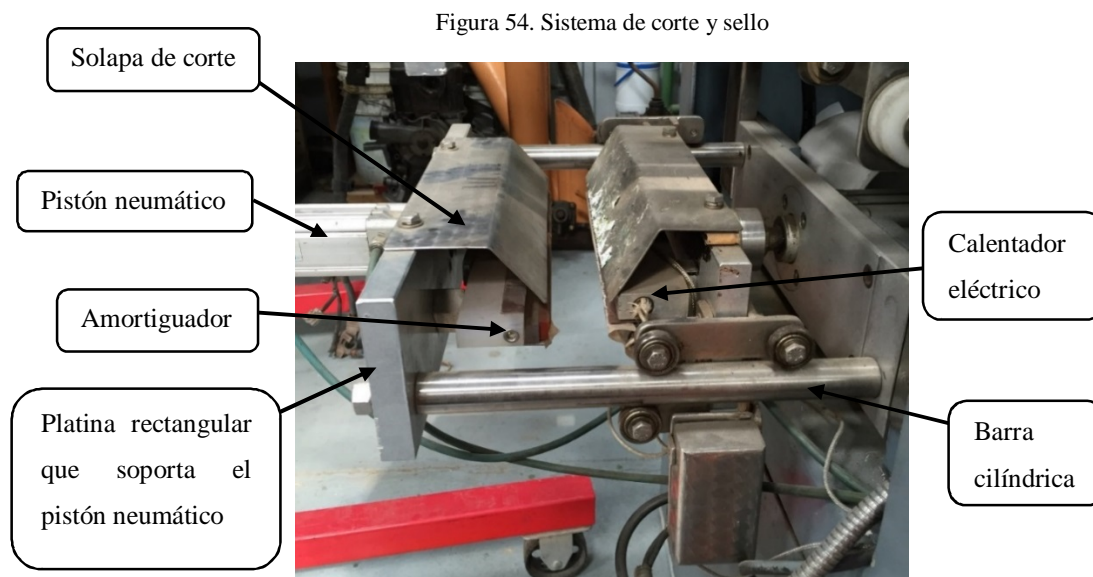


5. Rediseño del sistema de corte y sello

a. Modificaciones. Se rediseñará este sistema porque no está en condiciones para cortar y sellar bolsas con ningún tipo de producto. Para que las bolsas de granos se desplacen a través de las solapas de corte (ver Figura 54), debe de existir una distancia mínima de $3\frac{1}{2}$ pulgadas entre ambas, para dar espacio al espesor de la bolsa con el producto. Como consecuencia de esta modificación, fue necesario corregir el largo de las barras cilíndricas (ver Figura 54).

Actualmente el espacio donde se deben desplazar las bolsas es de 1 pulgada y media, por lo que esta distancia es inapropiada para el flujo de bolsas con granos. El largo de las barras se debe de aumentar en 2 pulgadas.

Al tener 3 pulgadas y media de ancho entre las solapas de corte, la bolsa se desplazará sin ninguna interferencia.



El sistema de corte y sello anterior se encontraba conformado por las siguientes piezas:

- 2 pistones neumáticos
- 2 solapas
- 1 cuchilla
- 1 amortiguador de silicón
- 2 calentadores eléctricos
- 2 barras cilíndricas de 15/16"
- 2 platinas rectangulares

Para el rediseño, se procedió a desmontar todo el sistema de corte y sellado (ver Figura 55).

Figura 55. Sistema de corte y sello desmontado



A la pieza rectangular que se muestra en la Figura 56, se le realizó un sistema de corredera, por el motivo que las barras rediseñadas son de menor diámetro.

Figura 56. Placa rectangular

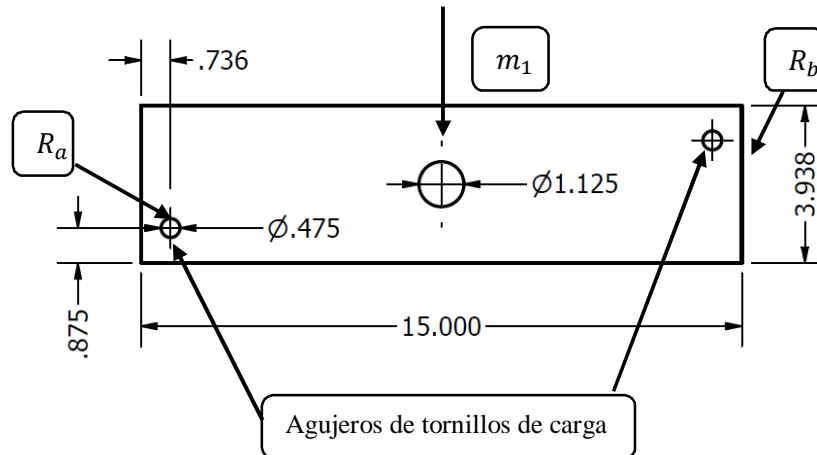


b. Modificación de las barras cilíndricas. Las barras cilíndricas originales de la formadora inicialmente eran de 15/16" de diámetro con 14" de largo, y se modificaron a 7/8" de diámetro con 16" de largo. Se decidió utilizar un tamaño menor de diámetro porque en el mercado guatemalteco es dificultoso adquirir barras cilíndricas de 15/16".

A continuación se analizan las fuerzas que actúan sobre las barras cilíndricas para determinar los esfuerzos actuantes en las barras.

1) Cálculos de las barras cilíndricas (análisis estático). En la Figura 57 se presentan las dimensiones de la platina rectangular que sostiene las barras cilíndricas y el pistón neumático:

Figura 57. Platina rectangular que sostiene las barras cilíndricas y el pistón neumático



Donde:

m_1 = masa del pistón neumático = 1.37 lb

R_a = reacción en el punto a

R_b = reacción en el punto b

Para el análisis de fuerzas se establece que la dirección en y positivo hacia arriba

Como el sistema es simétrico, entonces $R_a = R_b = \frac{m_1}{2}$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_a = \frac{m_1}{2} = \frac{1.37 \text{ lb}}{2} = 0.685 \text{ lb} = R_b$$

Figura 58. Diagrama de cuerpo libre de las barras cilíndricas de 7/8"

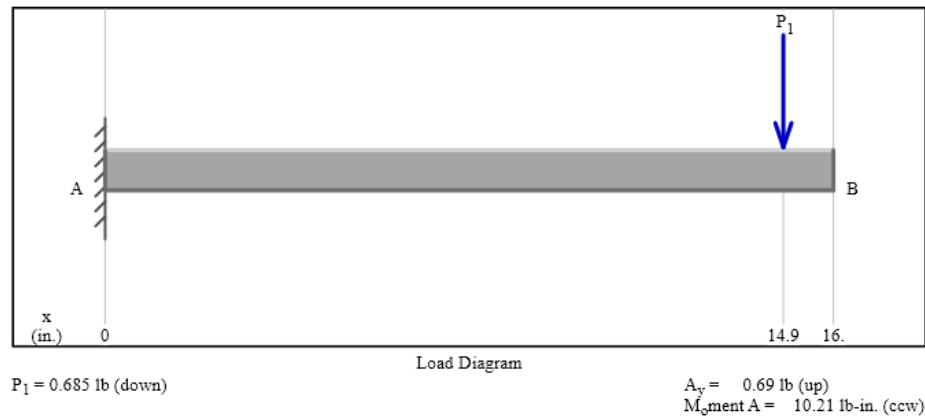


Figura 59. Diagrama de corte de las barras cilíndricas de 7/8"

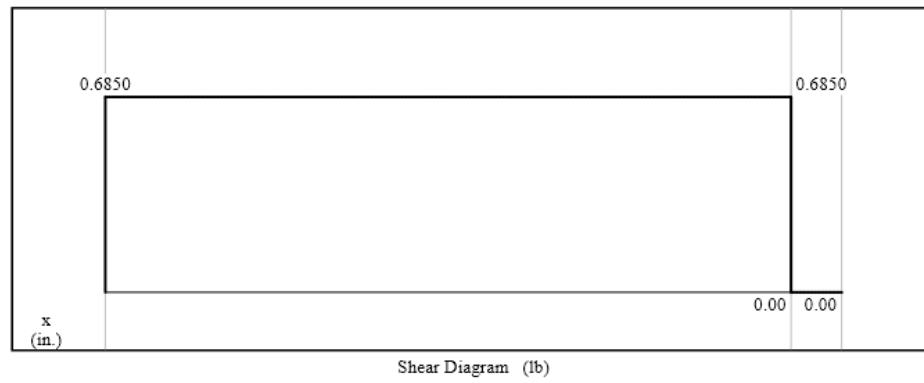
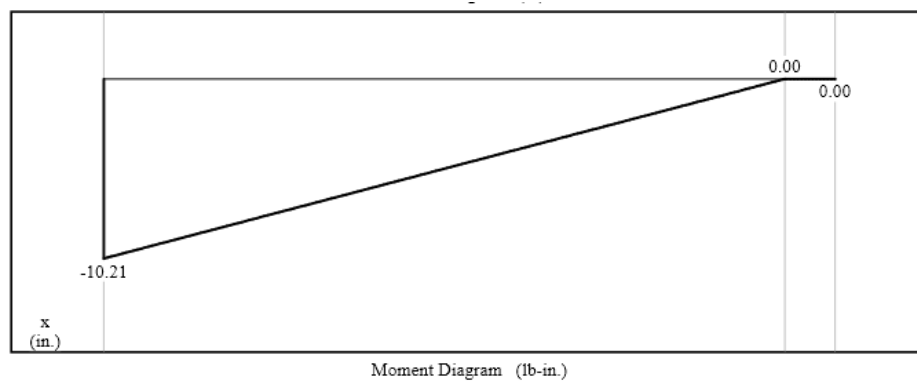


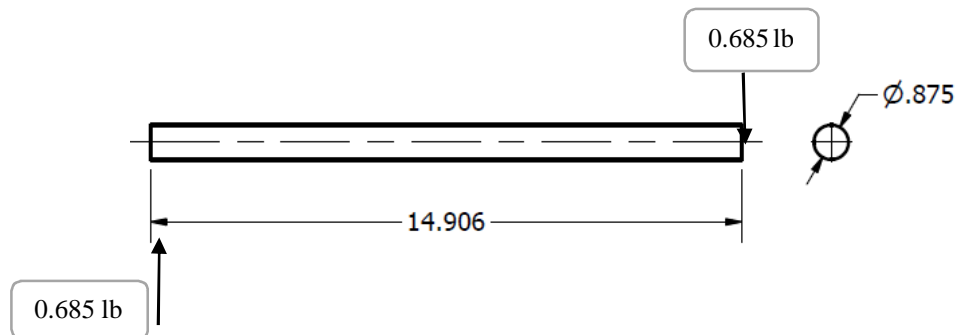
Figura 60. Diagrama de momento de las barras cilíndricas de 7/8"



2) Análisis de esfuerzos

a) Fuerzas verticales

Figura 61. Diagrama de cuerpo libre, fuerzas verticales



Momento de inercia para una sección circular

$$I_x = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (7) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

$$I_x = \frac{\pi \cdot (0.8750)^4}{64} = 0.02877 \text{ pulg}^4$$

Área de la barra circular

Al utilizar la ecuación 5

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \cdot (0.8750)^2}{4} = 0.6013 \text{ pulg}^2$$

Cálculo de "c": es el radio de la barra circular

$$c = \frac{d}{2} \quad (8) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

$$c = \frac{0.8750}{2} = 0.4375 \text{ pulg}$$

Esfuerzo de flexión

$$\sigma_f = \frac{M \cdot c}{I} \quad (9) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

$$\sigma_f = \frac{(10.21 \text{ lb} \cdot \text{pulg}) \cdot (0.4375 \text{ pulg})}{0.02877 \text{ pulg}^4} = 155.2 \text{ psi}$$

Esfuerzo de corte

$$\tau = \frac{M}{Z_p} \quad (10) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

M = momento máximo

$$Z_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad (11) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

$$Z_p = \frac{\pi \cdot (0.875)^3}{16} = 0.1315 \text{ pulg}^3$$

Al sustituir en la ecuación 10:

$$\tau = \frac{10.21 \text{ lb} \cdot \text{pulg}}{0.1315 \text{ pulg}^3} = 77.64 \text{ psi}$$

Esfuerzo de diseño

Acero AISI 1018

$$S_y = 32,000 \text{ psi} \quad S_u = 58,000 \text{ psi} \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

Se decidió utilizar un valor de factor de seguridad de $N=1.25$ porque la pieza se encuentra bajo cargas estáticas y asimismo la confianza de los datos de diseño son confiables.

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N} \quad (12) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

$$\sigma_d = \frac{32,000 \text{ psi}}{1.25} = 25600 \text{ psi}$$

$155.2 \text{ psi} < 25600 \text{ psi}$. Se observa que el esfuerzo de flexión es mucho menor al de diseño de forma que si se cumple la relación $\sigma_f < \sigma_d$.

El factor de seguridad real es:

$$N = \frac{S_y}{\sigma_f} \quad (13) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

$$N = \frac{32,000 \text{ psi}}{155.2 \text{ psi}} = 206.18$$

Como se observa, el valor del factor de seguridad obtenido nos garantiza un diseño confiable y seguro.

Cálculo de la deflexión máxima

$$Y_{\max} = \frac{-PL^3}{3EI} \quad (14) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

$$Y_{\max} = \frac{-0.685 \text{ lb} \cdot 14.9^3}{3 \cdot (30 \cdot 10^6) \cdot 0.02877} = 0.0008751 \text{ in} \approx 0.02222 \text{ mm}$$

Deformación permisible para máquinas:

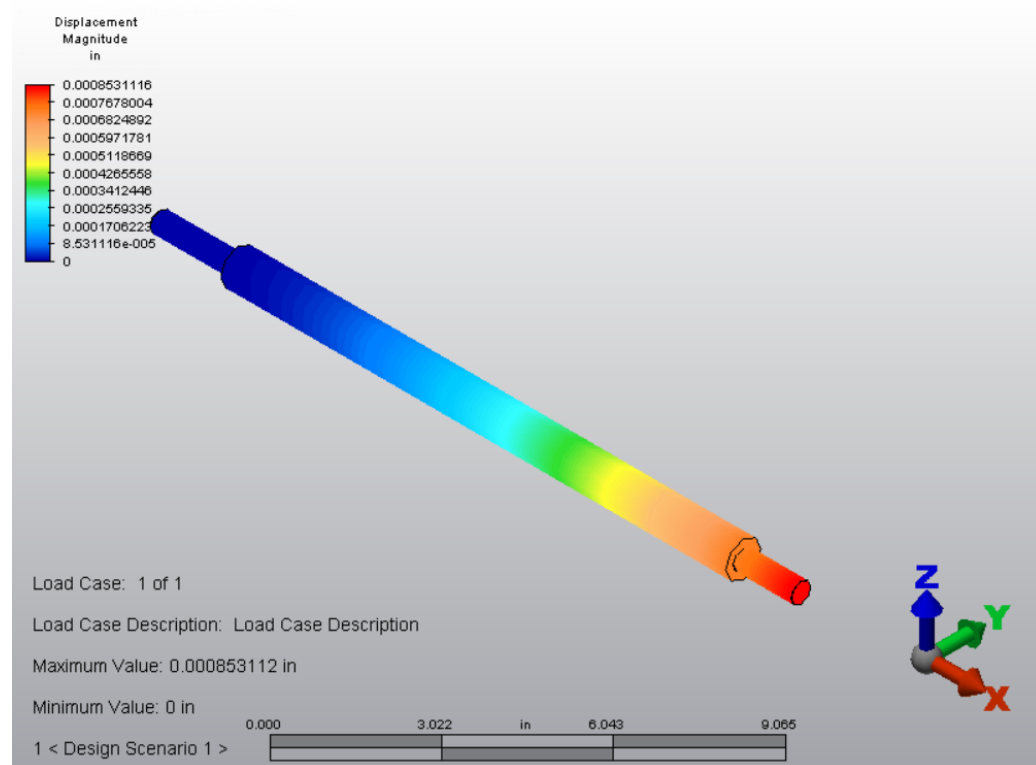
y/L de 0.005 a 0.003 pulg/pulg de longitud de viga

$y/L = 0.000875 \text{ pulg} / 14.9 \text{ pulg} = 0.000058 \text{ pulg/pulg}$ de longitud

El resultado anterior nos indica que el diseño sí cumple con la condición de y/l mínima.

El resultado de la deformación máxima fue validada en el software Autodesk Simulation Mechanical 2014 (ver Figura 62), en el que se observa la misma deflexión que tendría la barra al estar sometida al peso del pistón neumático.

Figura 62. Deflexión de barra cilíndrica



De los resultados anteriores obtenidos en la simulación, se comprueba que la deflexión máxima es de 0.00085 pulgadas (0.0226 milímetros).

3) Análisis de cargas horizontales

a) Cálculo de fuerza que realiza el pistón neumático. Para el cálculo de la fuerza del pistón neumático, se debe considerar la diferencia de área que existe al momento en que el vástago entra y sale del pistón. Cuando el vástago del pistón sale, el área de avance es: $\pi \left(\frac{D^2}{4}\right)$, y cuando el vástago del pistón entra, el área de retroceso es: $\pi * \left(\frac{D^2-d^2}{4}\right)$, en donde "D" es el diámetro del émbolo y "d" es el diámetro del vástago.

Para este tipo de cálculos se utilizó el sistema internacional de medición (SI) por facilidad, posteriormente se referenciará al sistema inglés en donde corresponda.

Al utilizar la ecuación (4)

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde

P = presión

F = fuerza

A = área

D = 32 mm

d = 14 mm

Al utilizar la ecuación (5)

$$A_{\text{avance}} = \pi \left(\frac{D^2}{4}\right)$$

$$A_{\text{avance}} = 8.04 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{retroceso}} = \pi * \left(\frac{D^2-d^2}{4}\right) \quad (15) \quad (\text{Parker, 2009})$$

$$A_{\text{retroceso}} = 6.5 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Asumiendo:

$$1 \text{ bar} = 0.1 \frac{\text{newtons}}{\text{mm}^2}$$

$$1 \text{ kgf} = 9.807 \text{ newtons}$$

Se utilizará una presión de operación de 600000 pascales (Parker, 2009).

Cuando se trabajan presiones entre 4 y 8 bares, las fuerzas de rozamiento representan de un 5 a 10% de la fuerza calculada (Intor, 2015).

De esta forma obtenemos:

$$F_{\text{avance}} = A_{\text{avance}} * P = 482.54 \text{ newtons (108.68 lbf)}$$

$$F_{\text{retroceso}} = A_{\text{retroceso}} * P = 390.18 \text{ newtons (87.87 lbf)}$$

Assumiendo una pérdida del 10% por la fuerza por rozamiento en el pistón:

$$F_{\text{avance}_{\text{rozamiento}}} = (F_{\text{avance}}) - (F_{\text{avance}}) * 10\% = 434.28 \text{ newtons (97.80 lbf)}$$

$$F_{\text{retroceso}_{\text{rozamiento}}} = (F_{\text{retroceso}}) - (F_{\text{retroceso}}) * 10\% = 351.16 \text{ newtons (79.09 lbf)}$$

b) Análisis de esfuerzos de corte de la rosca. Al obtener la fuerza que ejerce el pistón sobre el eje, se determina el esfuerzo de corte por tensión que el pistón realiza sobre la rosca:

$$S_t = \frac{F}{n * A_t} \quad (16) \quad (\text{Mott, 2006})$$

Donde

F = fuerza

n = número de pernos

$$A_t = 0.1419 \text{ pulgadas}^2 = \text{área de esfuerzo de tension} \quad (\text{Mott, 2006})$$

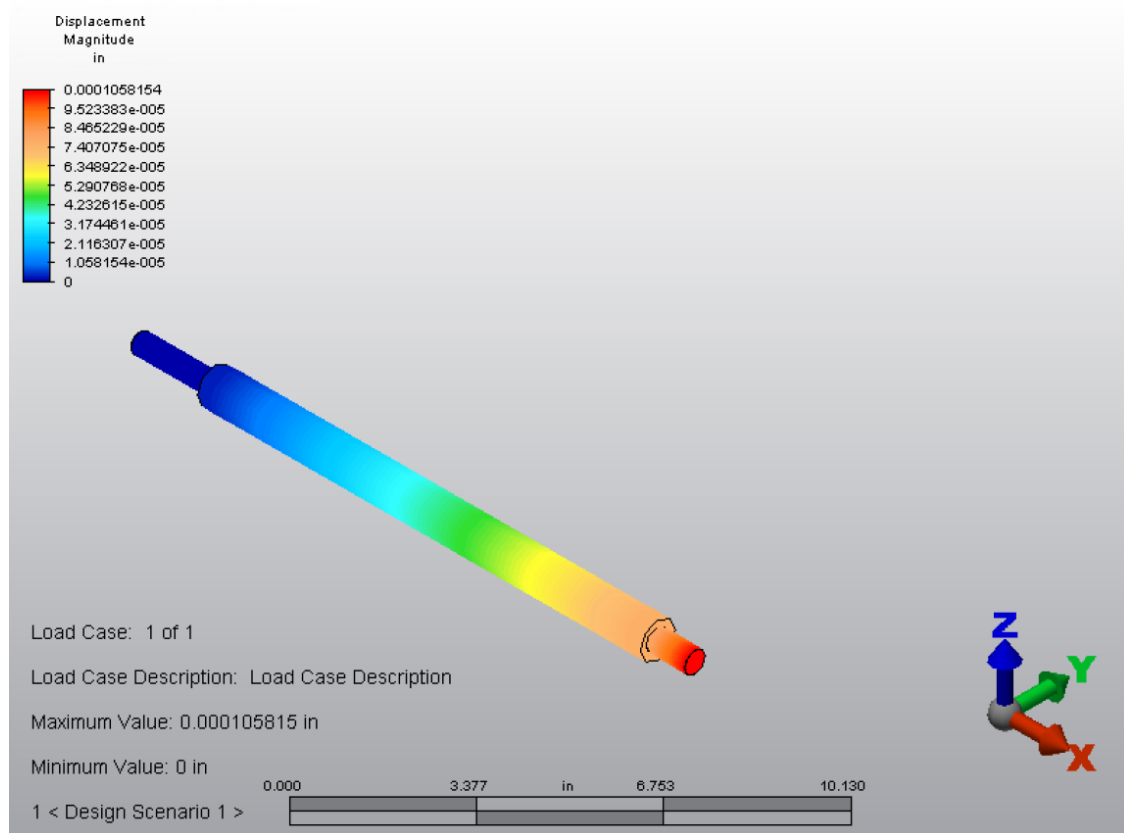
La tabla donde se encuentran los valores de A_t se encuentra en el anexo VI.

$$S_t = \frac{97.80 \text{ lbf}}{2 * 0.1419 \text{ pulgadas}^2} = 344.61 \text{ psi}$$

344.61 psi < 33000 psi. Se observa que el esfuerzo de tensión es mucho menor a la resistencia límite a la tensión, de forma que si se cumple la relación $S_t < S_p$.

Para determinar la deformación a la que se encuentra sometido el eje, se utilizó el software Autodesk Simulation Mechanical 2014 (ver Figura 63).

