

# PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA EMPACADORA DE GALLETAS

FABIAN MAURICIO MALDONADO CAMACHO



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2011

**PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA EMPACADORA DE GALLETAS**

**FABIAN MAURICIO MALDONADO CAMACHO**

**Trabajo de grado para optar el título de  
INGENIERO MECÁNICO**

**Director  
MIGUEL ÁNGEL REYES O.  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2011**

Nota de aceptación:

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

-----  
Firma del Presidente del jurado

-----  
Firma del jurado

-----  
Firma del jurado

Bucaramanga, 7 de Junio de 2011

## DEDICATORIA

*A Dios por ser mi guía incondicional y darme las innumerables oportunidades para poder ser una persona integral y de bien.*

*A mis padres, Luis Alejandro Maldonado y Melida Camacho, por ser el pilar más grande de mi vida, por su apoyo incondicional, por hacer de mí una persona educada y honesta, por brindarme su grandioso amor y por confiar inmensamente en mí.*

## AGRADECIMIENTOS

*Al ingeniero Miguel Ángel Reyes O. por ser el director del proyecto, por su constante apoyo en el desarrollo y culminación del mismo. Por compartir sus conocimientos y experiencias laborales y por brindarme su amistad.*

*Al profesor Juan Manuel Arguello, por su ayuda en el desarrollo del proyecto, por su disponibilidad ante cualquier inquietud.*

*Al profesor Edwin Córdoba Tuta, por sus consejos y ayuda constante en el desarrollo del proyecto.*

*A la ingeniera Leidy Olarte, por su colaboración continúa durante el desarrollo y culminación del proyecto, por su asesoría en el laboratorio de automatización.*

*A Ludwing Casas, por su ayuda indispensable en la fabricación del prototipo de máquina empacadora de galletas.*

*A todos los profesores de la facultad de Ingeniería Mecánica, los cuales nos dan su apoyo y no transmiten sus conocimientos de una manera especial.*

*A Mateo Bustos, estudiante de Ingeniería Electrónica, por hacer parte del proyecto y por su ayuda indispensable en la culminación exitosa del proyecto interdisciplinar.*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>17</b>
<b>1. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>18</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>19</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL . . . . .	19
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS . . . . .	19
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>21</b>
3.1. TECNOLOGÍA NEUMÁTICA . . . . .	21
3.1.1. Actuadores neumáticos . . . . .	21
3.1.2. Válvulas de control direccional . . . . .	23
3.1.3. Válvulas reguladoras de caudal . . . . .	24
3.1.4. Válvulas reguladoras de presión . . . . .	24
3.2. AUTOMATIZACIÓN MEDIANTE CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC) . . . . .	25
3.2.1. Controladores lógicos programables (PLC) . . . . .	25
3.2.2. Instrumentación electrónica . . . . .	26
3.2.3. Software de programación, Simatic Step 7 . . . . .	28
3.2.4. Interfaz de usuario (HMI) . . . . .	28
3.3. EMPACADO EN LA INDUSTRIA . . . . .	29
3.3.1. Empacado o embalaje . . . . .	30
3.3.2. Máquinas empacadoras . . . . .	31
3.3.3. Sistemas de sellado para empacado industrial . . . . .	34

3.4.	DISEÑO MECÁNICO . . . . .	35
3.4.1.	Diseño como tarea multidisciplinaria . . . . .	35
3.4.2.	Diseño de elementos de máquinas . . . . .	36
3.4.3.	Seguridad en el diseño mecánico, factor de seguridad $n_s$ . . . . .	37
3.4.4.	Manufactura . . . . .	37
3.4.5.	Sistemas de transmisión de potencia . . . . .	38
3.4.6.	Bandas transportadoras . . . . .	40
3.5.	DISEÑO Y SIMULACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADOR (CAD-CAE) .	41
3.5.1.	Diseño asistido por computador (CAD) . . . . .	41
3.5.2.	Simulación asistida por computador (CAE) . . . . .	42