Figura 63. Simulación de desplazamiento del eje



La fuerza axial provocada por el pistón neumático, se aplicó a la barra cilíndrica de 7/8", para determinar la deformación por tensión-compresión. La deformación máxima ocurrió en uno de los extremos de la barra con un resultado aproximado de 0.00010 pulgadas. Esta deformación es mínima, lo que nos garantiza un diseño confiable y seguro al momento de la operación de la máquina.

c) Esfuerzos normales fluctuantes. Para estos cálculos, se asume que el esfuerzo repetido es en una dirección, es decir:

Ecuaciones de esfuerzos medios y alternativos

$$\sigma_{\min} = 0$$

$$\sigma_m = \sigma_a = \frac{\sigma_{\max}}{2} \quad (17) \quad (\text{Mott, 2006})$$

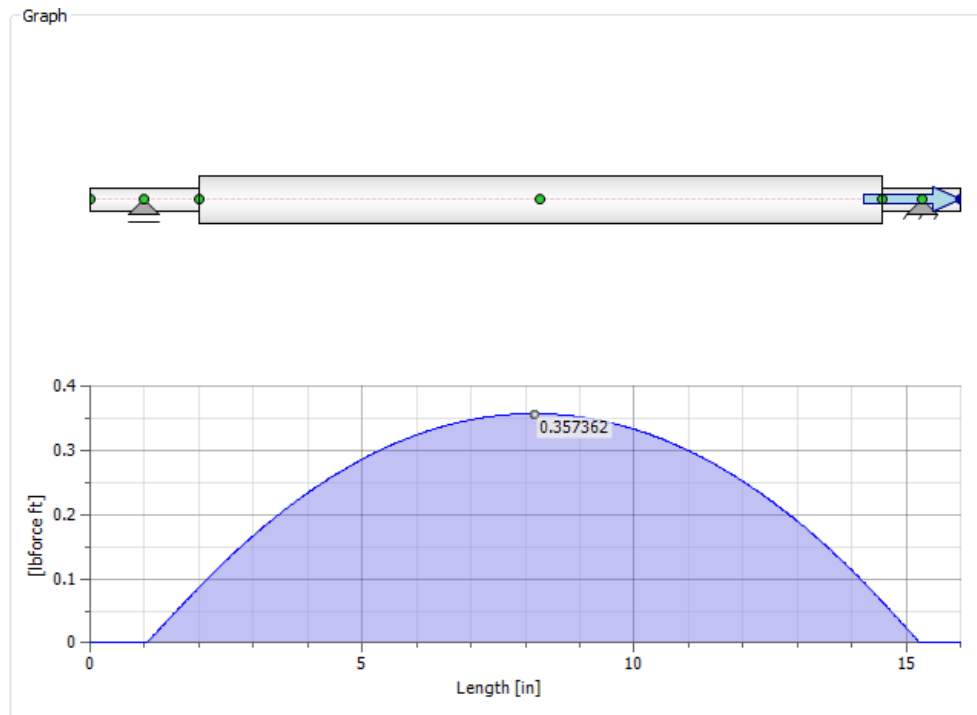
$$\sigma_m = \sigma_a = M_m / S \quad (18) \quad (\text{Mott, 2006})$$

Momento flexionante alternativo y medio

$$M_m = M_a = M_{\max} / 2 \quad (19) \quad (\text{Mott, 2006})$$

Para determinar el momento de flexión al que se encuentra sometido el eje, se utilizó la herramienta Shat Component Generator, del software Autodesk Inventor Professional 2015 (ver Figura 64).

Figura 64. Momento de flexión del eje



Factor de diseño para cargas fluctuantes

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{s_u} + \frac{\sigma_a}{s'_n} \quad (20)$$

$$\frac{1}{N} = \frac{M_m}{S \cdot s_u} + \frac{M_a}{S \cdot s'_n}$$

$$\frac{1}{N} = \frac{1}{S} \left[\frac{M_m}{s_u} + \frac{M_a}{s'_n} \right] \quad (\text{Mott, 2006})$$

Cálculo del momento flexionante medio y alternativo

Según la figura 65, el momento de flexión es:

$$M_m = M_a = \frac{4.284}{2} = 2.142 \text{ lbf} \cdot \text{pulgada}$$

Cálculo de la resistencia a la fatiga del material bajo condiciones reales

$$s'_n = s_n \cdot (C_m \cdot C_{st} \cdot C_R \cdot C_s) \quad (21) \quad (\text{Mott, 2006})$$

Las tablas en donde se encuentran los valores de C_m , C_{st} , C_R , C_s y s_n están en el apartado de anexo

VII.

$$s_n = 20000 \text{ psi}$$

$$C_m = 1.0$$

$$C_{st} = 0.80$$

$$C_R = 0.81$$

$$C_s = \left(\frac{D}{0.3} \right)^{-0.11} = 0.945$$

$$s'_n = 20 \cdot 1.0 \cdot 0.8 \cdot 0.81 \cdot 0.945$$

$$s'_n = 12247.2 \text{ psi}$$

Cálculo de inercia:

Para el cálculo de la inercia, se utilizó el diámetro menor de la rosca (d_r)

Al utilizar la ecuación 7:

$$I = \frac{\pi \cdot d_r^4}{64} \quad (\text{Mott, 2006})$$

$$I = \frac{\pi \cdot (0.4001)^4}{64} = 0.00125 \text{ pulgadas}^4$$

1) Cálculo del módulo de sección de elemento circular:

Para el cálculo del módulo de sección, se utilizó el diámetro menor de la rosca (d_r)

$$S = \frac{I}{(d_r/2)} \quad (22) \quad (\text{Mott, 2006})$$

$$S = \frac{0.00125}{(0.4001/2)} = 0.00624 \text{ pulgadas}^3$$

Cálculo del factor de seguridad

$$N = \frac{S}{\left[\frac{M_m}{s_u} + \frac{M_a}{s'_n} \right]} \quad (23) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

$$N = \frac{0.00624}{\left[\frac{2.142}{58000} + \frac{2.142}{12247.2} \right]} = 29.45$$

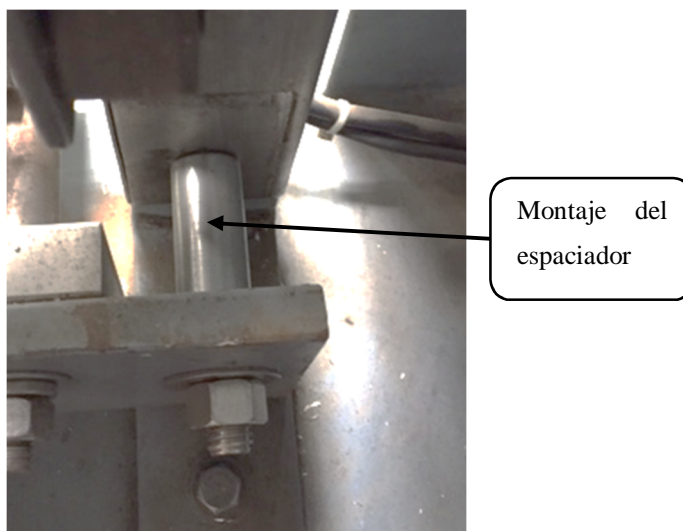
Según los resultados obtenidos, se concluye que el elemento mecánico diseñado es confiable y seguro.

6. Diseño de espaciadores. Como se aumentó en 2 pulgadas el largo de las barras cilíndricas, esta distancia era necesario compensarla para que la formadora de bolsas se mantuviera alineada. De esta forma se diseñaron dos espaciadores (ver Figura 65) y se instalaron en las platinas rectangulares que sujetan todo el sistema de corte y sello.

Figura 65. Espaciadores



Figura 66. Montaje de espaciador en la formadora de bolsas.



Para este caso particular no fue necesario realizar el análisis de esfuerzos para los espaciadores, porque estos se encuentran únicamente sometidos a una fuerza de compresión muy pequeña.

7. Sustitución del pistón neumático del sistema de corte y sello. Al aumentar en 2 pulgadas, el espacio por donde se desplazan las bolsas del sistema de sello y corte, la carrera resultante del pistón neumático era inapropiada, porque al montar la pieza de sello y corte, ésta no impactaba en el amortiguador. Como resultado, se compró un pistón neumático similar al que se retiró pero con una mayor carrera.

Tabla 11. Características de pistón neumático adquirido

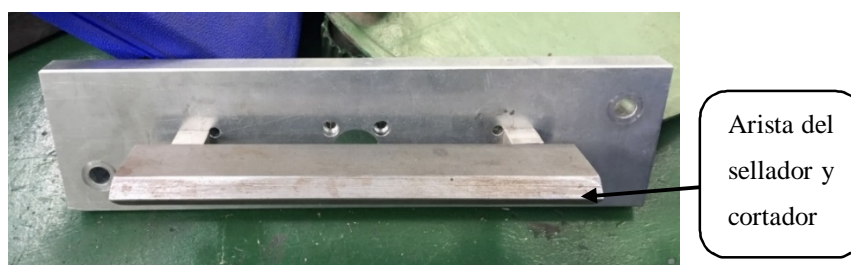
Marca	ARPRIME
Modelo	SC40X75
Diámetro del cilindro	40 mm
Carrera	75 mm
Presión	1 Mpa

Figura 67. Montaje del pistón neumático SC40X75



8. Selección y diseño del tipo de cortador y sellador. El sistema de corte y sello que poseía inicialmente la formadora de bolsas, cortaba ambos lados de la bolsa, pero sólo sellaba la parte inferior de la bolsa, para el empaque de granos se necesita sellar ambos lados. Se decidió sustituir este sistema porque el rediseño comprendía el cambio de varias piezas del sistema de corte y sello así como la construcción de un mecanismo que le brindara el movimiento a una sierra para cortar las bolsas. El diseño del mecanismo era impráctico porque no se posee el suficiente espacio para su instalación. Como alternativa se decidió modificarlo a un sistema de sello y corte para líquidos, éste se encuentra conformado únicamente por una pieza rectangular con una arista en uno de sus lados (ver Figura 68) y un amortiguador en donde impacta la arista realizando el corte y sello de la bolsa.

Figura 68. Sellador y cortador de líquidos

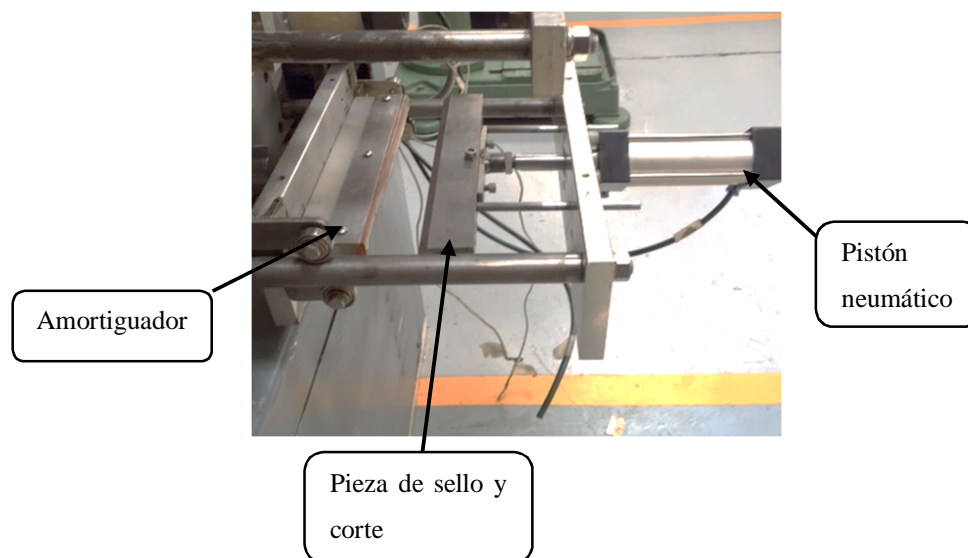


La arista del sellador y cortador de líquidos, es la encargada de sellar y cortar las bolsas. Esta pieza lleva en la superficie teflón tela o teflón adhesivo para que ésta no tenga contacto directo con las bolsas. El teflón adhesivo (ver Figura 69), es un componente fundamental en el sistema de corte y sello, porque es el encargado de fundir la película de polietileno para que ocurra el sello.

Figura 69. Teflón adhesivo



Figura 70. Resultado final del sistema de sello y corte



a. Análisis de transferencia de calor, sobre el cortador y sellador de bolsas, realizado en Autodesk Simulation Mechanical 2014. La formadora de bolsas posee un indicador digital por cada calentador eléctrico. El objetivo de estos dispositivos es visualizar y modificar la temperatura de operación. En teoría, el indicador muestra la temperatura a la que se encuentra la pieza de corte y sello, sin embargo la temperatura no es uniforme en toda la pieza, es decir, que la arista de sello de la pieza no tendrá la temperatura que el indicador despliega. Por tal motivo se realizó el análisis de transferencia de calor, porque la temperatura en la arista de la pieza es un parámetro crítico para el proceso de corte y sello.

El objetivo del análisis, es observar el comportamiento del gradiente de temperatura que existe entre el calentador eléctrico y la arista de la pieza cortadora-selladora.

Se inició determinando las propiedades y características del calentador eléctrico marca Cartridge que se encontraba originalmente en el antiguo sistema de corte y sello (ver Figura 71), porque se reutilizará para el nuevo sistema diseñado, éstas se exponen en la Tabla 13.

Figura 71. Calentador eléctrico marca Cartridge



Tabla 12. Propiedades y características del calentador marca Cartridge.

Marca	Cartridge
Serie	GHR50100M
Diámetro	1/2"
Largo	9 13/16 "
Material	Porcelana con recubrimiento de lámina acero inoxidable
Potencia	500 Watts
Voltaje	240 Voltios
Peso	0.39 lbs

(Gaumer Company, 2001)

Con las propiedades descritas anteriormente, se calcularon los coeficientes de transferencia de calor por convección de las superficies de la pieza cortadora-selladora.

Para este tipo de cálculos se utilizó el sistema internacional de medición (SI) por facilidad, posteriormente se referenciará al sistema inglés en donde corresponda.

$$Q_{\text{convección}} = h * A_s * (T_s - T_{\infty}) \quad (24) \quad (\text{Cengel \& Ghajar, 2011})$$

Donde:

$Q_{\text{convección}}$ = potencia generada por convección

h = coeficiente de convección

A_s = área superficial

T_s = temperatura inicial

T_{∞} = temperatura del ambiente

$$\dot{Q}_{\text{convección}} = \dot{E}_{\text{gen}} = VI \quad (25) \quad (\text{Cengel \& Ghajar, 2011})$$

Donde

V = voltaje

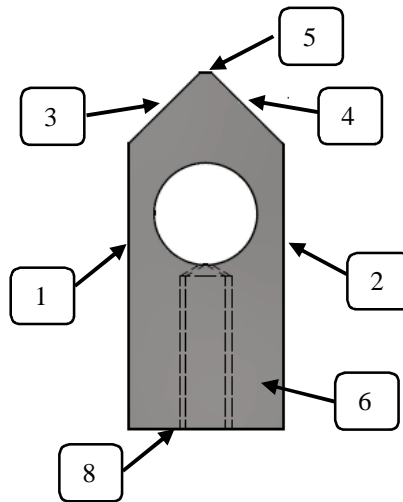
I = corriente

Despejando la ecuación 27:

$$h = \frac{Q_{\text{convección}}}{A_s * (T_s - T_{\infty})} \quad (26) \quad (\text{Cengel \& Ghajar, 2011})$$

En la Figura 72 se presenta la numeración de las superficies de la pieza cortadora-selladora

Figura 72. Numeración de las superficies de la pieza cortadora-selladora



Utilizando la ecuación 26, se obtuvieron los coeficientes de convección de las superficies de la pieza cortadora-selladora. En las Tablas 14, 15 y 16 se presentan los coeficientes de convección para las superficies correspondientes.

Tabla 13. Coeficiente de convección de la superficie 1 y 2.

$Q_{\text{convección}}$ (watts)	500
A_s (m ²)	0.009032
Temperatura superficial (°C)	150
Temperatura ambiente (°C)	30
h (w/(m ² *°C))	461.3227
h (Btu/(s*ft ² *°F))	0.02258

Tabla 14. Coeficiente de convección de la superficie 3 y 4.

$Q_{\text{convección}}$ (watts)	500
A_s (m ²)	0.00319
Temperatura superficial (°C)	110
Temperatura ambiente (°C)	30
h (w/(m ² *°C))	1959.2476
h (Btu/(s*ft ² *°F))	0.09590

Tabla 15. Coeficiente de convección de la superficie 5

$Q_{\text{convección}}$ (watts)	500
As (m2)	0.00032
Temperatura superficial (°C)	110
Temperatura ambiente (°C)	30
h (w/(m ² *°C))	19375
h (Btu/(s*ft ² *°F))	0.94844

Para las superficies 6, 7 y 8 la pérdida de calor por convección era mínima, por lo que se despreciaron.

A parte de la transferencia de calor por convección, también existe generación interna de calor en la resistencia eléctrica. El procedimiento que se utilizó para determinar la generación de calor se presenta a continuación:

$$\dot{e}_{\text{gen}} = \frac{\dot{E}_{\text{gen}}}{V_{\text{alambre}}} = \frac{\dot{E}_{\text{gen}}}{\pi * r_o^2 * L} \quad (27) \quad (\text{Cengel \& Ghajar, 2011})$$

Donde

\dot{E}_{gen} = potencia generada

r_o = radio del cable del calentador eléctrico

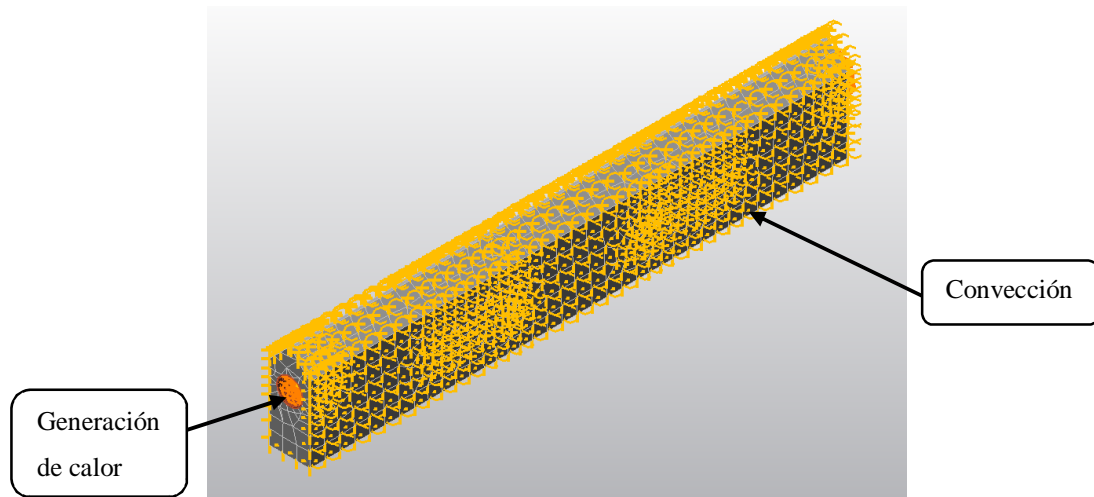
L = largo del cable del calentador eléctrico

El tamaño nominal del cable del calentador eléctrico es awg 10, por lo que el radio del alambre es 1.294 milímetros.

$$\dot{e}_{\text{gen}} = \frac{500}{\pi * (0.001294)^2 * (0.254)} = 3.74212 * 10^8 \text{ W/m}^3 \approx 10050 \text{ Btu/s * ft}^3$$

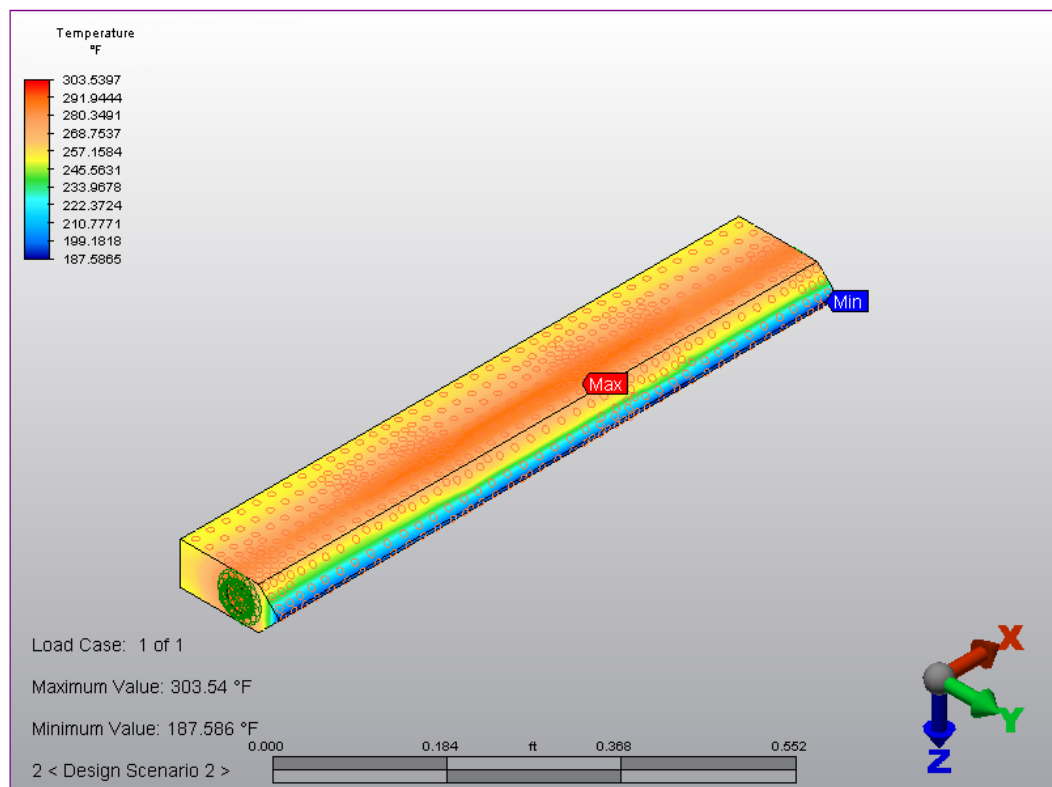
Al determinar ambos parámetros de transferencia de calor, se simuló la pieza “cortadora-selladora” en el software Autodesk Simulation Mechanical 2014 (ver Figura 73).

Figura 73. Parámetros de transferencia de calor



En la Figura 74 se expone el gradiente de temperatura que existe en la pieza cortadora-selladora. Como se observa, el gradiente de temperatura desde el calentador eléctrico hacia la arista de la pieza es considerable, aproximadamente de 116 °F (64.32 °C) de diferencia, así es como se comporta la pieza en condiciones reales de operación.

Figura 74. Gradiente de temperatura entre la resistencia eléctrica y la arista de la pieza selladora-cortadora



9. Alineación de la formadora de bolsas. Como se realizaron varias modificaciones en la formadora de bolsas, era necesario verificar si la formadora de bolsas se encontraba alineada a pesar de todas las modificaciones realizadas. Para verificar que la formadora de bolsas estuviese alineada, se utilizó un hilo con una plomada en un extremo para tensar el hilo. El hilo se colocó desde la parte superior de la máquina, hasta la parte inferior (ver Figura 75), y se determinó que la máquina sí se encontraba alineada.

Figura 75. Alineación de la formadora de bolsas



10. Espacio de operación de la empacadora de granos. La empacadora de granos ocupa un volumen de 98 pies³ para su correcto funcionamiento, pero por seguridad se debe proporcionar dos pies de espacio más por cada lado de la máquina, por lo que el volumen de operación para la empacadora de granos es de 395ft³. En el anexo IV se encuentra el plano con las dimensiones de la empacadora de granos.

11. Diseño del tubo de dosificación. En la sección I se mencionó que el diámetro externo del tubo dosificación es de $3\frac{13}{16}$ ", el largo del tubo se determinó al medir el espacio disponible en la empacadora de granos.

En el anexo IV se encuentra el plano del tubo de dosificación.

12. Diseño de la tobera de descarga (tolva pulmón). Para el tipo de dosificación que se realizará es conveniente utilizar una tolva de tipo cono truncado, por las características de inclinación que permite una mejor evacuación del producto y porque no posee puntos muertos por lo que el producto no quedará acumulado. Se diseñará a partir del espacio disponible que se tiene en la formadora de bolsas y de la cantidad de producto que se desea dosificar. Como se había mencionado antes, en la planta superior de la formadora de bolsas se tiene disponible un área de $1,117\text{pulg}^2$.

El ángulo de inclinación para la tolva de alimentación es $\alpha = 25^\circ$. (Cangas Herrera & Chaguamate Remache, 2007)

Para este tipo de cálculos se utilizó el sistema internacional de medición (SI) por facilidad, posteriormente se referenciará al sistema inglés en donde corresponda.

Como se dosificarán tres tipos de granos, se decidió utilizar la densidad del arroz para el dimensionamiento de la tolva, por la razón de que el arroz es el grano con menor densidad, por lo que ocupa más espacio para ocupar el mismo volumen en relación al maíz y el frijol.

Para este tipo de cálculos se utilizó el sistema internacional de medición (SI) por facilidad, posteriormente se referenciará al sistema inglés en donde corresponda.

Para la tolva se definió una capacidad de 1.36 kilogramos, lo que equivale a 3 libras. Al despejar el volumen de la ecuación 1, obtenemos el volumen que tendrá la tolva.

$$V_{\text{tolva}} = \frac{m}{\rho} \quad (28) \quad (\text{Wilson, Buffa, \& Luo, 2012})$$

$$V_{\text{tolva}} = \frac{1.36 \text{ kg}}{582.636 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.00233 \text{ m}^3 \quad (105 \text{ pulg}^3)$$

Para el diámetro de la parte superior de la tolva, se utilizará el diámetro de la parte inferior del vaso telescópico, esto con el objetivo de que el flujo de los granos sea constante. El diámetro de la parte inferior de la tolva se determinará al resolver simultáneamente las ecuaciones 29 y 30.

Para determinar las dimensiones de la tolva tenemos:

$$V_{\text{tolva}} = \frac{\pi h}{3} \left(\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{d}{2} \right)^2 + \left(\frac{Dd}{4} \right) \right) \quad (29) \quad (\text{Cangas Herrera \& Chaguamate Remache, 2007})$$

Donde

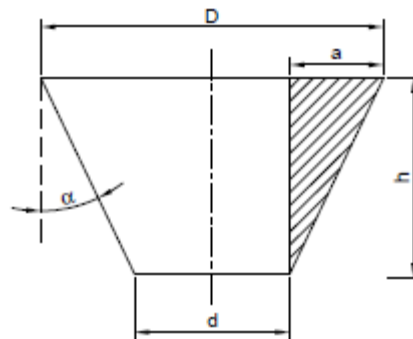
V_{tolva} Volumen de la tolva, 0.00233 m³

h Altura de la tolva

D Diámetro mayor de la tolva

d Diámetro menor de la tolva, 0.0889 m

Figura 76. Dimensiones de la tobera de descarga



$$h = \frac{D-d}{2 \cdot \tan \alpha} \quad (30)$$

Al sustituir la ecuación 30 en la ecuación 29:

$$D^3 - d^3 = 4.147 \cdot 10^{-3}$$

$$D^3 - 4.8 \cdot 10^{-3} = 0$$

$$D = 0.1686 \text{ m (6.63 pulgadas)}$$

$$h = \frac{0.1686 - 0.0889}{\tan(25^\circ)} = 0.171 \text{ m (6.73 pulgadas)}$$

Los esfuerzos que se generan en la tolva son relativamente pequeños, por lo que se descarta el cálculo de los mismos. El espesor de la lámina recomendado para la manufactura de la tolva es de 1/16".

13. Diseño de la tolva de almacenamiento. Esta tolva tiene como función almacenar una cantidad determinada de producto para suministrar al vaso telescópico. El tipo de tolva que se utilizará será igual que la de alimentación (cono truncado), con la diferencia que ésta tendrá una capacidad de 50 kg. Siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente:

Para este tipo de cálculos se utilizó el sistema internacional de medición (SI) por facilidad, posteriormente se referenciará al sistema inglés en donde corresponda.

Al utilizar la ecuación 28:

$$V_{\text{tolva}} = \frac{m}{\rho}$$

$$V_{\text{tolva}} = \frac{50 \text{ kg}}{582.636 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.0858 \text{ m}^3 \text{ (5,235 pulg}^3\text{)}$$

El diámetro inferior será igual que la tolva anterior (0.0889 m), al realizar el mismo procedimiento que se utilizó para los cálculos de la tobera de descarga obtenemos:

$$D^3 - d^3 = 0.1527$$

$$D^3 - 0.1534 = 0$$

$$D = 0.535 \text{ m (21.06 pulgadas)}$$

$$h = \frac{0.535 - 0.0889}{\tan(25^\circ)} = 0.956 \text{ m} \approx 1 \text{ m (39.37 pulgadas)}$$

Para la tolva de alimentación se realiza el análisis de esfuerzos para determinar el espesor de la lámina.

Los esfuerzos son generados por la presión que ejerce el peso de los granos en la tolva. Para determinar el espesor de la tolva, ésta se considera como un recipiente de paredes delgadas, de esta forma la presión interna máxima a la que está sometida la tolva es:

$$P = \frac{m \cdot g \cdot h}{V_{\text{tolva}}} \quad (31) \quad (\text{Cangas Herrera \& Chaguamate Remache, 2007})$$

Donde

m masa de los granos, 110.23 lb

g gravedad, $32.2 \frac{\text{pies}}{\text{s}^2}$

h altura de la tolva, 37.64 pulgadas (3.13 pies)

V_{tolva} volumen de la tolva, 5235 pulg³ (3.03 pies³)

P presión interna, psi

Al sustituir los datos en la ecuación 24 obtenemos:

$$|P = \frac{110.23 \cdot 32.2 \cdot 37.64}{5235} = 25.52 \text{ psi}$$

Como los esfuerzos a los que se encuentra sometida la tolva se acercan a los esfuerzos a los que se encuentran sujetos los cilindros de paredes delgadas, se establecen lo siguiente:

$$\sigma_t = \frac{pd_i}{2t} \quad (32) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

$$\sigma_l = \frac{pd_i}{4t} \quad (33) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

Donde

P presión, 25.52 psi

σ_t esfuerzo tangencial, psi

σ_l esfuerzo longitudinal, psi

d_i diámetro interno promedio, pulgadas

t espesor de la placa, pulgadas

El diámetro interior d_i se obtiene a partir de la relación:

$$d_i = \frac{D+d}{2} \quad (34) \quad (\text{Cangas Herrera \& Chaguamate Remache, 2007})$$

La variable d_i se calcula porque diámetro interno del cilindro de paredes delgadas no es constante, de esta forma se realiza un promedio del diámetro máximo y el diámetro mínimo.

$$d_i = 12.28 \text{ pulg}$$

Al sustituir en las ecuaciones 28 y 29 obtenemos:

$$\sigma_t = \frac{156.70 \text{ lbf}}{t \text{ pulg}}$$

$$\sigma_t = \frac{78.34 \text{ lbf}}{t \text{ pulg}}$$

Para determinar el espesor de la lámina, se realiza la Teoría del esfuerzo cortante máximo:

$$\sigma_t = \sigma_l$$

$$\sigma_1 = \sigma_2$$

Al aplicar la Teoría del esfuerzo cortante máximo obtenemos:

$$\sigma_e = \sigma_1 + \sigma_2 \leq S_y \quad (35) \quad (\text{Budynas \& Nisbett, 2012})$$

$$\frac{156.70}{t} + \frac{78.34}{t} = 35,000 \text{ psi}$$

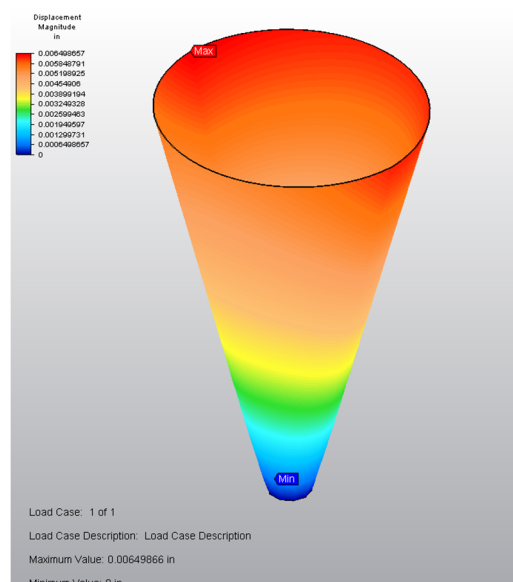
$$t = 0.007 \text{ pulgadas} \approx 0.18 \text{ mm}$$

Por términos de estandarización, para la tolva de alimentación se elige una lámina comercial de acero inoxidable AISI 304 de 1/16" de espesor. Sin embargo por seguridad, se recomienda utilizar un espesor de 1/8".

Los resultados anteriores se validaron mediante una simulación realizada en el software Autodesk Simulation Mechanical 2014. Para la simulación se utilizó la presión que ejerce el peso de los granos sobre la tolva.

En la Figura 77 se presenta la deformación máxima a la que se encuentra sometida la tolva de alimentación.

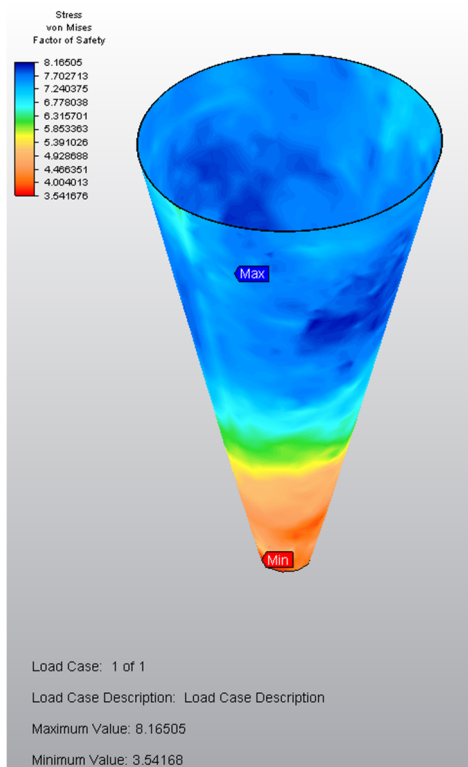
Figura 77. Deformación máxima de la tolva de alimentación



Como se observa en la figura anterior, la deformación máxima de la tolva es de 0.00649 pulgadas \approx 0.164 milímetros. El resultado anterior es aceptable, porque la deformación que experimenta la tolva es mínima.

En la Figura 78 se presenta el factor de seguridad que se obtuvo en la simulación.

Figura 78. Factor de seguridad de la tolva de alimentación



De la imagen anterior, se observa que el factor de seguridad para la parte inferior de la tolva es de 3.54, y para la parte superior es de 8.16, lo que nos garantiza que la tolva no fallará por la presión del peso de los granos.

Con los resultados obtenidos con la simulación, se concluye que la tolva es segura y cumple con los requerimientos establecidos.

14. Diseño del plano de control del sistema eléctrico de control de la empacadora de granos. Se diseñaron los planos de control del sistema eléctrico de la empacadora de granos, porque es una herramienta útil en las situaciones en que sucede un problema en el sistema eléctrico de la máquina. Los planos se encuentran en el anexo V.

VI. RESULTADOS

A. Pruebas realizadas

Para validar el funcionamiento de los elementos mecánicos diseñados, se realizaron pruebas de temperatura, sello y corte de las bolsas y formado de bolsas. Las pruebas realizadas tenían como objetivo verificar el comportamiento de los elementos mecánicos en condiciones reales de operación.

1. Pruebas de temperatura

a. Precisión de la termocupla. El objetivo de estas pruebas fue determinar la precisión de la termocupla que mide la temperatura en la pieza cortadora-selladora.

El procedimiento que se realizó para determinar la precisión de la termocupla fue el siguiente:

- Activar la empacadora de granos.
- Activar el calentador eléctrico.
- Seleccionar la temperatura en el panel digital.
- Esperar que la pieza de sello y corte se estabilizara a la temperatura seleccionada.
- Medir la temperatura en la superficie de la pieza cerca de la termocupla con el pirómetro.
- Determinar el porcentaje de error entre la temperatura desplegada en el panel digital y la temperatura obtenida con el pirómetro.

En total se realizaron nueve pruebas para determinar la precisión de la termocupla, en la Tabla 16 se exponen los resultados obtenidos.

Tabla 16. Porcentaje de error entre la temperatura desplegada por el panel digital y la temperatura obtenida con el pirómetro.

Prueba	Temperatura del indicador (°C)	Temperatura del pirómetro (°C)	Porcentaje de error (%)
1	110	118	7.27
2	115	114	0.869
3	120	119	0.833
4	125	124.5	0.400
5	130	130.2	0.153
6	135	142.1	5.259
7	140	139	0.714
8	145	144	0.689
9	150	149	0.666

Como se observa en la Tabla 16, el porcentaje de error obtenido en la prueba número uno y cinco, varían en relación a las demás. Para determinar en promedio el porcentaje de error, se necesita que se realicen más pruebas de temperatura con el pirómetro para determinar la precisión de la termocupla.

b. Gradiente de temperatura entre el calentador eléctrico y la arista de la pieza cortadora-selladora. Para el proceso de sello y corte, una variable crítica es la temperatura en la arista de la pieza selladora-cortadora, porque ésta es la encargada de fundir la bolsa, para realizar el sello y corte.

La temperatura de la arista de la pieza selladora-cortadora, se determinó mediante un pirómetro para compararlos con la temperatura desplegada por el indicador digital. Esto con el objetivo de obtener valores reales en condiciones de operación.

El procedimiento para determinar el gradiente de temperatura fue el mismo que se utilizó en la sección anterior.

En total, se realizaron nueve pruebas de temperatura, los resultados se exponen en la Tabla 17.

Tabla 17. Gradiente de temperatura entre el indicador digital de la formadora de bolsas y la arista de la pieza selladora-cortadora.

Prueba	Temperatura superficial (°C)	Temperatura en la arista de la pieza (°C)	Diferencia entre ambos (°C)
1	110	55	55
2	115	60	55
3	120	66	54
4	125	68	57
5	130	70	60
6	135	73	62
7	140	75	65
8	145	80	65
9	150	85	65
Promedio (°C)			60

Como se observa en los resultados obtenidos, el gradiente de temperatura que existe entre el panel digital y la arista de la pieza selladora-cortadora sí es considerable, a pesar de que la distancia que existe entre la termocupla y la arista es mínima.

2. Pruebas de continuidad del flujo de granos por el tubo dosificador. El objetivo de estas pruebas, es determinar que no exista ningún tipo de interferencia en el flujo de los granos desde la parte superior del tubo de dosificación hasta el proceso de sello y corte.

Dentro de las pruebas realizadas, se dosificó manualmente dos libras de arroz y dos de frijol, la metodología fue la siguiente:

- Sellar la parte inferior de la bolsa
- Sellar la parte vertical de la bolsa
- Introducir manualmente los granos por la parte superior del tubo de dosificación
- Verificar si los granos ingresaron a la bolsa.

Con las pruebas realizadas, se comprobó que no existe ningún tipo de interferencia que perjudique el flujo de los granos hacia la bolsa.

3. Pruebas de sello y corte de bolsas. La metodología para la realización de estas pruebas fue la siguiente:

- Activar la formadora de bolsas
- Activar el calentador eléctrico
- Seleccionar la temperatura en el panel digital
- Esperar que la pieza de sello y corte se estabilizara a la temperatura seleccionada.
- Accionar los cilindros neumáticos del sistema de corte y sello durante 2 segundos
- Verificar si el extremo de la bolsa selló y cortó.

El objetivo de estas pruebas, es determinar la temperatura de operación de la pieza de sello y corte. La temperatura es una variable crítica para el proceso de sello y corte, si la temperatura es muy baja, la bolsa sólo se sellará, y si la temperatura es muy alta, la bolsa puede quemarse y no sellará.

El total se realizaron diez pruebas para determinar la temperatura de operación. Los resultados se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Resultados de las pruebas de sello y corte

Prueba	Temperatura del indicador digital (°F)	Selló	Cortó
1	248	Sí	No
2	257	Sí	No
3	266	Sí	No
4	275	Sí	1/4 de la bolsa
5	284	Sí	1/4 de la bolsa
6	293	Sí	1/2 de la bolsa
7	302	Sí	3/4 de la bolsa
8	311	Sí	Sí
9	320	Sí	Sí
10	329	Sí	Sí

Como se observa en la Tabla 18, el sello y corte ocurre a partir de una temperatura en el indicador digital de 311 °F, ante estos resultados se utilizó 320 °F como la temperatura de operación para la

formadora de bolsas, porque al utilizar una temperatura mayor, existe más calor generado y esto puede afectar a otros elementos mecánicos que se encuentren alrededor.

En las figuras 79 y 80 se exponen los resultados que se obtuvieron en relación al proceso de sello y corte.

Figura 79. Arroz dosificado manualmente



Figura 80. Frijol dosificado manualmente



4. Pruebas de formado de bolsas. El objetivo principal de estas pruebas, es determinar el comportamiento de la película de polietileno al entrar por la parte trasera del formador de bolsas circular. Y verificar que el formador de bolsas circular, sí le da la forma y traslape a la bolsa.

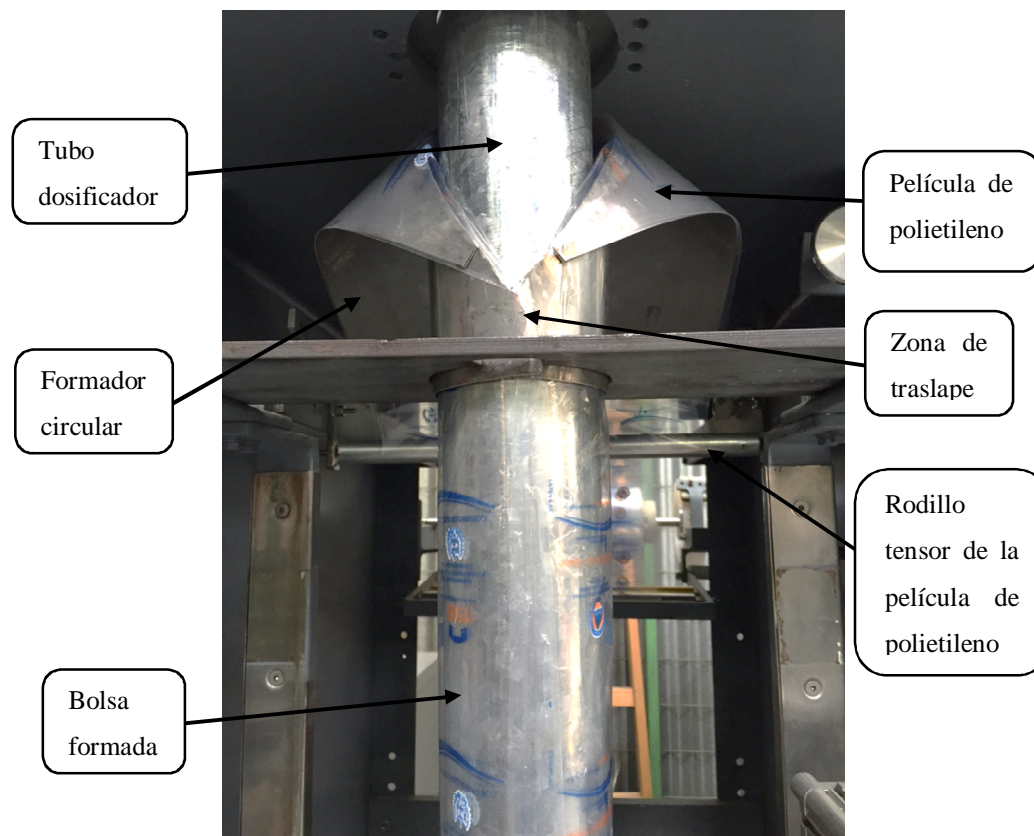
La metodología para la realización de estas pruebas fue la siguiente:

- Tensar la película de polietileno en el rodillo que se encuentra en la parte posterior del formador circular.
- Ingresar la película de polietileno al formador circular.
- Ingresar el tubo de dosificación dentro del formador circular y la bobina de polietileno.
- Guiar y atravesar las puntas de la película de polietileno dentro del formador y a través del tubo dosificador.
- Jalar la bobina de polietileno manualmente de forma vertical, para observar si el formador cilíndrico forma la bolsa.

De las pruebas realizadas, el formador circular sí le proporciona la forma a la bolsa, y el traslape vertical que se obtuvo fue de $1/3''$ (ver Figura 81). El traslape de $1/2''$ es satisfactorio para el tipo de granos que se empacará.

En la Figura 81 se presenta el formador de bolsas circular montado en la empacadora de granos, en el momento en que se realizaron las pruebas.