#### 4. METODOLOGÍA Y PROCESO DE DISEÑO

		43
4.1.	DOCUMENTACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROTOTIPO 1 . . . . .	43
4.1.1.	Descripción de fallas en el prototipo 1 . . . . .	44
4.1.2.	Deficiencias del prototipo 1 . . . . .	45
4.2.	ESPECIFICACIONES DEL PROTOTIPO 2 . . . . .	46
4.3.	DISEÑO CONCEPTUAL . . . . .	47
4.4.	DISEÑO GENERAL DEL PROTOTIPO 2 DE MAQUINA EMPACADORA	48
4.4.1.	Diseño estático de la estructura . . . . .	48
4.4.2.	Selección de materiales del prototipo 2 . . . . .	51
4.4.3.	Diseño de las bandas transportadoras . . . . .	52
4.4.4.	Diseño del sistema neumático . . . . .	55
4.4.5.	Diseño básico del sistema de sellado y corte del plástico . . . . .	58
4.4.6.	Diseño virtual del prototipo basado en software CAD . . . . .	59
4.5.	ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA POR MEDIO DE SOFTWARE CAE . . . . .	60
4.6.	CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DEL PROTOTIPO 2 . . . . .	62

4.6.1. Procesos de fabricación empleados . . . . .	63
4.6.2. Sistemas de unión no permanente de elementos . . . . .	65
4.6.3. Cableado del sistema electrónico . . . . .	65
4.7. AUTOMATIZACIÓN DEL PROTOTIPO 2 . . . . .	67
4.7.1. Instrumentación electrónica en el prototipo 2 . . . . .	67
4.7.2. Inventario de señales . . . . .	68
4.7.3. Proceso de automatización . . . . .	70
4.7.4. Interfaz de usuario (HMI) . . . . .	73
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>74</b>
5.1. PROTOTIPO MAQUINA EMPACADORA DE GALLETAS . . . . .	74
5.2. LÓGICA DE PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO 2 . . . . .	75
5.3. INTERFAZ DE USUARIO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL PROTOTI- PO DE MAQUINA EMPACADORA DE GALLETAS . . . . .	77
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>80</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>82</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>87</b>
Anexo A, Instrumentación neumática . . . . .	88
Anexo B, Planos del prototipo 2 . . . . .	101
Anexo C, Reporte de resultados del análisis estructural estático del prototipo 2 .	159
Anexo D, Instrumentación electrónica . . . . .	189



## LISTA DE FIGURAS

1.	Cilindro neumático simple efecto, normalmente adentro [14] . . . . .	22
2.	Cilindro neumático doble efecto [14] . . . . .	23
3.	Electroválvula neumática, AIRTAC. [17] . . . . .	23
4.	Reguladora de caudal unidireccional [18] . . . . .	24
5.	Reguladora de presión, FESTO [19] . . . . .	24
6.	PLC, Siemens SIMATIC [21] . . . . .	26
7.	Sensor capacitivo [22] . . . . .	27
8.	Sensor magnético de posición para cilindros neumáticos [24] . . . . .	27
9.	Interfaz de usuario, pantalla Simatic [30] . . . . .	29
10.	Máquina empacadora vertical para productos impalpables [8] . . . . .	32
11.	Máquina empacadora vertical para productos líquidos [9] . . . . .	32
12.	Máquina empacadora vertical para productos sólidos [3] . . . . .	32
13.	Maquina empacadora horizontal o maquina Flow Pack [7] . . . . .	33
14.	Enfoque de ingeniería concurrente. Adaptado del libro de Hamrock [12] . .	36
15.	Motor-reductor sin fin corona. [25] . . . . .	39
16.	Banda transportadora. [28] . . . . .	40
17.	Análisis realizado por medio de Software CAE, ANSYS [33] . . . . .	42
18.	Proceso de diseño concurrente, adaptado del libro de Hamrock [12] . . . .	43
19.	Identificación de fallas del prototipo 1. Fuente autor . . . . .	45
20.	Esquema de diseño. Fuente autor . . . . .	47
21.	Sistema de cuello formador y tubo empacador. Fuente autor . . . . .	48
22.	Alternativas de diseño de la estructura. Fuente autor . . . . .	49
23.	Análisis de optimizacion de forma Fuente autor . . . . .	49
24.	Cargas y sección A-A, de la estructura. Fuente autor . . . . .	50
25.	Banda transportadora 1. Fuente autor . . . . .	52