Figura 81. Pruebas con el formador circular



VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. En la primer y quinta prueba de temperatura, se obtuvieron resultados diferentes en relación a las otras siete pruebas. Esto ocurrió porque no se esperó a que la temperatura de la pieza se estabilizara, obteniendo como resultado dos porcentajes de error divergentes.
2. Los porcentajes de error obtenido de las pruebas de temperatura, puede deberse a la medición con el pirómetro, porque ésta herramienta despliega un valor diferente cada segundo, no presenta un valor fijo. Las temperaturas medidas con el pirómetro que se encuentran en la Tabla 16, son un promedio de las temperaturas que se obtenían con el mismo.
3. Con las pruebas realizadas en el software Autodesk Simulation Mechanical 2014, se observó y determinó el gradiente de temperatura que existe en toda la pieza cortadora-selladora. Al observar la posición en donde se encuentra situado el calentador eléctrico, se consideraba que la temperatura entre la arista y el calentador eléctrico sería aproximadamente la misma. Sin embargo, al observar los resultados obtenidos con el software Autodesk Simulation Mechanical 2014, el gradiente de temperatura es 64.32 °C.
4. Las pruebas de continuidad de flujo de los granos, nos garantizaron que no existe ningún tipo de interferencia que perjudique la continuidad de los granos al momento que ingresen por el tubo dosificador.
5. Las pruebas de sello y corte de bolsas, nos proporcionó la temperatura de operación a la que debe de operar la empacadora de granos. Sin embargo es necesario realizar pruebas de volumen para determinar el comportamiento de la temperatura de la pieza de sello y corte en largos períodos de tiempo de operación. Esta temperatura, es una variable crítica para todo el proceso de empaque, porque dependiendo de la temperatura a la que se encuentre la pieza “sellador y corte”, los resultados pueden ser o no los esperados. Es decir, si la temperatura es menor que la de operación, la bolsa sólo será sellada, en cambio, si la temperatura es mayor, la bolsa puede quemarse y el sistema sólo la cortará.
6. Al ser la potencia del calentador de 500 watts, se necesita que la temperatura de operación del sistema de sello y corte sea de 320 °F, para que la arista selle y corte la película de polietileno. Si se hubiera utilizado un calentador más grande, con potencia de 1000 watts, la temperatura de operación se hubiera reducido aproximadamente a la mitad (160 °F). Pero al utilizar un calentador más grande, la pieza de sello y corte tendría que ser más grande y el consumo de energía sería el doble, siendo una desventaja. El resultado obtenido con el calentador de 500 watts es satisfactorio para el tipo de aplicación al que se encuentra sometido.
7. En las pruebas de formado de bolsas, el formador circular diseñado, le proporciona la forma de bolsa a la película de polietileno. El traslape vertical que se obtuvo fue de 1/3”, lo que es satisfactorio para el tipo de producto que se está empacando

VIII. CONCLUSIONES

1. En las pruebas realizadas manualmente, se comprobó que la formadora de bolsas fue capaz de empacar maíz, frijol y arroz tras descargar los granos manualmente por el tubo de dosificación, observándose que los granos se desplazaban sin ninguna interferencia en su recorrido, con movimiento suave y continuo. La máquina presenta un movimiento sincronizado, libre de ruidos y alimentación de la película de plástico sin problemas. Lo que indica que los elementos mecánicos diseñados son los apropiados para el tipo aplicación.
2. Se diseñó un dosificador volumétrico por traslación, capaz de empacar 1 libra de cualquiera de los tres tipos de granos descritos. Los componentes de este sistema se encuentran constituidos por un vaso telescópico de volumen variable, una placa superior, una placa inferior, un pistón neumático, ocho angulares, dos platinas de sujeción, una tobera de descarga y una tolva de alimentación.
3. El factor de seguridad obtenido del análisis de esfuerzos realizado a la barra cilíndrica, del sistema de sello y corte que soporta el pistón neumático, es de 206.18. Lo que nos garantiza que la deformación por flexión es despreciable bajo las cargas aplicadas y que el elemento mecánico diseñado es confiable.
4. Las pruebas de temperatura dan como resultado un gradiente de 60 °C entre el calentador eléctrico y la arista de la pieza de selladora-cortadora. El gradiente de temperatura está relacionado con la geometría de la pieza, ya que la base tiene más masa que la parte de la arista, esto implica que tiende a calentarse más rápidamente esta área. Otro parámetro que interviene en el gradiente de temperatura, son las pérdidas de calor por convección.
5. Con las pruebas de sello y corte, se determinó que el sello y corte dependen de la temperatura. Al incrementar la temperatura de la pieza el sello y corte de la bolsa mejora. Se determinó que la temperatura de operación es de 135 °C.
6. Las pruebas de temperatura, de continuidad, de sello y corte, y formado de bolsas, se realizaron de forma manual.
7. Después de un análisis de costos e imprevistos, el costo final del rediseño ascendió a Q7, 532.58. La inversión total realizada en el proyecto fue mayor a la prevista. Esto ocurrió porque al inicio del proyecto se consideró que la máquina se encontraba en óptimas condiciones de operación. Sin embargo la máquina presentó fallos eléctricos, falta de elementos mecánicos y gastos por imprevistos.

IX. RECOMENDACIONES

1. Manufacturar en material acero inoxidable AISI 304 la placa superior, inferior, y el vaso telescópico del sistema de dosificación, para que éstos no reaccionen químicamente con el producto a dosificar.
2. Manufacturar en material acero inoxidable AISI 304 con tratamiento térmico superficial de tenifer, la pieza “selladora y cortadora”. Actualmente esta pieza es de acero 1018, pero por la fuerza de impacto que habrá cuando se esté empacando granos, existe la posibilidad que la vida útil de la pieza se reduzca por la ductilidad del acero 1018.
3. Se recomienda realizar pruebas de temperatura, para realizar un análisis estadístico válido para determinar la exactitud de la termocupa de la pieza selladora-cortadora.
4. De acuerdo a los requerimientos de la institución CONRED, se recomienda utilizar una tolerancia en peso de ± 0.070 onzas para el dosificador volumétrico.
5. Para la temperatura de operación del proceso de sello y corte, se recomienda realizar pruebas de volumen para determinar si la temperatura de operación establecida es la apropiada. De lo contrario, establecer la temperatura de operación, para largos períodos de operación.
6. Antes de empezar a operar la empacadora de granos, se debe observar el video “manual de operación”.
7. Se recomienda comprar e instalar un filtro de aire a la entrada del sistema neumático de la empacadora de granos, con el objetivo de proteger e incrementar la vida útil de los elementos neumáticos por los que se encuentra conformada.
8. Se recomienda manufacturar el tubo dosificador en material acero inoxidable AISI 304, para que este elemento mecánico no reaccione químicamente con los granos y no sea nocivo para las personas.
9. Habilitar el botón de paro de emergencias de la formadora de bolsas. Actualmente el botón de paro de emergencias se encuentra inactivo, es de gran importancia habilitarlo en caso de cualquier emergencia.
10. Para la activación de la empacadora de granos, se recomienda cambiar el sistema de accionamiento mecánico por pedal, por un selector eléctrico de dos posiciones. Actualmente para que la máquina trabaje de forma automática, necesita que el operador mantenga presionado el pedal mecánico en todo momento, de lo contrario, la máquina no funciona. Al sustituir el pedal mecánico por un selector de dos posiciones, el operador podrá mantener activada la máquina en todo momento con tan sólo cerrar el circuito con el selector de dos posiciones.

11. Realizar la conexión eléctrica entre el variador de frecuencia y el motor eléctrico para la activación de la máquina.
12. Programar el variador de frecuencia para el accionamiento del motor eléctrico.
13. Diseñar y construir un sistema de carga y descarga para el proceso de dosificación de los granos, esto con el objetivo de ingresar los granos de forma continua a la tolva de almacenamiento.
14. Diseñar y construir un sistema de apertura y cierre que permita el flujo de los granos, hacía el vaso telescópico de volumen variable.
15. Desarrollar un plan de mantenimiento para la empacadora de granos.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Budynas, R., & Nisbett, K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México.
- Cangas Herrera, J. G., & Chaguamate Remache, C. J. (2007). *Diseño y construcción de una máquina semiautomática gravimétrica para el llenado con tierra de bolsas usadas en viveros forestales*. Quito.
- Cengel, Y., & Ghajar, A. (2011). *Transferencia de calor y masa*. México.
- Durán Sánchez, C. H. (2006). *Diseño, modelamiento y simulación de una máquina dosificadora de alimento granulado para animales*. BOGOTÁ D.C.
- Festo. (2013). *Guía de productos 2013/2014*. Alemania.
- García Torres, E. M. (2012). *Diseño y construcción de un prototipo con sistema Scada aplicado al control del micro clima y dosificación del producto almacenado en silos*. Ecuador.
- Gaumer Company. (2001). *Cartridge Heaters*. Houston .
- Gaumer Process. (15 de Abril de 2001). *Gaumer Process Heaters Systems Controls*. Obtenido de Gaumer: <http://www.gaumer.com/Resources/PDF>
- Gonzalez, C., & Sanchez, J. L. (2008). *Diseño y construcción de una máquina dosificadora de grano pequeño para pequeñas industrias*. Bogotá.
- Guardiola, A. (2013). *Diseño y cálculo de uniones con tornillos no pretensados*. Valencia.
- Intor. (17 de Mayo de 2015). *Intor manufacturing solutions*. Obtenido de Intor: www.intor.com.ar/novedades/
- Morales, E. E. (2010). *Diseño y construcción de un dosificador y empacador de producto alimenticio molido y seco de 50 gr*. Ecuador.
- Moreno Zapata, E. P. (2010). *Diseño de una máquina empacadora, dosificadora y selladora de fundas para arroz*. Quito.
- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México.

Ortega Acosta, H. M., & Carrillo Balseca, D. A. (2011). *Diseño y construcción de una máquina dosificadora de masa para la elaboración de humitas para la empresa "Del Valle Lojano"*. Quito.

Oviedo, Á. P. (2012). *Diseño y construcción de un dosificador de granos secos*. Ecuador.

Parker. (2009). *Catálogo PDE2564TCES-ul*. España.

Salas, C. G. (2012). *Diseño de un molino de rodillos para molienda de granos, destinado al área de alimentos del Cestta-Espoch*. Ecuador.

Wilson, J., Buffa, A., & Luo, B. (2012). *Física*. México: Pearson Education.

XI. ANEXOS

ANEXO I: Tablas de las normas de COGUANOR

Tabla 19. Clasificación por superficie

Espesor película		Caída dardo (g), min ^a)		
µm	Pulgadas	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
<25	Sin establecer	Sin establecer	Sin establecer	Sin establecer
25	0.001	40	75	105
38	0.0015	65	105	140
50	0.002	85	135	175
75	0.003	125	195	245
100	0.004	165	255	315

a) Los límites de impacto para espesores no cubiertos en la tabla deben determinarse mediante interpolación lineal.

Tabla 20. Clasificación por superficie

Superficie	Coefficiente de fricción
1	>0.5
2	>0.2 a 0.5
3	0.2 ó menor

Tabla 21. Clasificación por clases para películas sin pigmentar

Clase	Brillo, unidades	Opacidad, %
1	30 ó menos	>25
2	>30 a 50	>10 a 25
3	>50 a 70	>5 a 10
4	>70	0 a 5

Tabla 22. Clasificación por acabado

Acabado	Tensión superficial, mN/m (dinas/cm)
1	32, 33, 34
2	35, 36, 37
3	38, 39, 40
4	41 y más

Tabla 23. Propiedades de tensión

Propiedad	Unidades	Dirección máquina	Dirección transversal
Resistencia tensión, mínima	Mpa (psi)	11.7 (1700)	8.3 (1200)
Elongación, mínima	%	225	350

Tabla 24. Sellado al calor

Acabado de las superficies de contacto ^{b)}	Sellado al calor
	Min
2 con 2	0.60
1 con 2	0.60
1 con 1	0.75

a) El sellado al calor es la relación de la resistencia a la tensión de un espécimen sellado por calor y la resistencia a la tensión de la película original.

b) El sellado al calor no es aplicable a películas con acabados mayores de 2; lo anterior no infiere que las películas con acabados mayores de 2 no puedan ser selladas

Tabla 25. Tolerancias, porcentaje para espesor nominal

Ancho película		Espesor nominal		Tolerancia ^{a)} a través de la película %
Milímetros	Pulgadas	µm	Pulgadas	
1250 ó menos	50 ó menos	25 a 100	0.001 a 0.004	± 20
>1250 a 3000	>50 a 120	25 a 100	0.001 a 0.004	± 25

a) Ninguna media individual debe diferir del calibre nominal más que lo establecido en la tolerancia dada en esta tabla.

Tabla 26. Tolerancias en el ancho

Ancho de la película	Láminas	Película tubular
Milímetros (pulgadas)	Milímetros (pulgadas)	Milímetros (pulgadas)
375 (15) ó menos	± 5 (± 3/16)	± 10 (±3/8)
>375 a 750 (15 a 30)	± 6 (± 1/4)	± 10 (±3/8)
>750 a 1500 (30 a 60)	± 10 (± 3/8)	± 16 (± 5/8)

Continuación Tabla 26

Ancho de la película	Láminas	Película tubular
Milímetros (pulgadas)	Milímetros (pulgadas)	Milímetros (pulgadas)
>1500 a 3000 (60 a 120)	$\pm 13 (\pm 1/2)$	$\pm 25 (\pm 1)$
a) A través de la lámina o del tabular.		

ANEXO II: COTIZACIONES DE LA EMPRESA ASTEGUIETA

FÁBRICA DE EMPACADORAS AUTOMÁTICAS
ASTEGUIETA
11 Calle 15- 62 Colonia el Carmen Zona 17, GUATEMALA, C.A.
TEL: (502) 2256 4262, 2255 1066, TELEFAX: (502) 2258 0941
E-Mail: marastegui@internet.net.gt y marastegui@hotmail.com

Guatemala, 17 de julio 2014

Señores:

UNIVERSIDAD DEL VALLE

joseluismac@hotmail.es

Tel:

Guatemala

Con atención a: ING. VICTOR HUGO AYERDI

Estimados señores:

Por este medio estamos cotizándoles las siguientes piezas:

1 Flecha de ¾" para máquina empacadora ASTEGUIETA, completa (4 piezas)

PRECIO EN NUESTRA PLANTA:

Q. 1,500.00

FORMA DE PAGO: contra entrega

Tiempo de entrega: inmediata

En espera de servirles como se merecen, quedo de ustedes como sus atentos servidores.

Mario René Asteguieta Luna.

Edgar Asteguieta

Gerente

Planta

FÁBRICA DE EMPACADORAS AUTOMÁTICAS
ASTEGUIETA
11 Calle 15- 62 Colonia el Carmen Zona 17, GUATEMALA, C.A.
TEL: (502) 2256 4262, 2255 1066, TELEFAX: (502) 2258 0941
E-Mail: astegui@itelgua.com y marastegui@hotmail.com

Guatemala, 19 de agosto 2014

Señores:

UNIVERSIDAD DEL VALLE

joseluismac@hotmail.es

Tel:

Guatemala

Con atención a: ING. VICTOR HUGO AYERDI

Estimados señores:

Por este medio estamos cotizándoles lo siguiente:

Valor de la visita de un técnico por un máximo de 6 horas, como ayuda para resolver los problemas que tengan con su máquina empacadora.

PRECIO :

Q. 500.00

FORMA DE PAGO: contra entrega

Tiempo de entrega, a convenir

En espera de servirles como se merecen, quedo de ustedes como sus atentos servidores.

Mario René Asteguieta Luna.

Edgar Asteguieta

Gerente

Planta

FÁBRICA DE EMPACADORAS AUTOMÁTICAS
 ASTEGUIETA
 11 Calle 15- 62 Colonia el Carmen Zona 17, GUATEMALA, C.A.
 TEL: (502) 2256 4262, 2255 1066, TELEFAX: (502) 2258 0941
 E-Mail: astegui@itelgua.com y marastegui@hotmail.com

Guatemala, 05 de noviembre 2014
 Señores
UNIVERSIDAD DEL VALLE
Joseluismac@hotmail.es Cel: 40341401

Atn ING Victor Hugo Ayerdi

Por este medio tenemos el placer de cotizarle un dosificador con las siguientes características:
MODELO QUE OFRECEMOS:

1 dosificador volumétrico de granos para frijol, arroz y maíz. Montado en su formadora de bolsas para convertirla en empacadora automática para 1 libra. El trabajo a realizar es de forma neumática y se sincronizará con la máquina empacadora. Incluye dosificar volumétrico, tolva de abasto para 12 quintales de frijol aproximadamente, con pintura (si desea en acero inoxidable consulte precios), cono para conectar con máquina empacadora.

PRECIO EN NUESTRA PLANTA (Incluye sistema Festo)	Q 54,000.00
1 formador de bolsas para empacar en 1 libra (Incluye tubo y cuello)	Q 8,000.00
1 cuchilla de sellado (sello-corte-sello) (Incluye resistencias y termocupla)	Q. 6,000.00
instalación y puesta en marcha de la máquina	Q. 3,000.00
TOTAL	<u>Q. 71,000.00</u>

Nota: Para llevar a cabo se necesita trasladar la máquina empacadora nuestra planta

ACCESORIOS OPTATIVOS:

Tolva en acero inoxidable con capacidad de 12 libras de frijol	Q 8,000.00
1 mordaza completa de sellado	Q 32,000.00

FORMA DE PAGO:

50% al ordenar y saldo contra entrega antes de entregar en nuestra planta.

TIEMPO DE ENTREGA:

Enero 2015, el tiempo puede variar de acuerdo al momento en que sea ordenada máquina

GARANTÍA:

Los equipos nuevos fabricados por *ASTEGUIETA* tiene 1 año de garantía, las adaptaciones tienen 6 meses sobre desperfectos en el diseño, no así los repuestos eléctricos y electrónicos, no se cubre las fallas ocasionadas por mala operación, descuidos, falta de mantenimiento, sobrecargas, altibajos en corriente eléctrica y aire comprimido. La garantía cubre las visitas a la planta del

cliente sin costo alguno, excepto el pasaje, hospedaje, alimentación de nuestro (s) técnico (s), que correrá por cuenta del cliente en el caso del interior de la república o fuera del país.

OBSERVACIONES:

- Todos los materiales que tienen contacto con el producto son inoxidable.
- La máquina será probada en nuestra planta, por lo que es necesario que el cliente proporcione el material de empaque y el producto con el que trabajará la misma.
- Para su funcionamiento es necesaria corriente eléctrica y aire comprimido.
- Se proporciona la capacitación necesaria a la o las personas que operarán la máquina.

En espera de servirles como se merecen, quedo de ustedes como sus atentos servidores.

Mario René Asteguieta Luna.
Gerente

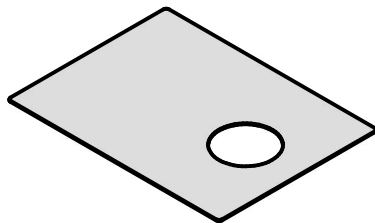
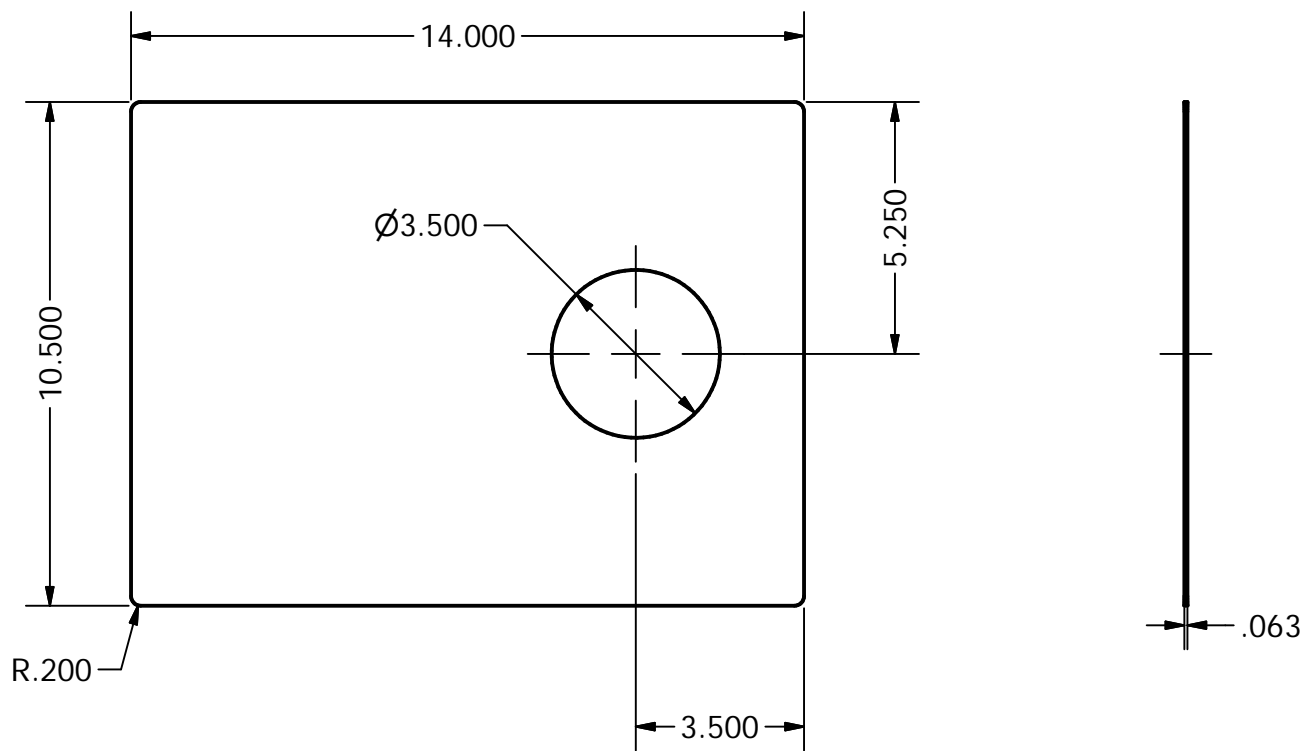
Edgar Asteguieta
Planta

ANEXO III: VIDEO MANUAL DE MANUAL DE OPERACIÓN DE LA EMPACADORA DE GRANOS MARCA ASTEGUIETA, TIPO POLY 2002.

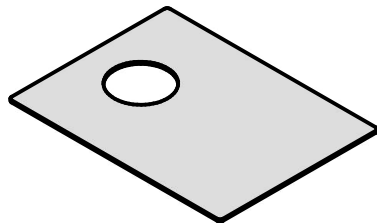
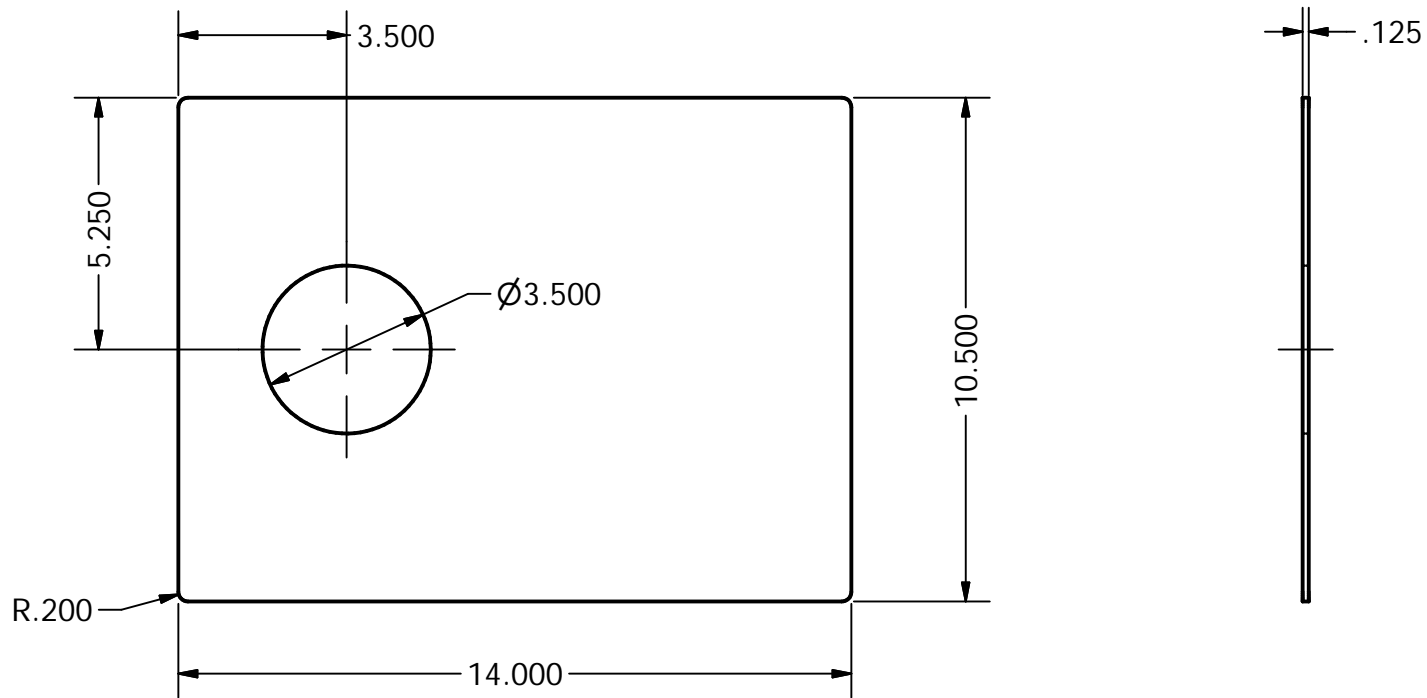
El video manual de operación de la empacadora de granos marca Asteguieta, se subió a internet en la página Youtube. Este video manual de operación, se realizó con el objetivo de demostrar el procedimiento de operación de la máquina, hacia las personas que estarán a cargo de la misma. A continuación se encuentra el link para reproducirlo cuando se requiera:

<https://www.youtube.com/watch?v=uapakcA9-l4>

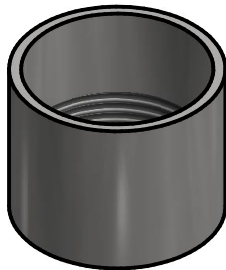
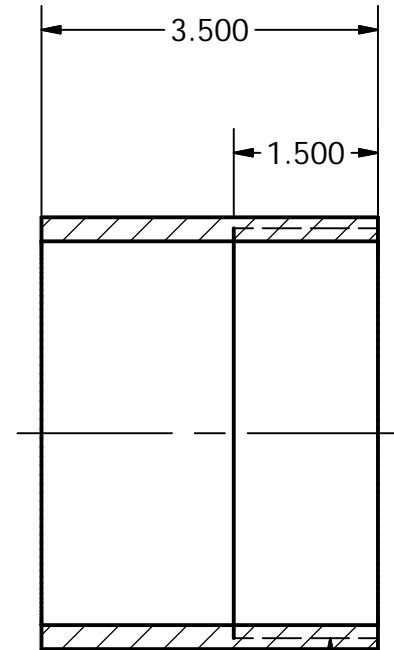
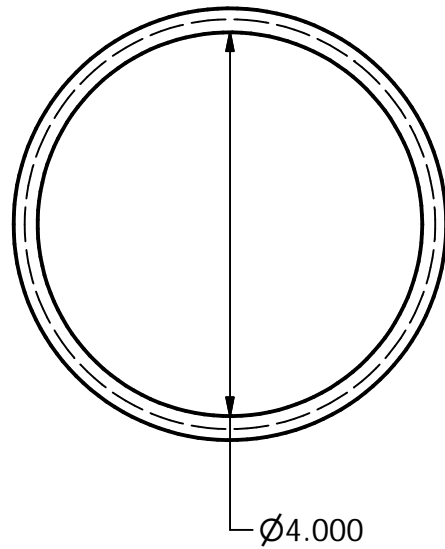
ANEXO IV: PLANOS DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS
DISEÑADOS, PARA LA EMPACADORA DE GRANOS MARCA
ASTEGUIETA, TIPO POLY 2002.



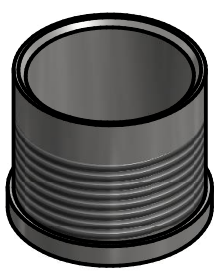
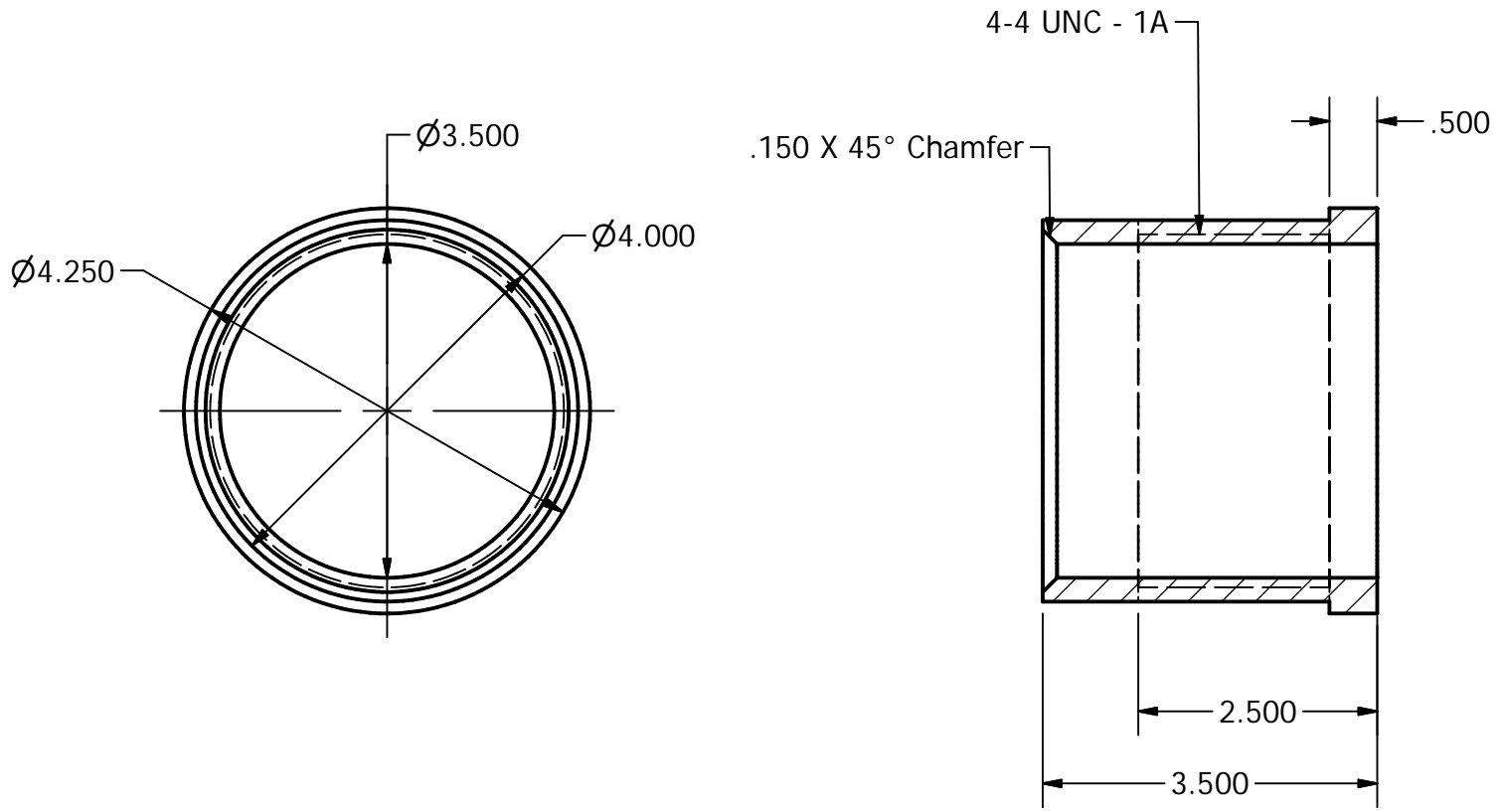
Escala: 1:4	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Placa superior		Diseñó: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Angulos: ±0.5°		Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
		Página No. 1	Formato: A	
		Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304	



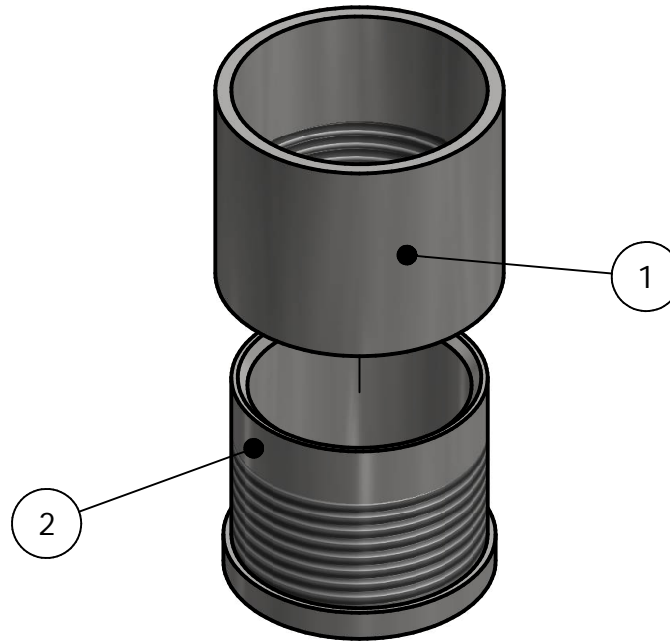
Escala: 1:4	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Placa inferior		Diseñó: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: Angulos: ±0.5°	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01		Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
		Página No. 2	Formato: A	
		Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304	



Escala: 1:2	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Parte superior vaso dosificador		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Angulos: ±0.5°			Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Página No. 3	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304

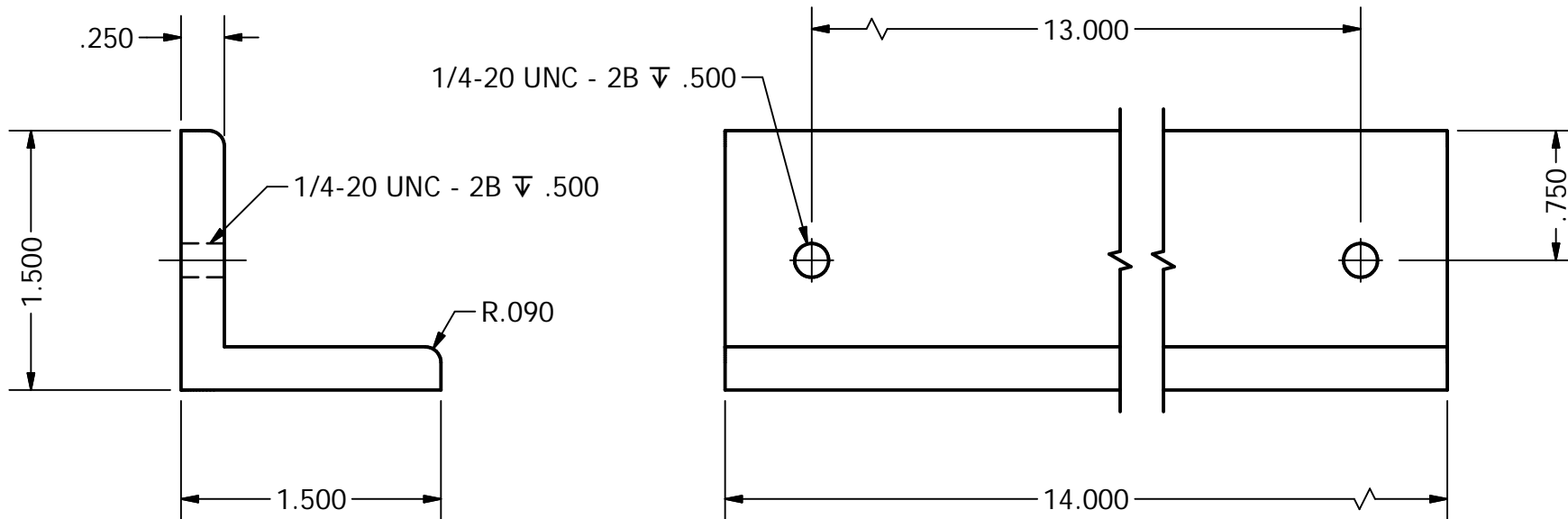


Escala: 1:2	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Parte inferior vaso dosificador		Diseñó: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: Angulos: ±0.5°	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01		Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Página No. 4	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304

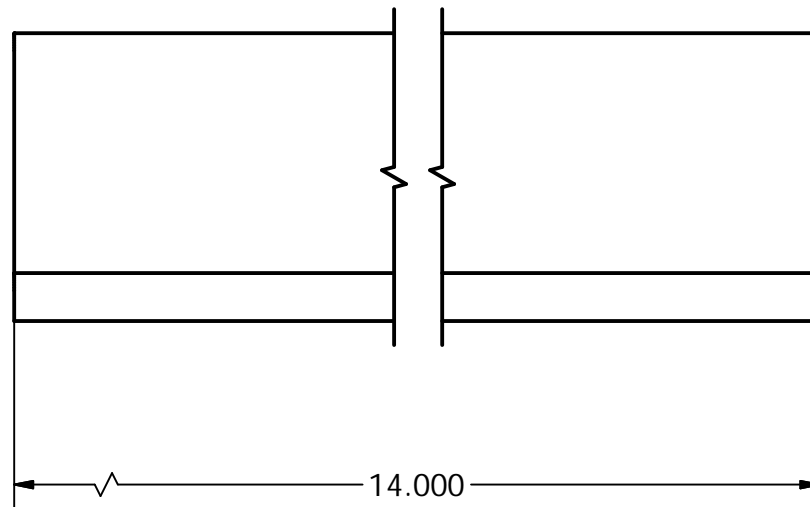
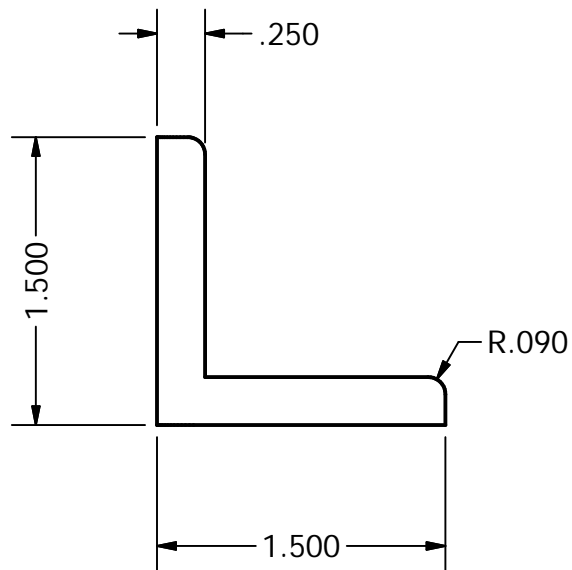


PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Parte superior vaso dosificador	Acero inoxidable Aisi 304
2	1	Parte inferior vaso dosificador	Acero inoxidable Aisi 304

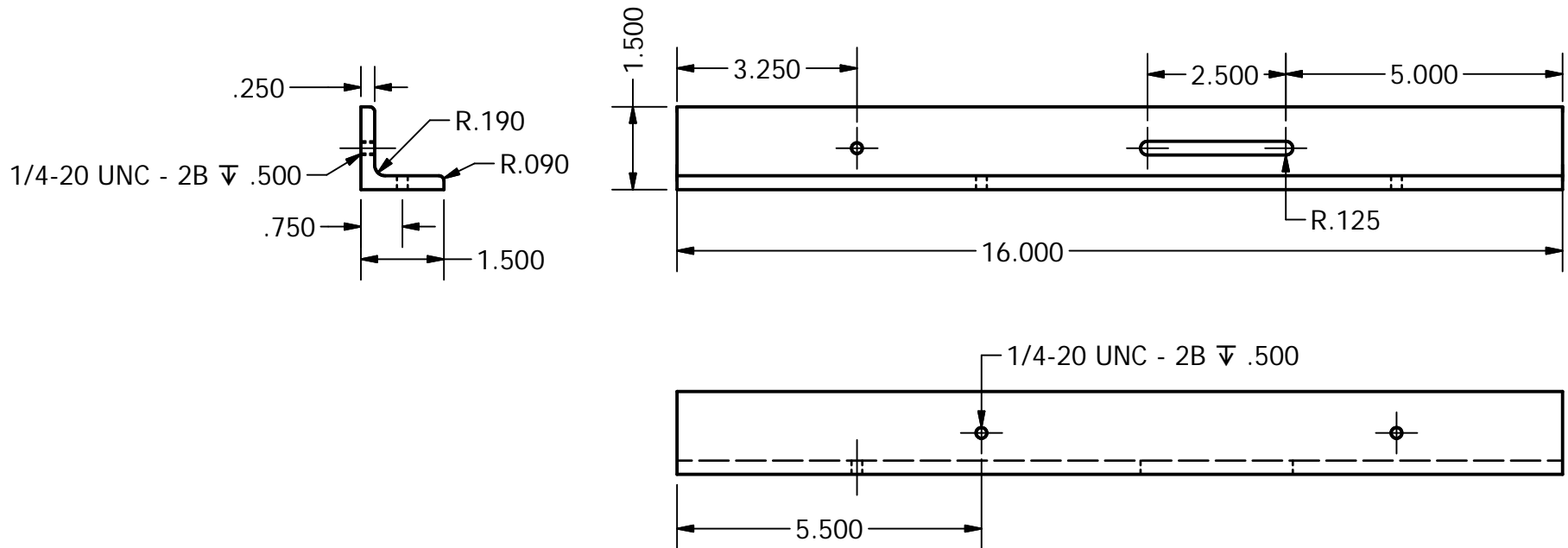
Escala: 1:3	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala			Nombre	Fecha
			Diseño:	José Luis Machic	15/03/2015
Unidades: Pulgadas	Pieza: Ensamble de vaso dosificador		Dibujó:	José Luis Machic	15/03/2015
			Revisó:	Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó:	Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01		Página No. 5		Formato: A	
		Revisión No. 2		Material: Acero inoxidable Aisi 304	


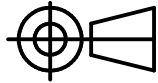


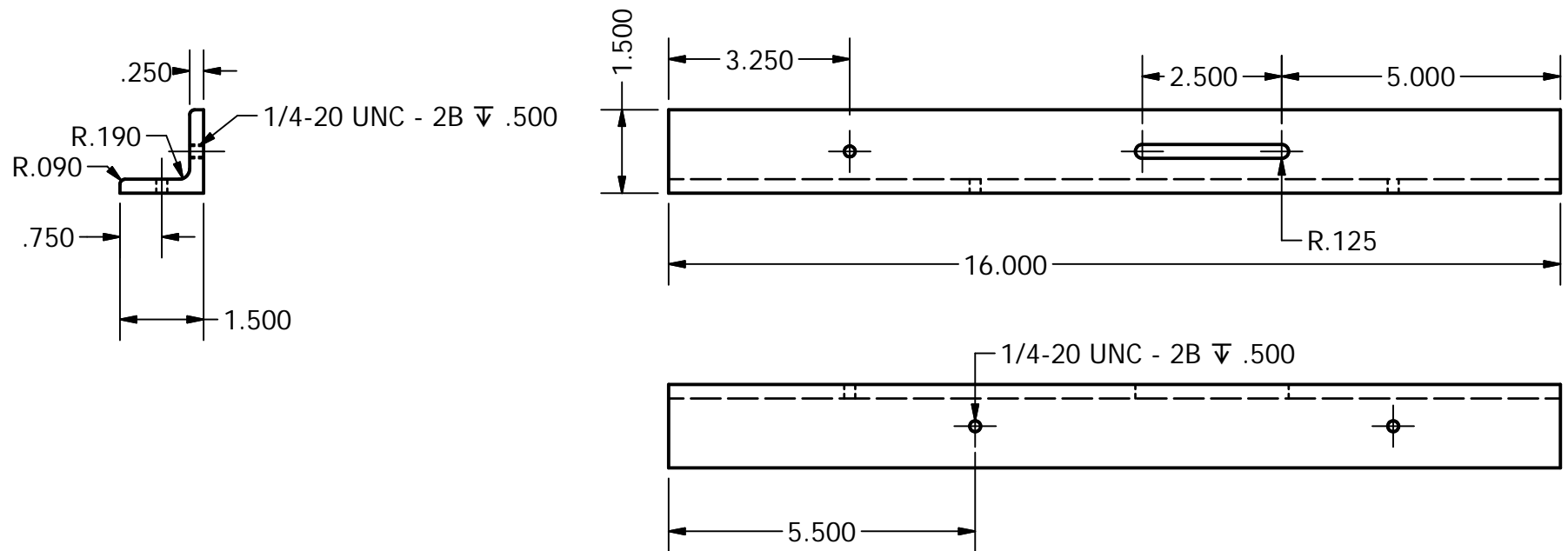
Escala: 1:1	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Angular para soporte de placa superior		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01			Revisó: Ing. Raúl Loarca	25/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Página No. 6	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero 1018



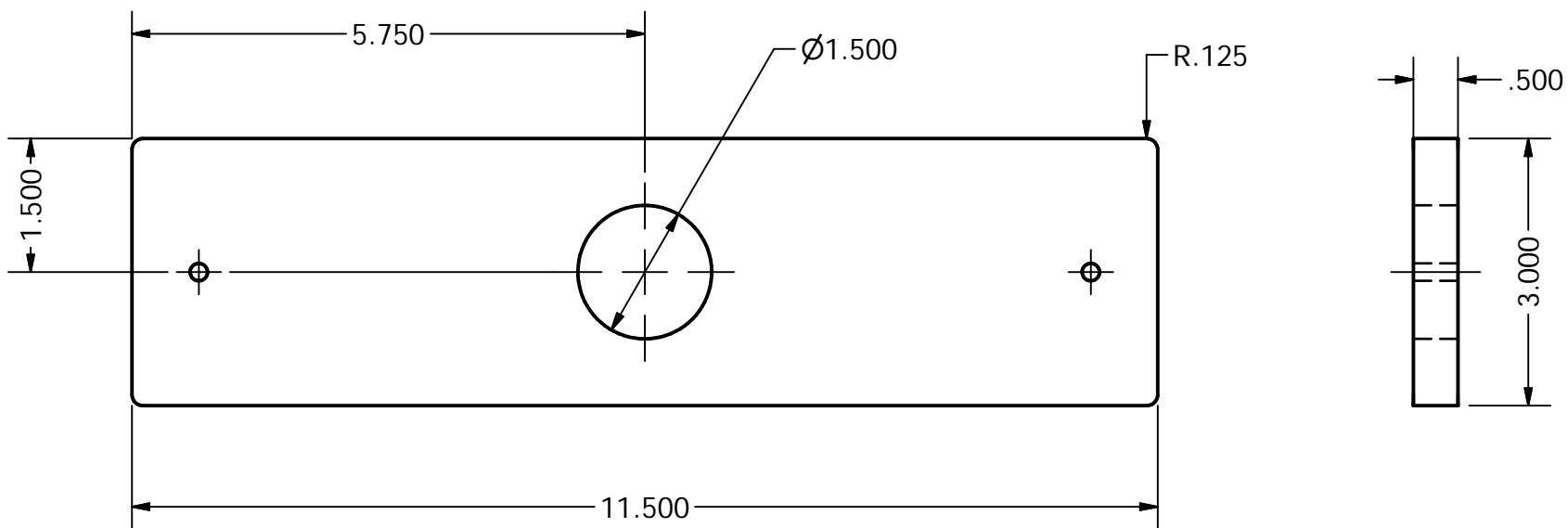
Escala: 1:1	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Angular para soporte de placa inferior		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Angulos: ±0.5°			Revisó: Ing. Raúl Loarca	25/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Página No. 7	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero 1018