26.	Acondicionamiento del motor-reductor. Fuente autor . . . . .	53
27.	Banda transportadora 2. Fuente autor . . . . .	54
28.	Motor-reductor de la banda 2. Fuente autor . . . . .	55
29.	Plano neumático del prototipo 2. Fuente autor . . . . .	56
30.	Elementos neumáticos. Fuente autor . . . . .	58
31.	Resistencias eléctricas. Fuente autor . . . . .	59
32.	Diseño virtual del prototipo 2. Fuente autor . . . . .	60
33.	Distribución de cargas . . . . .	61
34.	Análisis de esfuerzo equivalente (von-Mises). Fuente autor . . . . .	61
35.	Análisis de deformación total. Fuente autor . . . . .	62
36.	Diferentes piezas soldadas en el prototipo 2. Fuente autor . . . . .	63
37.	Algunas piezas mecanizadas presentes en el prototipo 2. Fuente autor . . . . .	64
38.	Algunas laminas dobladas presentes en el prototipo 2. Fuente autor . . . . .	64
39.	Proceso de pintura del prototipo 2. Fuente autor . . . . .	65
40.	Sistemas de unión no permanente empleados en el prototipo 2. Fuente autor . . . . .	65
41.	Canaleta implementada en el prototipo 2. Fuente autor . . . . .	66
42.	Tubería flexi conduit implementada en el prototipo 2. Fuente autor . . . . .	66
43.	Instrumentación electrónica. Fuente autor . . . . .	68
44.	Circuito de ajuste de la señal. Fuente autor . . . . .	68
45.	Gabinete de paso del prototipo 2. Fuente autor . . . . .	70
46.	Gabinete de control central. Fuente autor . . . . .	71
47.	Diagrama de flujo. Fuente autor . . . . .	72
48.	Interfaz de usuario (HMI), visualizada desde la pantalla táctil Siemens. Fuente autor . . . . .	73
49.	Prototipo de máquina empacadora de galletas. Fuente autor . . . . .	74
50.	Bloques de programación. Fuente autor . . . . .	76
51.	Paquetes de galletas producidos por el prototipo 2. Fuente autor . . . . .	76

52.	Verificación de elementos en la HMI. Fuente autor . . . . .	78
53.	Condiciones iniciales en la HMI. Fuente autor . . . . .	79
54.	Producción de empaçado de galletas en la HMI. Fuente autor . . . . .	79

## LISTA DE TABLAS

1.	Identificación de fallas del prototipo 1. Fuente autor . . . . .	44
2.	Nomenclatura del sistema neumático. Fuente autor . . . . .	57
3.	Elementos neumáticos del prototipo 2. Fuente autor . . . . .	58
4.	Instrumentación electrónica del prototipo 2. Fuente autor . . . . .	67
5.	Entradas digitales del prototipo 2. Fuente autor . . . . .	69
6.	Salidas digitales del prototipo 2. Fuente autor . . . . .	69
7.	Manual de funcionamiento de la maquina. Fuente autor . . . . .	75
8.	Pruebas realizadas al prototipo 2. Fuente autor . . . . .	77

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Instrumentación neumática .....	84
Anexo B. Planos del Prototipo de maquina empacadora de galletas.....	97
Anexo C. Reporte de resultados del análisis estructural estático .....	155
Anexo D. Instrumentación electrónica .....	184

## GLOSARIO

**PLC:** controlador lógico programable (Programmable Logic Controller)

**HMI:** interfaz de usuario hombre-maquina (Human Machine Interfaz)

**CAD:** diseño asistido por computador (Computer Aided Design)

**CAE:** ingeniería asistida por computador (Computer Aided Engineering)

**PAC:** controlador de automatización programable (Programmable Automation Controller)

**DFM:** diseño para manufactura (Design For Manufacturing)

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** Prototipo de una maquina empacadora de galletas

**AUTOR:** Fabian Mauricio Maldonado Camacho

**FACULTAD:** Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR:** Miguel Ángel Reyes O.

### RESUMEN

Este proyecto tiene como propósito el rediseño mecánico y de automatización de la máquina de empacado a escala, existente en el laboratorio de procesos industriales de la UPB, permitiendo el estudio del proceso de empacado de galletas redondas en dos diferentes presentaciones, empleando para ello sistemas neumáticos, bandas transportadoras e instrumentación electrónica. El proyecto busca también implementar operaciones automatizadas con tecnología SIEMENS, que permitan la realización de prácticas de laboratorio basadas en un enfoque interdisciplinar para estudiantes de ingeniería mecánica, ingeniería electrónica e ingeniería industrial de la universidad Pontificia Bolivariana.