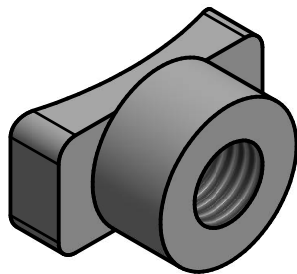
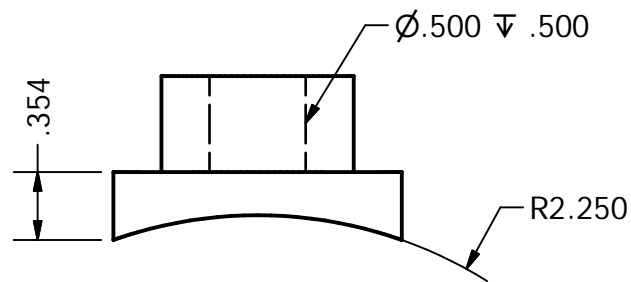
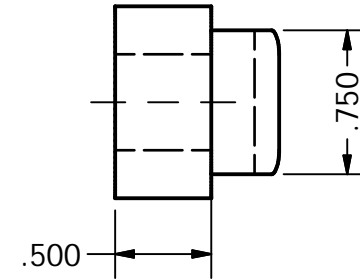
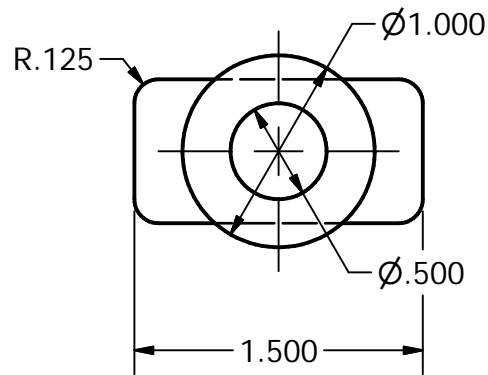
Escala:	Universidad del Valle de Guatemala		Nombre	Fecha
1:3	18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Diseñó:	José Luis Machic
Unidades:	Pieza: Angular con corredera	Dibujó:	José Luis Machic	15/03/2015
Pulgadas		Revisó:	Ing. Raúl Loarca	25/03/2015
		Aprobó:	Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Tolerancias:	D X.X ±0.1		Página No. 8	Formato: A
Angulos: ±0.5°	D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01		Revisión No. 2	Material: Acero 1018



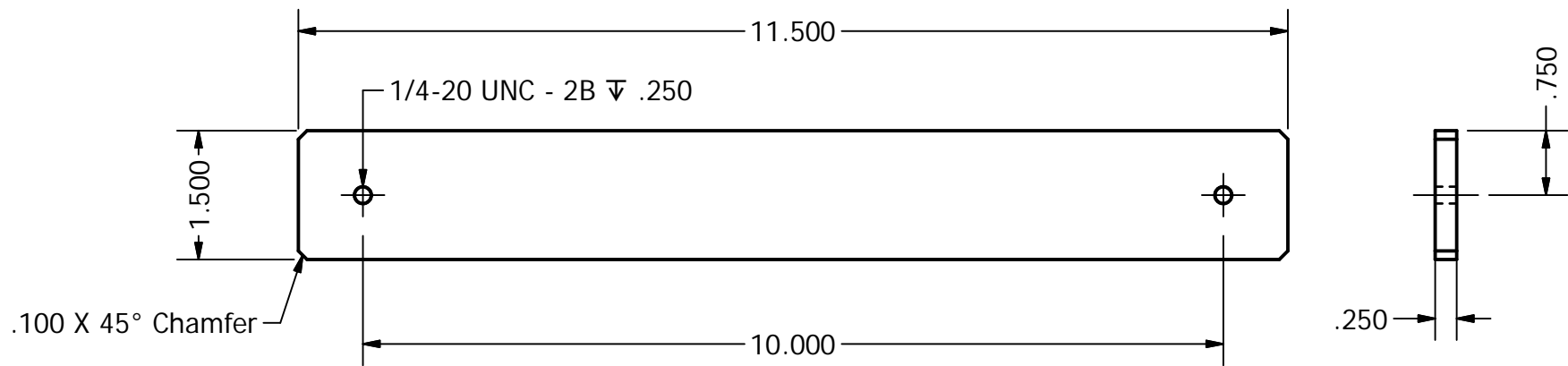
Escala: 1:3	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Angular con corredera (b)		Diseñó: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
			Revisó: Ing. Raúl Loarca	25/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01			Página No. 9	Formato: A
Angulos: ±0.5°			Revisión No. 2	Material: Acero 1018



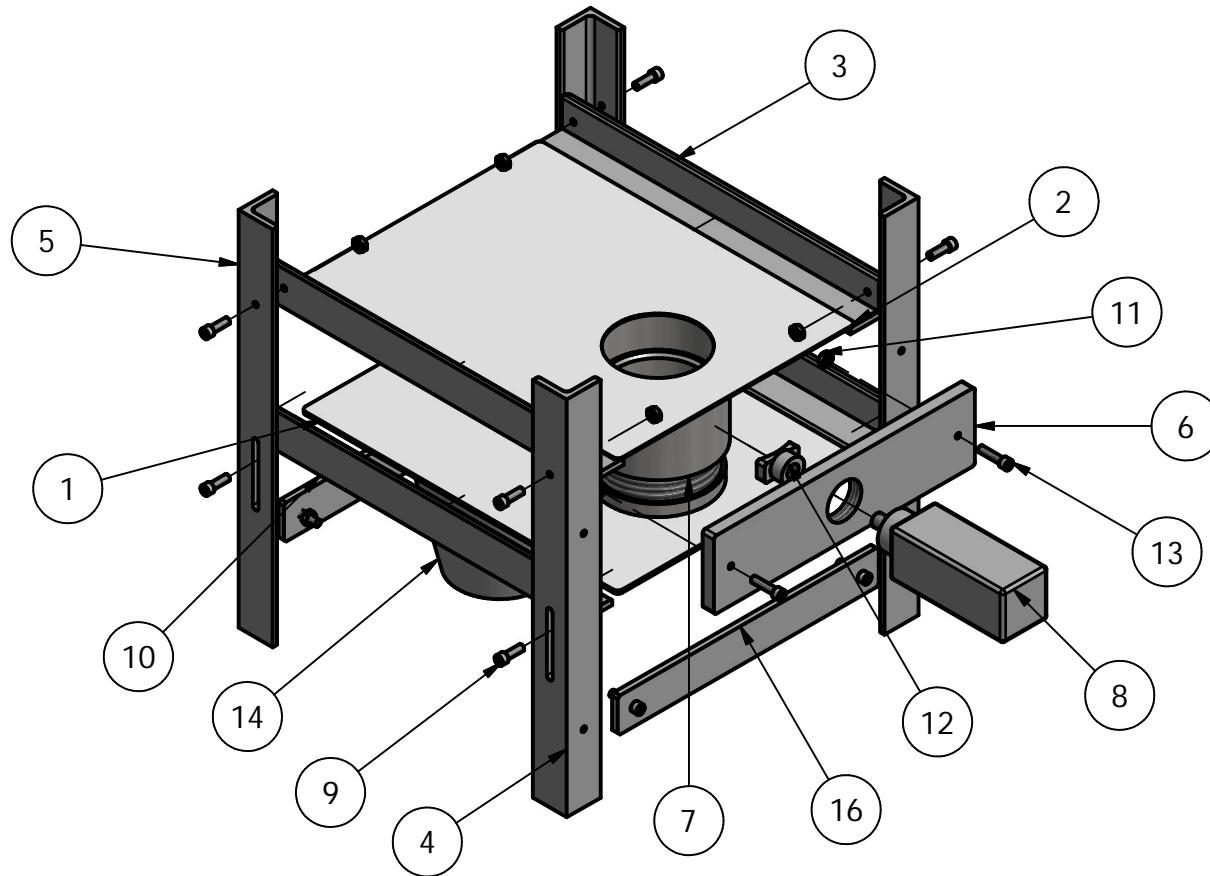
Escala: 1:2	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Platina sistema de dosificación		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Angulos: ±0.5°			Revisó: Ing. Raúl Loarca	25/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Página No. 10	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero 1018




Escala: 2:1	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Sujetador de vaso dosificador		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Angulos: ±0.5°			Revisó: Ing. Raúl Loarca	25/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Página No. 11	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero 1018



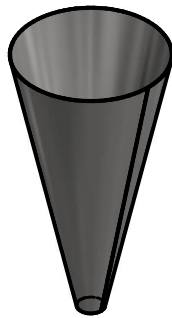
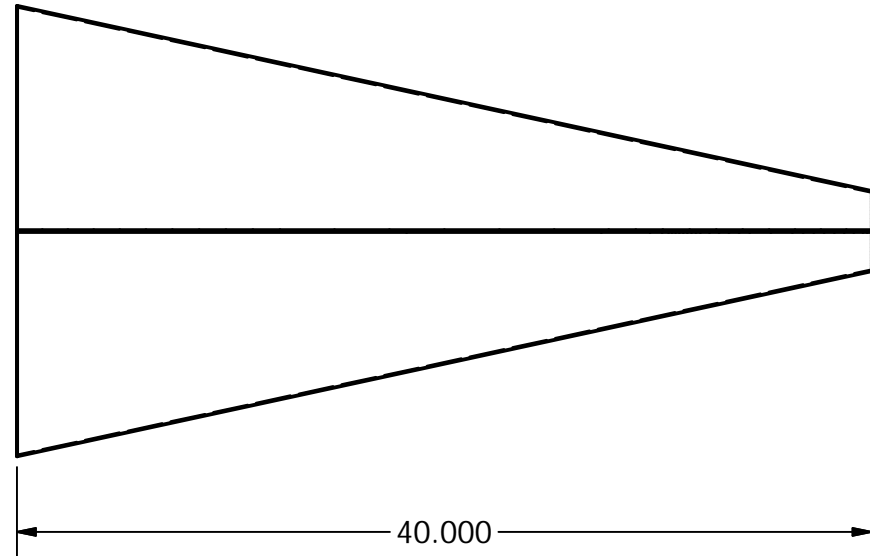
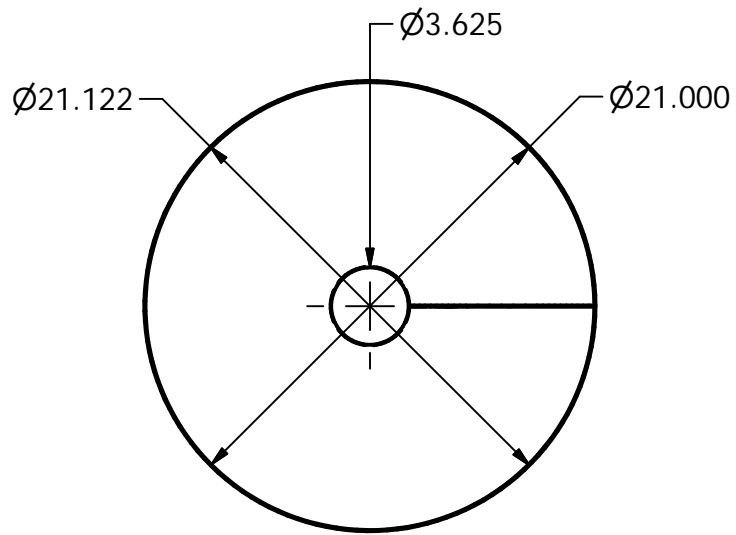
Escala: 1:2	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Platina de sujeción		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
			Revisó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Tolerancias: Angulos: $\pm 0.5^\circ$	D X.X ± 0.1 D X.XX ± 0.05 D X.XXX ± 0.01		Página No. 12	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero 1018



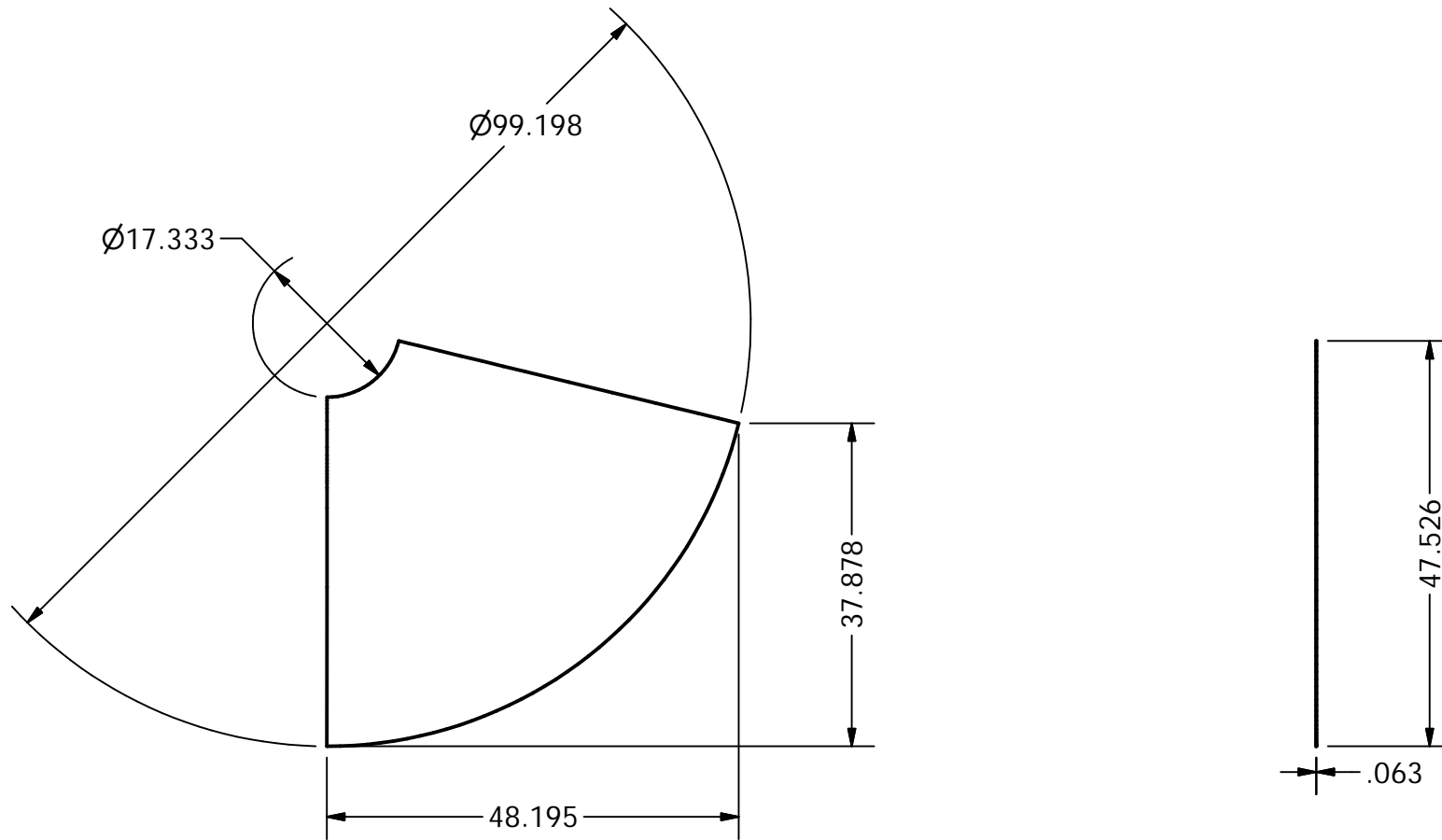
Escala: 1:9	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Ensamble sistema de dosificación	Diseño:	José Luis Machic	15/03/2015
		Dibujó:	José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Angulos: ±0.5°	Revisó:	Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
		Aprobó:	Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
		Página No. 13	Formato: A	
		Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304	

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Placa inferior	Acero inoxidable Aisi 304
2	1	Placa superior	Acero inoxidable Aisi 304
3	2	Angular para soporte de placa superior	Acero 1018
4	2	Angular con corredera	Acero 1018
5	2	Angular con corredera (b)	Acero 1018
6	1	Platina sosportadora de pistón	Acero 1018
7	1	Ensamble vaso dosificador	Acero inoxidable Aisi 304
8	1	Pistón neumático sistema de dosificación	
9	8	Tornillo allen 0.25-20 UNC	
10	2	Angular para soporte de placa inferior	Acero 1018
11	14	ASME B18.6.3 - 1/4-20	Chamfered Bottom Hex Machine Screw Nuts
12	1	Sujetador de pistón	Acero 1018
13	6	Tornillo allen 0.25-20 UNC (b)	
14	1	Tobera de descarga	Acero inoxidable Aisi 304
16	2	Platina de sujeción	Acero 1018

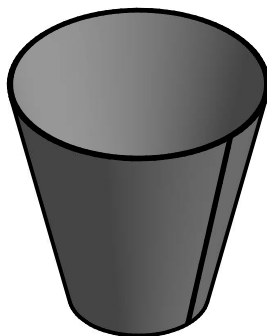
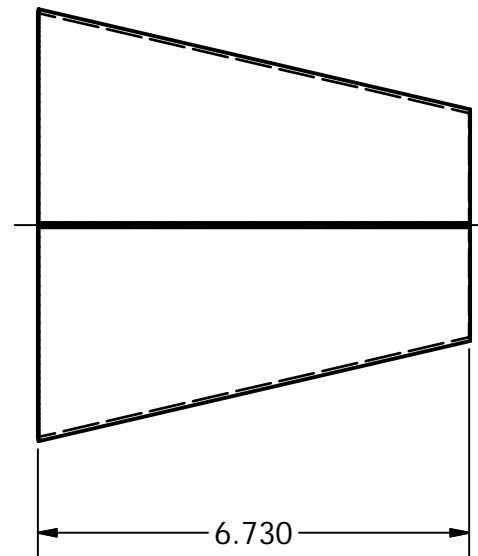
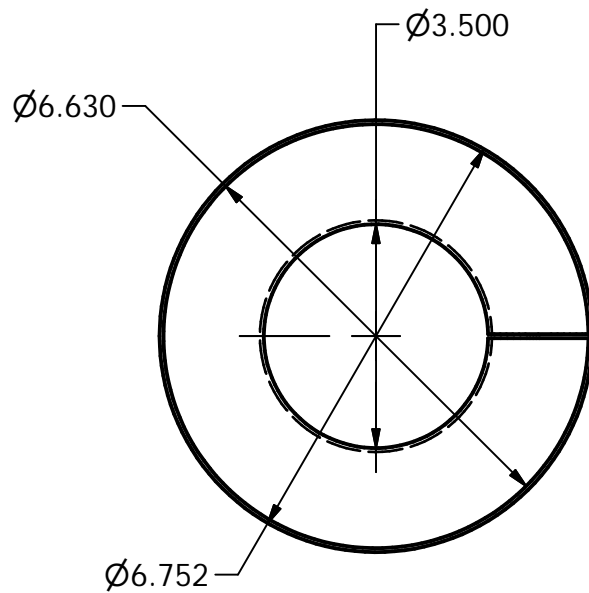
Escala: 1:1	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Lista del sistema de dosificación		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01 Angulos: ±0.5°			Revisó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
		Página No. 14		Formato: A
		Revisión No. 2		Material:



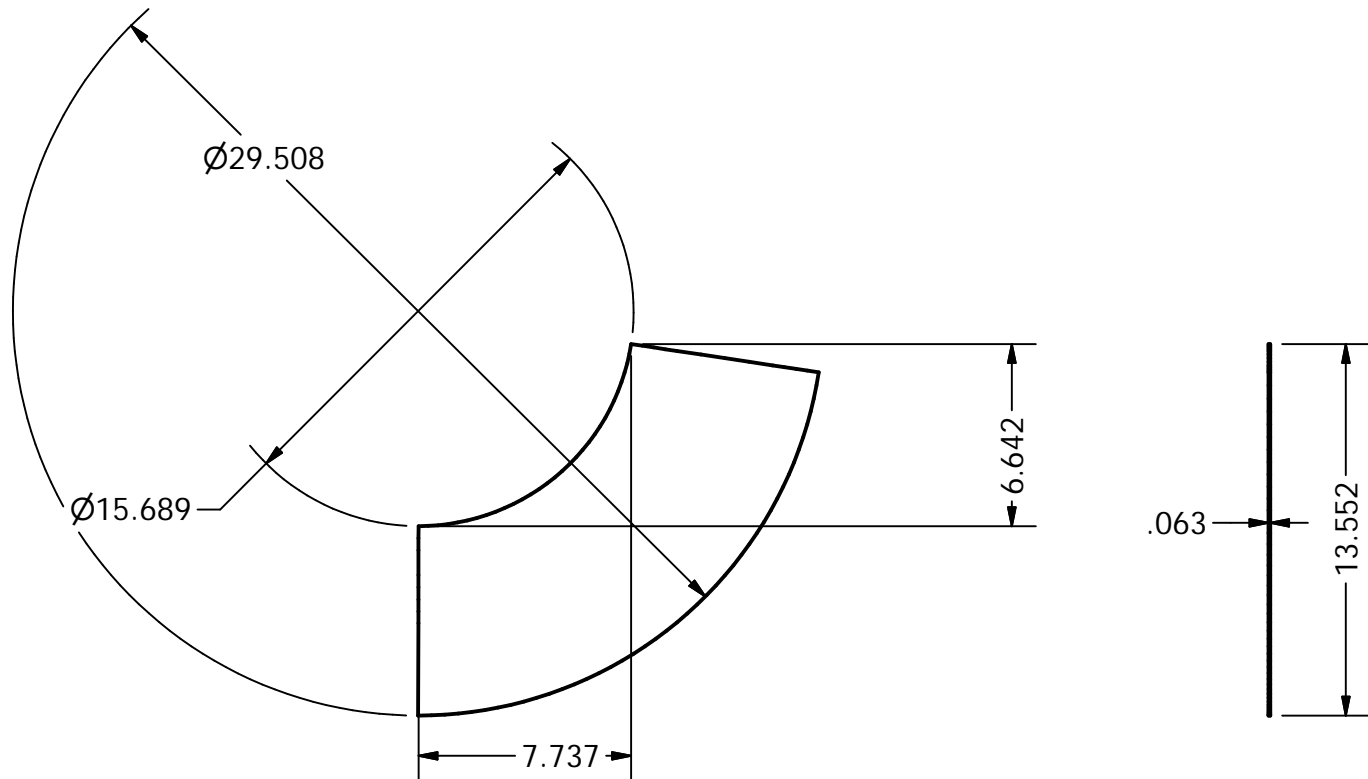
Escala: 1:9	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Tolva de almacenamiento		Diseñó: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Ángulos: ±0.5°		Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
		Página No. 15	Formato: A	
		Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304	



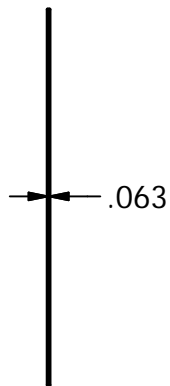
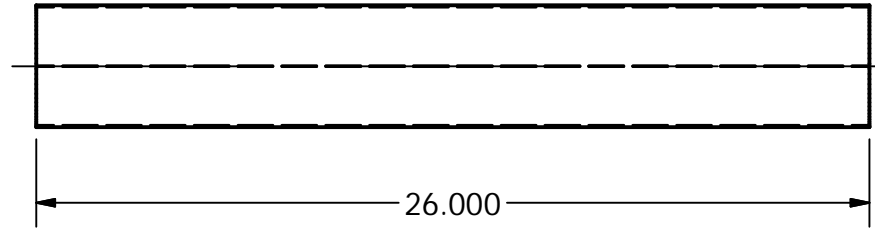
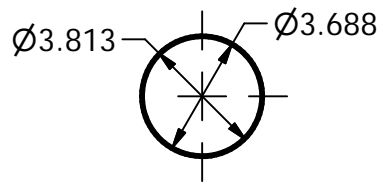
Escala: 1:21	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Desarrollo tolva de almacenamiento		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Angulos: ±0.5°			Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Página No. 16	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304



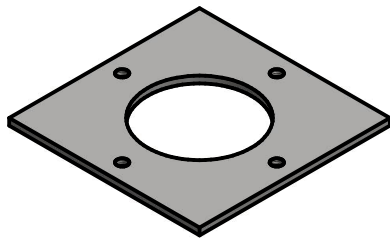
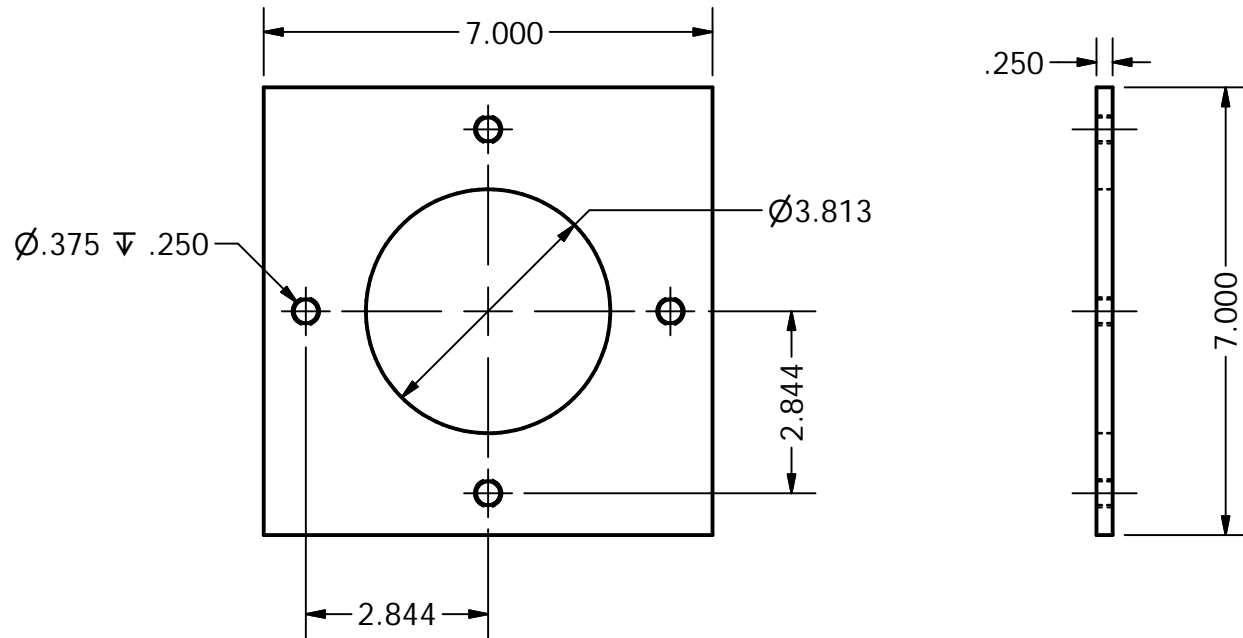
Escala: 1:3	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Tolva de alimentación		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
			Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Tolerancias: Angulos: ±0.5°	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01		Página No. 17	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304



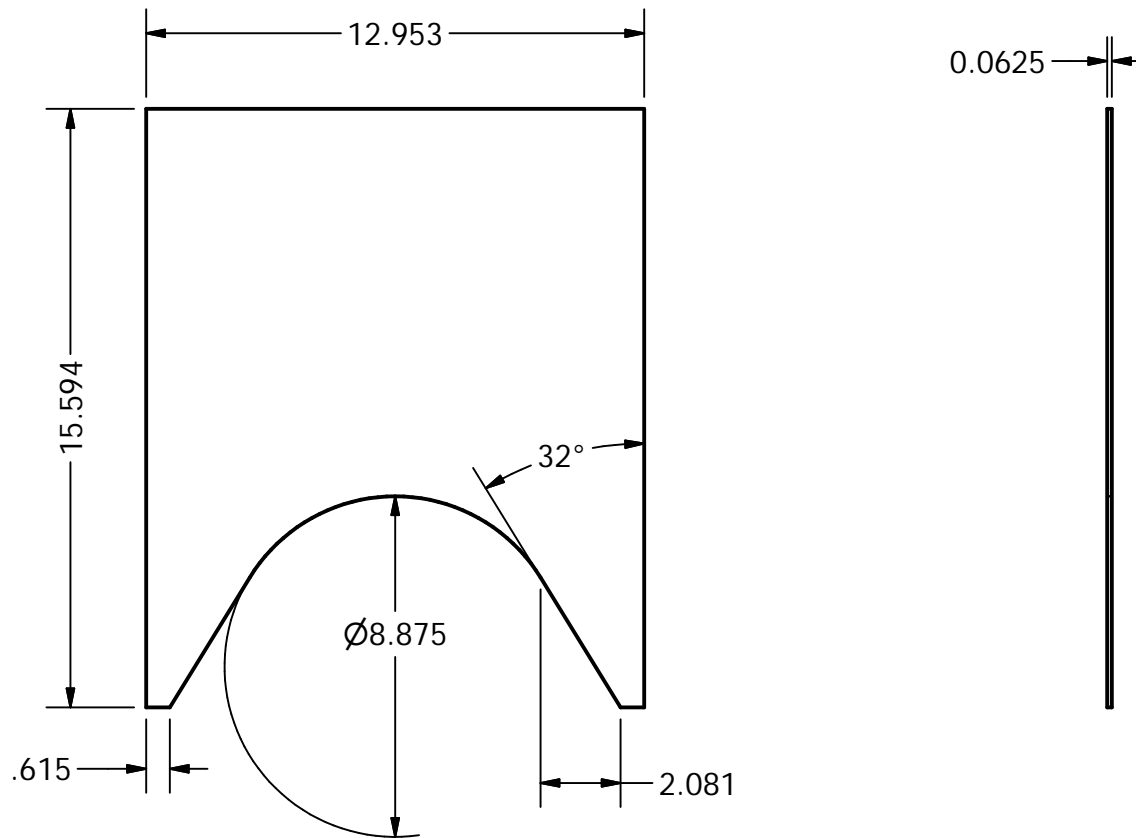
Escala: 1:7	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Desarrollo tolva de alimentación		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01			Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Angulos: ±0.5°			Página No. 18	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304



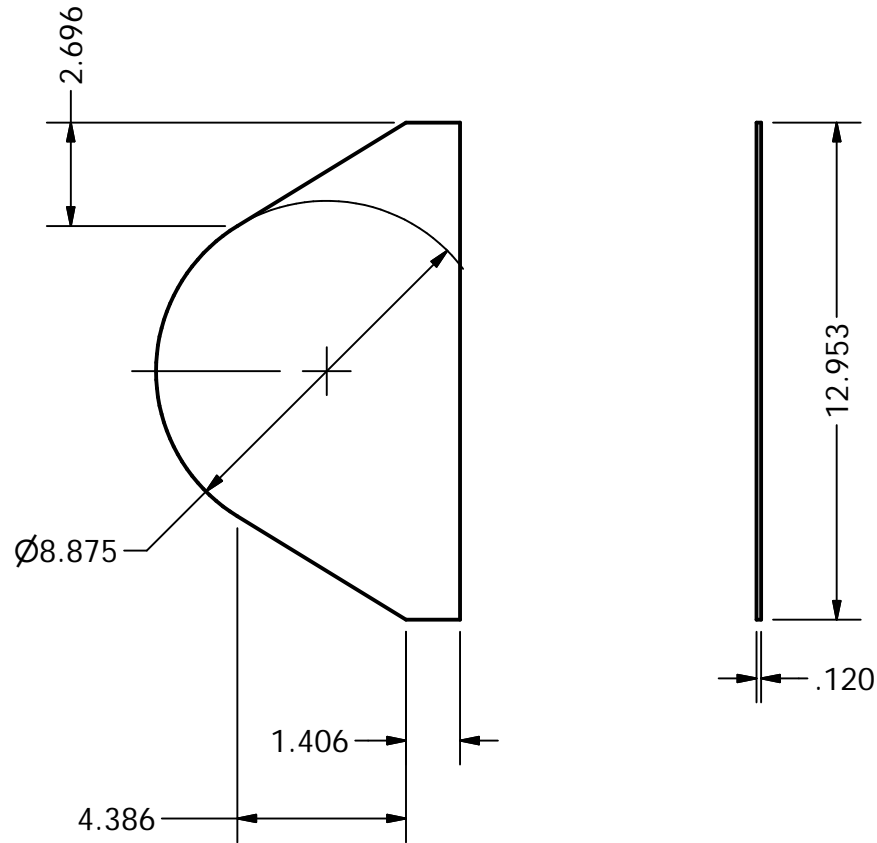
Escala: 1:6	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Tubo dosificador		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Angulos: ±0.5°			Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Página No. 19	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304



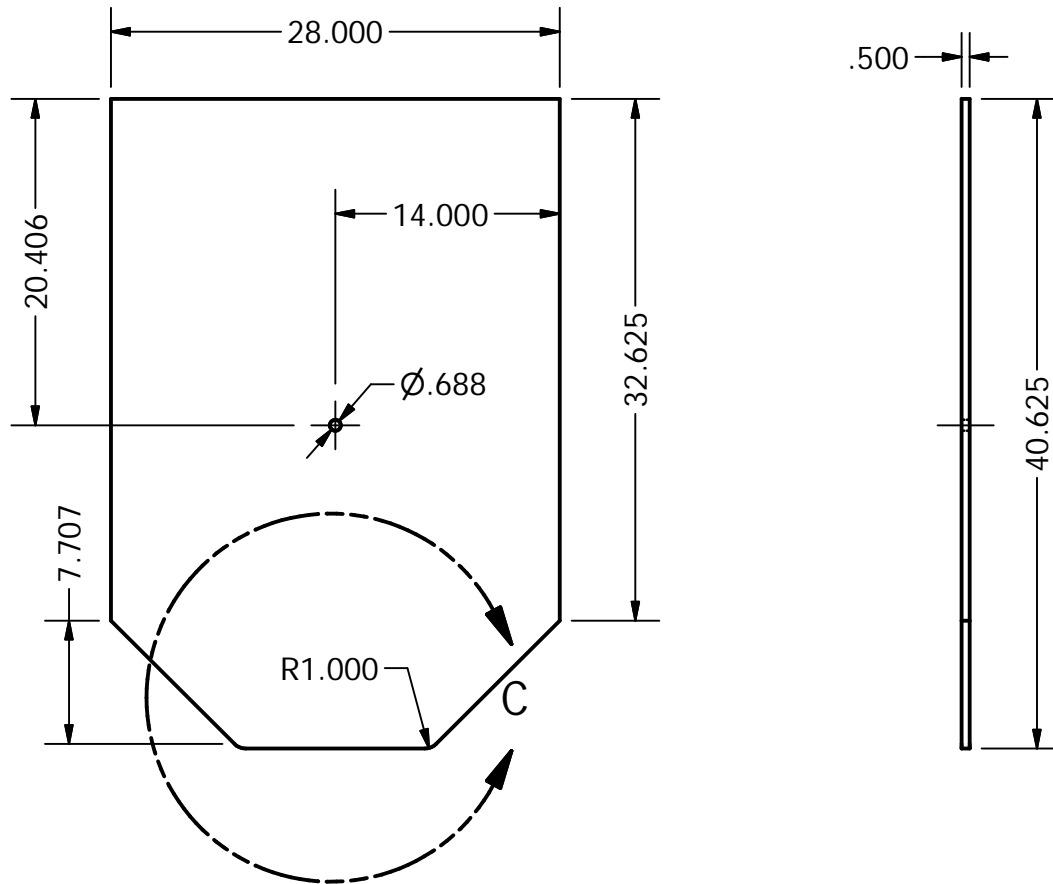
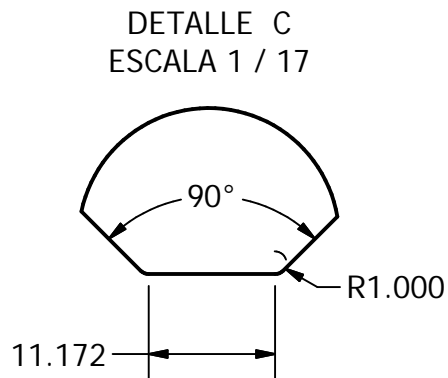
Escala: 1:2	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Flange superior		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
			Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Tolerancias: Angulos: $\pm 0.5^\circ$	D X.X ± 0.1 D X.XX ± 0.05 D X.XXX ± 0.01		Página No. 20	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304



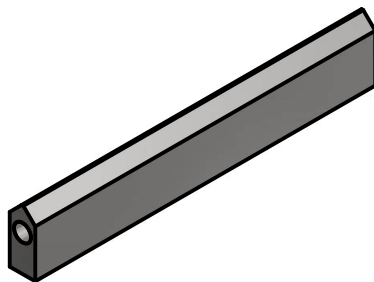
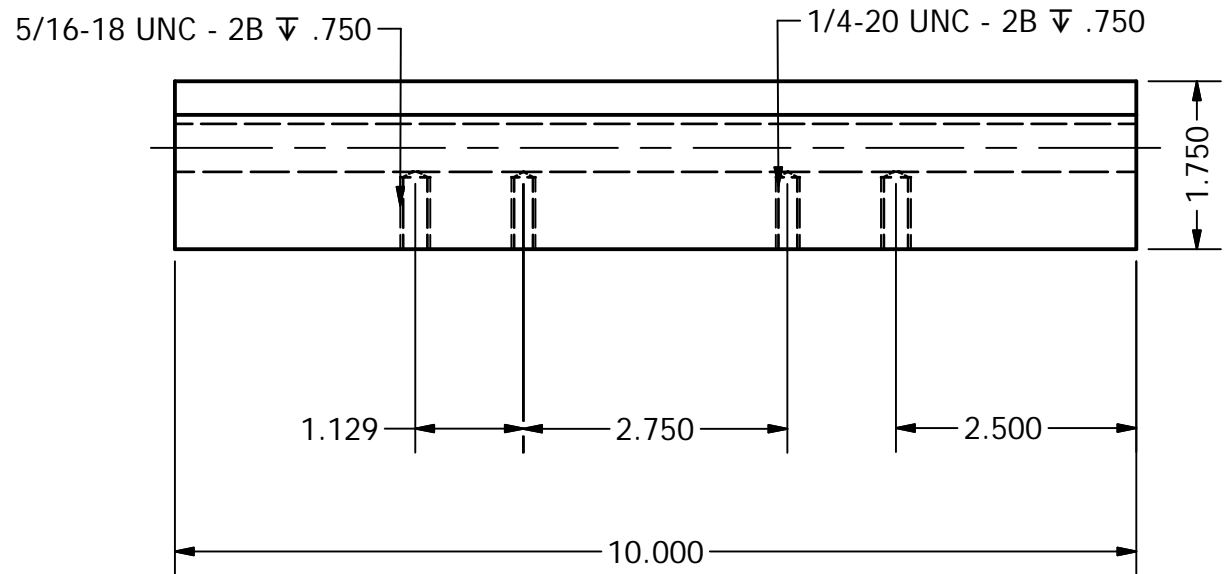
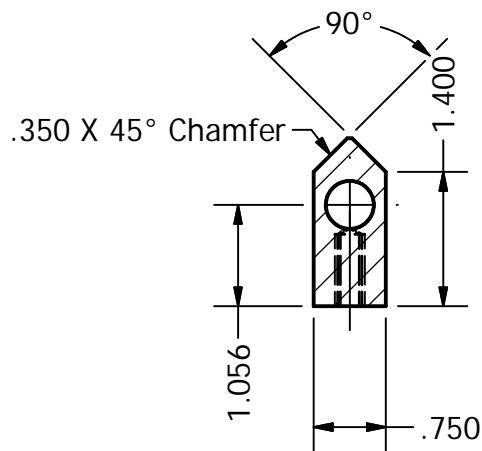
Escala: 1:5	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Plantilla del formador circular		Diseñó: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
			Revisó: Ing. Raúl Loarca	15/04/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 Angulos: ±0.5° D X.XXX ±0.01		Página No. 21	Formato: A	
		Revisión No. 3	Material: Acero inoxidable Aisi 304	



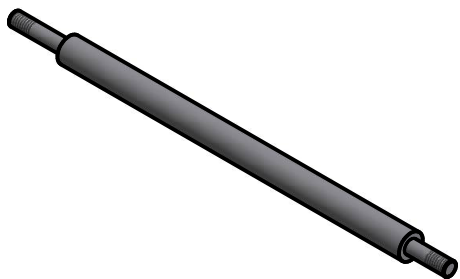
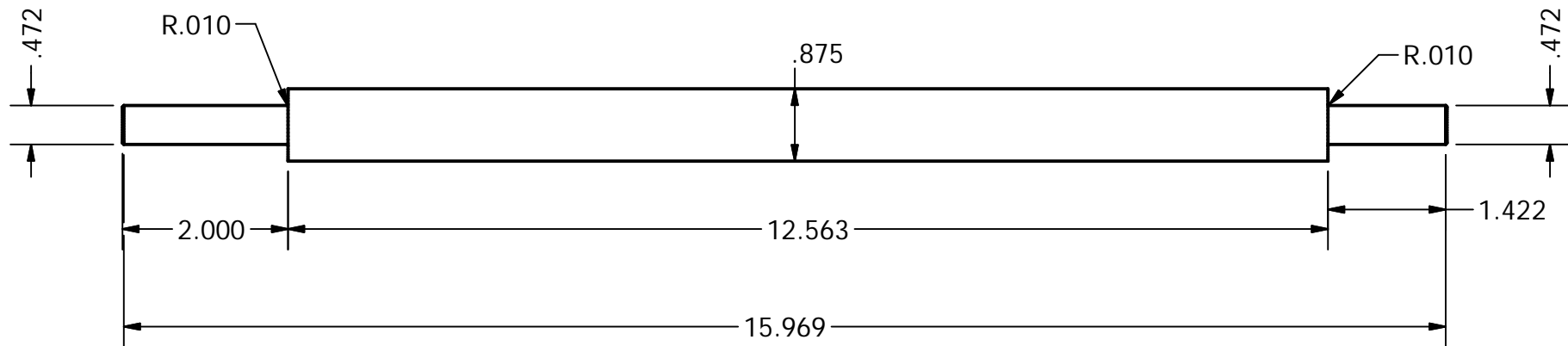
Escala: 1:5	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Cuello del formador circular		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
			Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Tolerancias: Angulos: ±0.5°	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01		Página No. 22	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero inoxidable Aisi 304



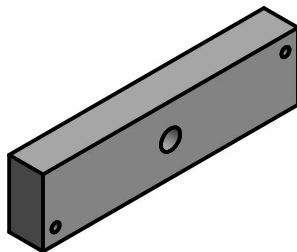
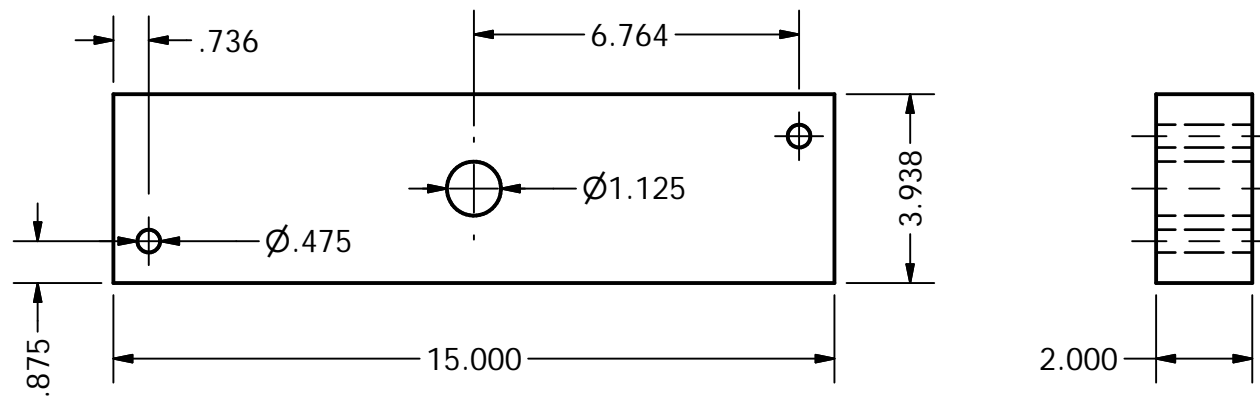
Escala: 1:12	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Planta superior formadora de bolsas		Diseñó: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Angulos: ±0.5°			Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Página No. 23	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero 1018



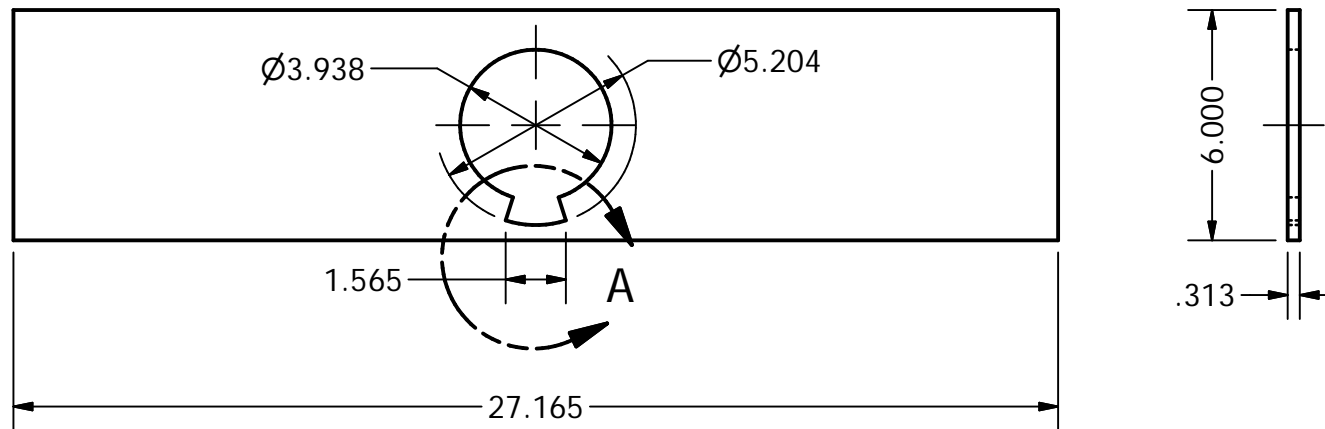
Escala: 1:2	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Cortador y sellador de bolsas		Diseñó: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01	Ángulos: ±0.5°		Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Página No. 24	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero 1018