**PALABRAS CLAVES:** Maquinas empacadoras, automatización, diseño de máquinas, simulación, software CAD-CAE, elementos neumáticos.

## GENERAL SUMMARY OF THE THESIS

**TITLE:** Prototype of a cookies packaging machine

**AUTHOR:** Fabian Mauricio Maldonado Camacho

**FACULTY:** Mechanical Engineering

**DIRECTOR:** Miguel Ángel Reyes O.

### ABSTRACT

This project aims the mechanical redesign and automation of a scale packing machine existing in the industrial processes laboratory at UPB. This project allows studying the round cookies packing process in two different presentations, using pneumatic systems, conveyor belts and electronic instrumentation. It also looks forward implementing automated operations with Siemens technology to perform the laboratory test based on interdisciplinary approach for students of mechanical engineering, electronic engineering and mechanical engineering of the UPB.

**KEY WORDS:** Packing machines, automation, machine design, simulation, CAD / CAE software, pneumatics.



## INTRODUCCIÓN

Este proyecto consiste en el rediseño mecánico y de automatización del prototipo 1 de maquina empacadora industrial a escala del laboratorio de automatización de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga, enfocándola a empaçado de galletas. Se implementan sistemas neumáticos, tecnología Siemens de programación y diseño de elementos mecánicos. En este documento se expone un proceso de diseño concurrente aplicado en el prototipo 2 de la maquina empacadora.

El desarrollo de este prototipo implica un rediseño y una simulación estructural para garantizar un mejor desempeño y corregir las fallas mecánicas presentes en el funcionamiento del prototipo 2. También cuenta con un sistema de banda transportadora en la entrada del producto a empaçar y en la salida del producto ya empaçado, para obtener un proceso de empaçado automático.

Además el prototipo dispone de un sistema de selección de empaque en dos presentaciones de paquetes de galletas redondas (paquete pequeño y paquete grande), con el fin de acercarlo a un proceso industrial real. El prototipo objeto de este trabajo está controlado por medio de un PLC Siemens Simatic, el cual se encarga de la manipulación de las variables del proceso y de las señales de entrada y salida presentes en el prototipo 2.

Finalmente cuenta con un software elaborado en la plataforma de programación de Siemens (Step 7), encargado de la automatización del proceso de empaçado. A su vez este proyecto dispone de una interfaz de usuario (HMI), que permite realizar las operaciones requeridas por el operador durante el proceso de empaçado, expresadas como prácticas de laboratorio.

**Nota:** En este trabajo de grado se utilizaron marcas registradas en las que se destacan Ansys, Solid Works, Siemens, Siemens Simatic, Airtac y Tecno Trans. Estas marcas suministraron material necesario para el desarrollo y culminación de proyecto interdisciplinar.

## 1. JUSTIFICACIÓN

La relevancia de este proyecto está en el enfoque interdisciplinar de las facultades de ingeniería industrial, ingeniería mecánica e ingeniería electrónica. Dicho enfoque conlleva un trabajo conjunto e integral entre los estudiantes de tales facultades, para así desarrollar un mejor proceso de aprendizaje, fortaleciendo las habilidades ingenieriles. Del mismo modo los egresados Bolivarianos podrán aplicar para trabajos donde sea necesario reunir diferentes campos del conocimiento. Además, dentro de un aspecto ampliamente didáctico, la elaboración del proyecto permite la observación de un proceso industrial de empaquetado de galletas, enfocando al estudiante de ingeniería mecánica, electrónica e industrial al desempeño real como profesional Bolivariano.

A su vez el proyecto ayudo a fortalecer el laboratorio de automatización de procesos de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, con una aplicación didáctica de un proceso industrial, facilitando la elaboración de prácticas de laboratorio, las cuales ayudaran a fortalecer los conceptos adquiridos por los estudiantes de dichas ingenierías.