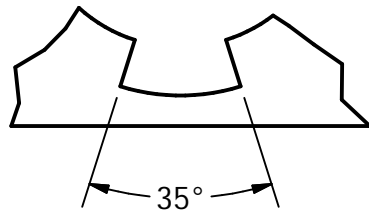
Escala: 1:2	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Eje cilíndrico		Diseño: José Luis Machic	15/03/2015
			Dibujó: José Luis Machic	15/03/2015
			Revisó: Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Tolerancias: Angulos: $\pm 0.5^\circ$	D X.X ± 0.1 D X.XX ± 0.05 D X.XXX ± 0.01		Página No. 25	Formato: A
			Revisión No. 2	Material: Acero 1018



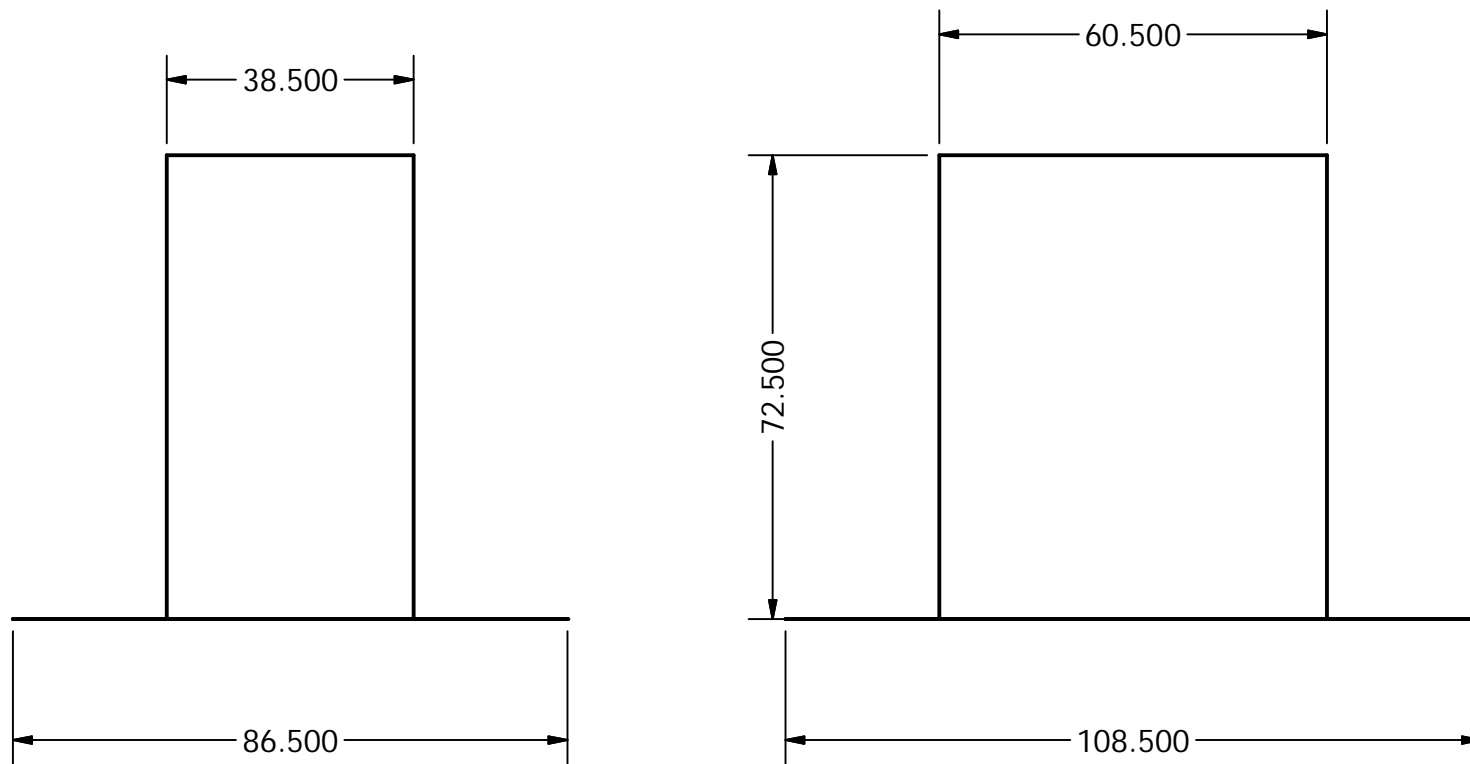
Escala: 1:4	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala			Nombre	Fecha
			Diseño:	José Luis Machic	15/03/2015
Unidades: Pulgadas	Pieza: Platina sistema de sello y corte		Dibujó:	José Luis Machic	15/03/2015
			Revisó:	Ing. Raúl Loarca	23/03/2015
			Aprobó:	Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Tolerancias: Angulos: ±0.5°	D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01		Página No. 26	Formato: A	
			Revisión No. 2	Material: Aluminio	

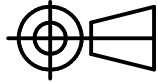


DETALLE A
ESCALA 0.40 : 1



Escala: 1:5	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala			Nombre	Fecha
			Diseño:	José Luis Machic	15/03/2015
Unidades: Pulgadas	Pieza: Platina con anillo del formador		Dibujó:	José Luis Machic	15/03/2015
			Revisó:	Ing. Raúl Loarca	15/04/2015
			Aprobó:	Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01		Página No. 27		Formato: A	
		Revisión No. 3		Material: Acero 1018	




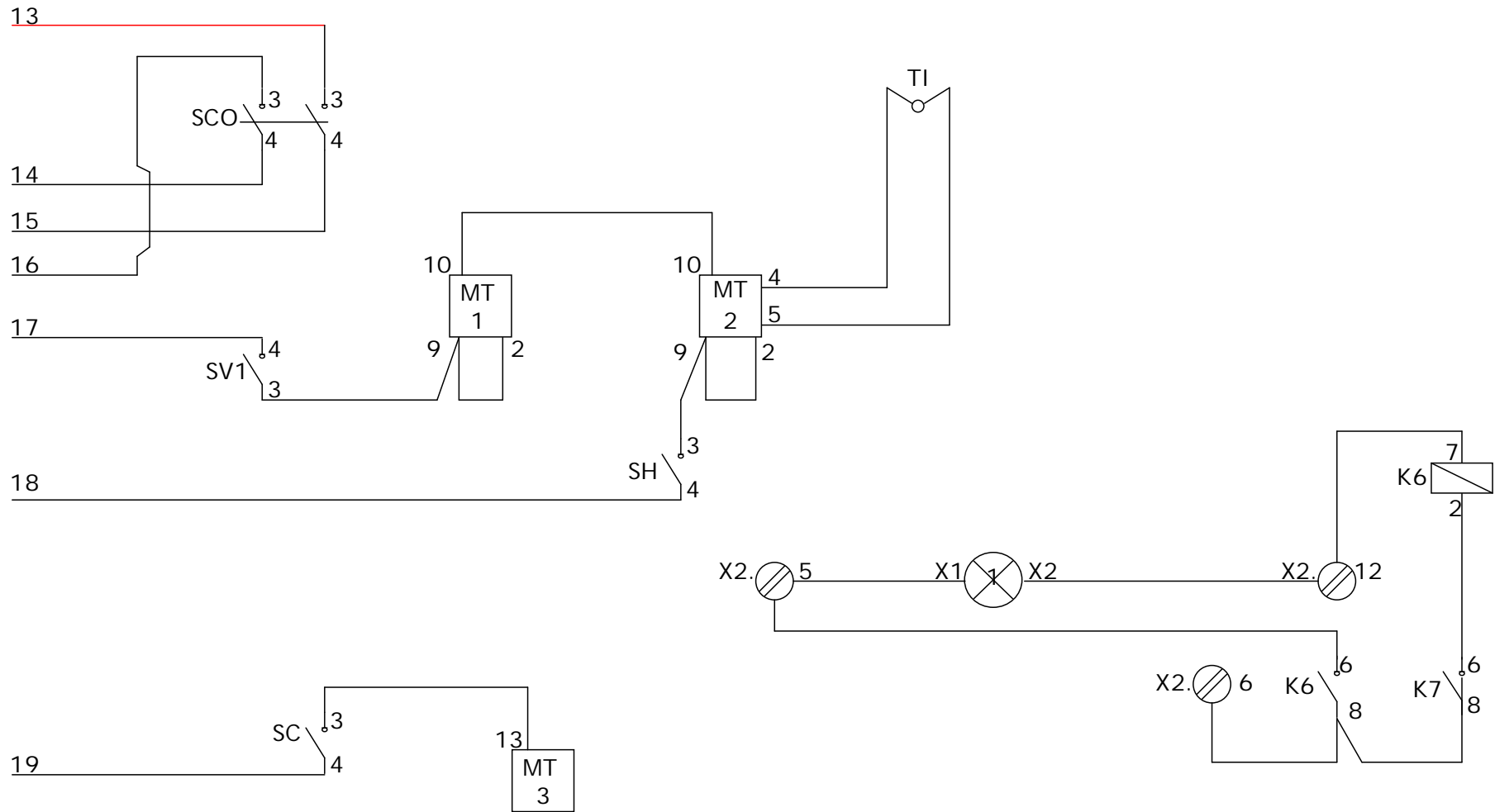
Escala: 1:30	Universidad del Valle de Guatemala 18 Avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala		Nombre	Fecha
Unidades: Pulgadas	Pieza: Dimensiones de la empacadora de granos		Diseñó: José Luis Machic	15/03/2015
Tolerancias: D X.X ±0.1 D X.XX ±0.05 D X.XXX ±0.01			Angulos: ±0.5°	Dibujó: José Luis Machic
			Revisó: Ing. Raúl Loarca	15/04/2015
			Aprobó: Ing. Raúl Loarca	20/04/2015
			Página No. 28	Formato: A
			Revisión No. 2	Material:


ANEXO V: PLANOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA
EMPACADORA DE GRANOS MARCA ASTEGUIETA, TIPO POLY
2002.

LISTADO GENERAL DE ELEMENTOS

1-CB=CONTADOR DE BOLSAS	18-SC=SELECTOR C	31-X1.=BORNA
2-FC=FOTOCELDA	19-SCO=SELECTOR CORTE	32-X2.=BORNA
3-G3NA-225B	20-SH=SELECTOR HORIZONTAL	
4-FP=FUENTE DE PODER	21-SHA=SELECTOR HALADOR	
5-K1=RELE 1	22-SM=SELECTOR MARCHA	
6-K2=RELE 2	23-SMO=SELECTOR MORDAZAS	
7-K3=RELE 3	24-STAR=PULSADOR VERDE	
8-K4=RELE 4	25-SV1=SELECTOR VERTICAL 1	
9-K5=RELE 5	26-SSR	
10-K6=RELE 6	27-SV2=SELECTOR VERTICAL2	
11-K7=RELE 7	28-TR-A2540	
12-MT1=MEDIDOR DE TEMPERATURA 1	29-TI=TERMOCOPLA INFERIOR	
13-MT2=MEDIDOR DE TEMPERATURA 2	30-TS=TERMOCOPLA SUPERIOR	
14-MT3=MEDIDOR DE TEMPERATURA 3		
15-P=PEDAL		
16-PE=PARO DE EMERGENCIA		
17-POSICIONADOR DE LEVAS		

Dep. responsable Ing. Mecánica	Referencia técnica Asteguieta	Creado por Luis Guzmán	Aprobado por Luis Guzmán		
		Tipo de documento Plano de control	Estado del documento Aprobado	Rev. 1	
		Título, título suplementario Empacadora de granos			
			Fecha de edición 03/05/2015	Idioma	Hoja 1



Dep. responsable Ing. Mecánica	Referencia técnica Asteguieta	Creado por Luis Guzmán	Aprobado por Luis Guzmán		
		Tipo de documento Plano de control	Estado del documento Aprobado	Rev. 1	
		Título, título suplementario Empacadora de granos			
		Fecha de edición 03/05/2015	Idioma	Hoja 4	

ANEXO VI: TABLAS PARA EL CÁLCULO DE ÁREA DE TRACCIÓN Y DIÁMETRO MENOR EN UNA ROSCA.

Tabla utilizada para determinar el esfuerzo de tensión en una rosca

TABLA 18-4 Dimensiones de roscas estándar americanas

A. Tamaños numerados					
Tamaño	Diámetro mayor básico (pulg)	Roscas gruesas: UNC		Roscas finas: UNF	
		Roscas por pulg	Área de esfuerzo de tensión (pulg ²)	Roscas por pulg	Área de esfuerzo de tensión (pulg ²)
0	0.0600			80	0.001 80
1	0.0730	64	0.00263	72	0.002 78
2	0.0860	56	0.00370	64	0.003 94
3	0.0990	48	0.00487	56	0.005 23
4	0.1120	40	0.00604	48	0.006 61
5	0.1250	40	0.00796	44	0.008 30
6	0.1380	32	0.00909	40	0.010 15
8	0.1640	32	0.0140	36	0.014 74
10	0.1900	24	0.0175	32	0.0200
12	0.2160	24	0.0242	28	0.0258
B. Tamaños fraccionarios					
1/4	0.2500	20	0.0318	28	0.0364
5/16	0.3125	18	0.0524	24	0.0580
3/8	0.3750	16	0.0775	24	0.0878
7/16	0.4375	14	0.1063	20	0.1187
1/2	0.5000	13	0.1419	20	0.1599
9/16	0.5625	12	0.182	18	0.203
5/8	0.6250	11	0.226	18	0.256
3/4	0.7500	10	0.334	16	0.373
7/8	0.8750	9	0.462	14	0.509
1	1.000	8	0.606	12	0.663
1 1/8	1.125	7	0.763	12	0.856
1 1/4	1.250	7	0.969	12	1.073
1 3/8	1.375	6	1.155	12	1.315
1 1/2	1.500	6	1.405	12	1.581
1 3/4	1.750	5	1.90		
2	2.000	4 1/2	2.50		

(Mott, 2006).

Tabla utilizada para determinar el diámetro menor d_r de una rosca

Tamaño	Diámetro mayor (nominal) d (in)	ROSCA BASTA (UNC)			ROSCA FINA (UNF)			Ancho aproximado entre caras A_r (in)	
		Número de hilos por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo a tracción A_t (in ²)	Número de hilos por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo a tracción A_t (in ²)		
								Cabeza	Tuerca
0	0.0600	-	-	-	80	0.0438	0.0018		
1	0.0730	64	0.0527	0.0026	72	0.0550	0.0028		
2	0.0860	56	0.0628	0.0037	64	0.0657	0.0039		
3	0.0990	48	0.0719	0.0049	56	0.0758	0.0052		
4	0.1120	40	0.0795	0.0060	48	0.0849	0.0066		
5	0.1250	40	0.0925	0.0080	44	0.0955	0.0083		
6	0.1380	32	0.0974	0.0091	40	0.1055	0.0101		
8	0.1640	32	0.1234	0.0140	36	0.1279	0.0147		
10	0.1900	24	0.1359	0.0175	32	0.1494	0.0200		
12	0.2160	24	0.1619	0.0242	28	0.1696	0.0258		
¼	0.2500	20	0.1850	0.0318	28	0.2036	0.0364	7/16	7/16
5/16	0.3125	18	0.2403	0.0524	24	0.2584	0.0581	½	½
3/8	0.3750	16	0.2938	0.0775	24	0.3209	0.0878	9/16	9/16
7/16	0.4375	14	0.3447	0.1063	20	0.3725	0.1187	5/8	11/16
½	0.5000	13	0.4001	0.1419	20	0.4350	0.1600	¾	¾
9/16	0.5625	12	0.4542	0.1819	18	0.4903	0.2030	13/16	7/8
5/8	0.6250	11	0.5069	0.2260	18	0.5528	0.2560	15/16	15/16
¾	0.7500	10	0.6201	0.3345	16	0.6688	0.3730	1 1/8	1 1/8
7/8	0.8750	9	0.7307	0.4617	14	0.7822	0.5095	1 5/16	1 5/16
1	1.0000	8	0.8376	0.6057	12	0.8917	0.6630	1 ½	1 ½
1 1/8	1.1250	7	0.9394	0.7633	12	1.0167	0.8557	1 11/16	1 11/16
1 ¼	1.2500	7	1.0644	0.9691	12	1.1417	1.0729	1 7/8	1 7/8
1 3/8	1.3750	6	1.1585	1.1549	12	1.2667	1.3147	2 1/16	2 1/16
1 ½	1.5000	6	1.2835	1.4053	12	1.3917	1.5810	2 ¼	2 ¼
1 ¾	1.7500	5	1.4902	1.8995				2 5/8	2 5/8
2	2.0000	4.5	1.7113	2.4982				3	3
2 ¼	2.2500	4.5	1.9613	3.2477				3 3/8	3 3/8
2 ½	2.5000	4	2.1752	3.9988				3 ¾	3 ¾
2 ¾	2.7500	4	2.4252	4.9340				4 1/8	4 1/8
3	3.0000	4	2.6752	5.9674				4 ½	4 ½
3 ¼	3.2500	4	2.9252	7.0989				4 7/8	
3 ½	3.5000	4	3.1752	8.3286				5 ¼	
3 ¾	3.7500	4	3.4252	9.6565				5 5/8	
4	4.0000	4	3.6752	11.083				6	

(Mott, 2006).

ANEXO VII: TABLAS PARA EL CÁLCULO DE FACTORES DE
DISEÑO

Tabla utilizada para el determinar C_m y C_{st}

3. Emplee la figura 5-8 para estimar la resistencia a la fatiga modificada s_n .
4. Aplique un factor de material C_m de la siguiente lista.

Acero forjado:	$C_m = 1.00$	Hierro colado maleable:	$C_m = 0.80$
Acero colado:	$C_m = 0.80$	Hierro colado gris:	$C_m = 0.70$
Acero pulverizado:	$C_m = 0.76$	Hierro colado dúctil:	$C_m = 0.66$
5. Aplique un factor de tipo de esfuerzo: $C_{st} = 1.0$ para el esfuerzo flexionante, $C_{st} = 0.80$ para la tensión axial.

(Mott, 2006).

Gráfica utilizada para determinar S_n

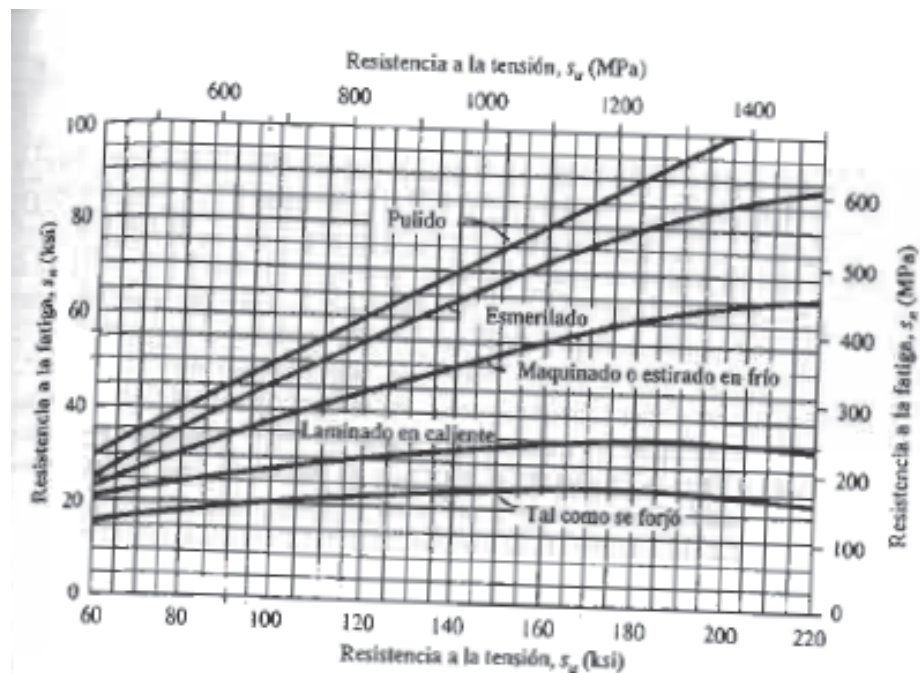


FIGURA 5-8 Resistencia a la fatiga s_n en función de la resistencia a la tensión, para acero forjado con varias condiciones de superficie

(Mott, 2006).

Tabla utilizada para determinar C_r

TABLA 5-1
Factores de confiabilidad
aproximados C_R

Confiabilidad deseada C_R	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

(Mott, 2006).

Gráfica y tabla para determinar C_S

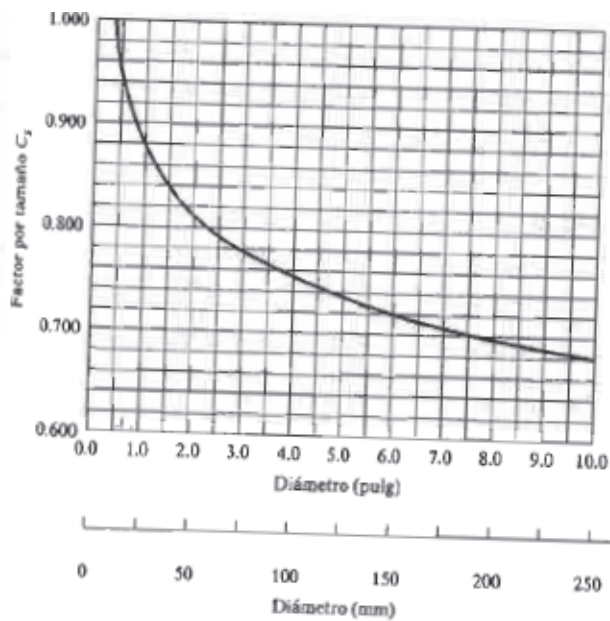


FIGURA 5-9 Factor por tamaño

(Mott, 2006)

TABLA 5-2 Factores de tamaño

Unidades del Sistema Estadounidense Tradicional	
Rango de tamaño	Para D en pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_S = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_S = (D/0.3)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_S = 0.859 - 0.02125D$
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para D en mm
$D \leq 7.62$	$C_S = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_S = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_S = 0.859 - 0.000837D$

XII. GLOSARIO

- CONRED: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.
- COGUANOR: Comisión Guatemalteca de Normas.
- Válvula de bolas: válvula de paso integrada por una esfera con un agujero en la parte interior.
- Temporización: es una cantidad de tiempo determinado para la realización de una acción.
- Corbatín: pieza metálica encargada de guiar la película de polietileno hacia las solapas de traslape.
- Solapas de traslape: piezas metálicas encargadas de realizar el traslape de la bolsa.
- Corbata: pieza metálica encargada de guiar el flujo de las bolsas hacia el sistema de corte y sello.
- Tolva pulmón: cumple la función guiar el material a granel hacia el tubo de dosificación.
- Corredera: ranura para ajuste variable de x elemento en la máquina
- Plomada: es una pesa que se encuentra sujeta en mediante un hilo o cuerda de la cual pende para marcar una línea vertical.
- Termocupla: es un dispositivo que convierte una magnitud física (temperatura) en una señal eléctrica.