El desarrollo y culminación del proyecto interdisciplinar estuvo a cargo de un estudiante de ingeniería mecánica e ingeniería electrónica. La actividad interdisciplinar se fundamenta en el objetivo específico compartido de la automatización del prototipo 2 de máquina empaquetadora y de la elaboración de la HMI (interfaz hombre maquina).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar el rediseño mecánico y de automatización, de una máquina de empaqueo de galletas a escala existente en el laboratorio de procesos industriales de la Universidad Pontificia Bolivariana, para el manejo de galletas redondas en dos presentaciones, con implementación de elementos mecánicos y neumáticos controlados por medio de un PLC Siemens S7-300.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- \* Rediseñar el sistema de acceso del producto a empaocar y el traslado del producto empaocado, el sistema de corte y sellado neumático y componentes estructurales de la máquina existente, para empaocar galletas en dos presentaciones, con una producción de hasta 4 paquetes por minuto en la presentación pequeña y hasta de 2 paquetes por minuto en la presentación grande. **Resultado:** Memorias de cálculos y planos del nuevo prototipo de maquina empaocadora de galletas. **Indicador:** El rediseño debe estar regido bajo una adecuada parametrización y una metodología de diseño enfocada al uso didáctico del prototipo.
- \* Simular el comportamiento estructural estático del nuevo prototipo de la máquina empaocadora de galletas, por medio de software CAD-CAE, para visualizar posibles fallas. **Resultado:** Reporte de resultados de la simulación estructural estática del nuevo prototipo de máquina empaocadora de galletas. **Indicador:** El reporte de resultados de la simulación con software CAD-CAE del nuevo prototipo debe indicar los comportamientos ocasionados por las fuerzas estáticas, para visualizar y prevenir posibles fallas.
- \* Construir el nuevo prototipo de máquina empaocadora de galletas con las especificaciones definidas en el rediseño y simulación del mismo. **Resultado:** Prototipo nuevo de máquina empaocadora de galletas. **Indicador:** La construcción del prototipo nuevo debe cumplir con todos los requerimientos estipulados en el diseño y simulación del mismo.
- \* Elaborar un programa de computador basado en la plataforma de programación Siemens para controlar el prototipo nuevo por medio de un PLC S7-300. **Resultado:**

Programa de computador basado en el software Step 7 de Siemens. **Indicador:** El programa debe controlar las variables de entrada y salida del nuevo prototipo y estar elaborado bajo la plataforma de programación Siemens Step 7. Además debe tener 2 opciones de presentación de galletas redondas (paquete pequeño y paquete grande).

- \* Realizar pruebas de operación de la máquina empacadora de galletas para observar el correcto funcionamiento y además obtener una buena sincronización entre el PLC y el prototipo, cumpliendo con el desempeño de una aplicación de empaqueo industrial real, propuesto en el rediseño. **Resultado:** Pruebas de funcionamiento y sincronización entre el PLC y la máquina empacadora. **Indicador:** El prototipo debe cumplir en su funcionamiento con todas las especificaciones estipuladas en el rediseño y en la simulación, caracterizando el desempeño de una aplicación real de empaqueo industrial y permitiendo un enfoque didáctico.

### 3. MARCO TEÓRICO

El movimiento, la fuerza, la energía, el diseño y la manufactura son los temas generales que caracterizan el entorno de la ingeniería mecánica, una disciplina que involucra la aplicación de los principios físicos que rigen nuestro mundo [11].

Este proyecto se fundamenta en la tecnología neumática, la automatización por medio de controladores lógicos programables (PLC), el empaqueo industrial, el diseño mecánico y la simulación CAD-CAE como ejes temáticos claves para el desarrollo y culminación del prototipo de maquina empaedora de galletas.

#### 3.1. TECNOLOGÍA NEUMÁTICA

Con la introducción de la neumática en el proceso de fabricación, la industria se beneficiara con un medio más barato de automatización, el cual puede llevar el costo de producción a un nivel mucho más bajo. El desenvolvimiento de la automatización de forma sencilla en cuanto a mecanismos, se ha logrado utilizando técnicas relacionadas con la neumática, la cual es empleada en la mayoría de las maquinas modernas.

El aire comprimido en la neumática, como el aceite en la oleohidráulica, son vehículos a través de los cuales se transmite potencia de una fuente exterior de energía, a unos actuadores o cilindros neumáticos. La tecnología de la neumática se refiere al estudio del comportamiento y aplicación del aire comprimido. En zonas de riesgo, es probable que el aire comprimido sea un mejor medio de proporcionar energía que el sistema eléctrico, el hidráulico y el de vapor.

Además el uso de la neumática enfocándolo a la manipulación de alimentos para el consumo humano, facilita la aplicación de buenos hábitos de manufactura y proporciona mejores condiciones de higiene [2,4].

##### 3.1.1. Actuadores neumáticos

El trabajo realizado por un actuador neumático es lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolos, los cuales también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera, a los actuadores

rotativos. También existen actuadores neumáticos de rotación continua llamados, motores neumáticos.

### \* Actuadores lineales

Los cilindros neumáticos independientemente de su forma, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de actuadores, de los cuales se derivan construcciones especiales o variaciones, dependiendo de las características de operación.

**Cilindros de simple efecto:** Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo en un solo sentido, ya sea normalmente adentro o normalmente afuera. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno (muelle) o por algún otro medio externo como cargas o movimientos mecánicos.

La utilización global de los cilindros de simple efecto se enfoca en sujetar, marcar, expulsar, entre otras acciones simples unidireccionales. La carrera de los cilindros de simple efecto queda limitada a una longitud no mayor de 100 mm por regla general, debido a su sistema de retorno por muelle (ver figura 1) [16].

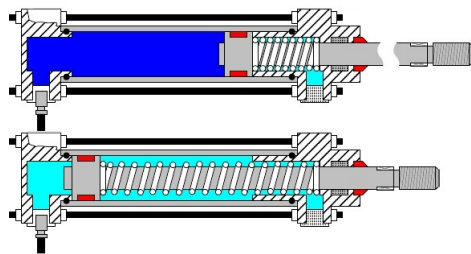


Figura 1: Cilindro neumático simple efecto, normalmente adentro [14]

**Cilindros doble efecto:** Los cilindros de doble efecto realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (presión en ambas cámaras), por lo cual estos componentes pueden realizar trabajo en ambos sentidos. Dichos cilindros consumen más flujo de aire comprimido que los cilindros de simple efecto (ver figura 2).

Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. Un actuador de doble efecto para realizar un determinado movimiento (avance o retroceso), es necesario que entre sus cámaras exista una diferencia

de presión. Por lo tanto, cuando una de las cámaras recibe aire a presión, la otra está comunicada con la atmósfera, y viceversa. Este proceso de conmutación de aire entre cámaras es realizado automáticamente por la válvula de control.

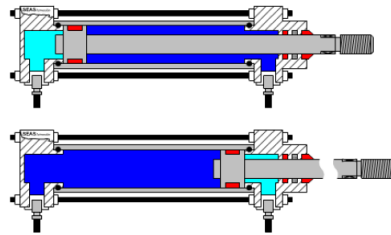


Figura 2: Cilindro neumático doble efecto [14]

Estos cilindros son los componentes más habituales en el control neumático, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto sucede debido a que en función del tipo de válvula empleada para el control, los cilindros de doble efecto pueden contener aire en una de sus dos cámaras asegurando oposición en el movimiento, por lo que se asegura un buen posicionamiento del embolo [14].

### 3.1.2. Válvulas de control direccional

Las válvulas de control de dirección se usan principalmente para dirigir el flujo del aire comprimido en la dirección deseada (ver figura 3). La función primordial de dichas válvulas es iniciar o suspender el flujo de aire. Se pueden accionar de diferentes maneras, ya sea eléctrico, mecánico, neumático entre otros [15].

Dichas válvulas cuentan con vías y posiciones. Las vías son los conductos que pueden interconectarse a través de la línea de aire comprimido y las posiciones son las diferentes conexiones que pueden mantenerse de forma estable entre las vías del distribuidor. Una válvula de control direccional puede tener 2, 3, 4 ó 5 vías [16].



Figura 3: Electroválvula neumática, AIRTAC. [17]

### 3.1.3. Válvulas reguladoras de caudal

Existen dos grupos en los cuales podemos clasificar las válvulas reguladoras de caudal:

- \* Reguladoras unidireccionales: Dichas válvulas permiten el libre movimiento del aire comprimido en un solo sentido. En el sentido contrario permite una estrangulación intercalada que fija el caudal de aire una vez determinada la presión (ver figura 4).
- \* Reguladoras bidireccionales: Regulan el paso del aire comprimido en ambas direcciones [16].



Figura 4: Reguladora de caudal unidireccional [18]

### 3.1.4. Válvulas reguladoras de presión

Su función es la de mantener una presión de trabajo constante sin importar las variaciones de presión en la línea de aire comprimido y del consumo de aire. La presión de entrada es siempre mayor que la presión de salida (ver figura 5).

En una válvula reguladora de presión, cuando la presión de entrada es superior a la presión máxima de regulación estipulada por el usuario, la válvula permite la salida del aire a la atmósfera, esto estimula la reducción de la presión. En el comercio se encuentran válvulas de regulación de presión con y sin orificio de escape, en esta última válvula no es posible evacuar el aire comprimido que se encuentra en las tuberías [29].



Figura 5: Reguladora de presión, FESTO [19]



El prototipo de empacadora de galletas objeto de este proyecto implementa diversos sistemas neumáticos encargados de operaciones como avance, sellado y corte del empaque, elementos de control de flujo y de dirección que permite manejar los tiempos y trayectorias requeridos para su apropiado funcionamiento. Cada uno de dichos elementos hace parte de la tecnología neumática presente en el prototipo 2.

La tecnología neumática puede satisfacer las necesidades de automatización industrial debido a su control y accionamiento. La manipulación, control y administración de señales provenientes de sistemas neumáticos, suelen estar a cargo de diferentes sistemas de control ya sea desde micro-controladores, hasta PAC (Controlador de automatización programable). Mediante un controlador lógico programable (PLC), se puede administrar señales neumáticas, ya que cumple con actividades robustas de trabajo y control para la automatización de aplicaciones industriales.

### **3.2. AUTOMATIZACIÓN MEDIANTE CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)**

La automatización tiene como propósito general aumentar la competitividad de la industria con la utilización de nuevas y mejores tecnologías. La constante evolución del hardware y software, aumenta constantemente el campo de automatización para poder satisfacer las necesidades que se detectan a nivel mundial. La utilización del PLC se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de operación, manejo, control, señalización, etc [5].

#### **3.2.1. Controladores lógicos programables (PLC)**

El controlador lógico programable es un dispositivo que reemplaza los circuitos con relés necesarios para el control de un proceso determinado. El funcionamiento del PLC depende de la información y estado de sus entradas y salidas implementadas, necesarias para un buen automatismo. El usuario ingresa un programa vía software administrando señales y salidas para obtener los resultados esperados. Un PLC consta principalmente de una CPU, una fuente de alimentación y una o varias áreas de módulos apropiados para manipular señales de entrada y salida, ya sean análogas o digitales [6].

En el mercado mundial existen diferentes gamas de PLC, variando desde su potencia, hasta las cantidades de señales de trabajo, dependiendo en cada uno de las aplicaciones y trabajo

a desempeñar.

Siemens cuenta con la familia de controladores SIMATIC que propone numerosas funciones integradas (ver figura 6), tales como potencia escalable para desarrollar cualquier requisito de aplicación. La gama comprende desde autómatas programables (PLCs), equipos completos compuestos de PLC y panel de operador, controladores basados en computadores (PC), hasta inteligencia distribuida [20].

La automatización del prototipo que se presenta en este proyecto, se realizó mediante un PLC de la familia SIMATIC S7, la cual se encarga mediante la adecuada programación, de manipular las señales digitales de entrada y salida para obtener una administración del proceso de empaqueo de galletas redondas, en dos presentaciones de tamaño, implementando para ello instrumentación electrónica y sensórica apropiada.



Figura 6: PLC, Siemens SIMATIC [21]

### 3.2.2. Instrumentación electrónica

En diferentes procesos de automatización industrial es relevante adquirir y manipular señales por medio de sensores o dispositivos electrónicos capacitados para cumplir con funciones específicas.

- \* **Sensor capacitivo:** La función del sensor capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variedad del estímulo de un campo eléctrico. Dichos sensores detectan objetos metálicos o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño y distancia hasta la superficie sensible del detector (ver figura 7) [1].



Figura 7: Sensor capacitivo [22]

- \* **Sensor magnético de posición:** Los sensores magnéticos reaccionan a los campos magnéticos y uno de sus principales usos es determinar la posición de los émbolos en cilindros neumáticos. Basados en el hecho de que los campos magnéticos pueden traspasar metales no magnetizables, este tipo de sensor está diseñado para detectar a través de la pared de aluminio de un cilindro neumático su posición por medio de un imán permanente fijo en el embolo (ver figura 8) [23].



Figura 8: Sensor magnético de posición para cilindros neumáticos [24]

Los sensores y dispositivos electrónicos son un buen medio para registrar señales o manipular variables en un proceso de control automático. A su vez en la automatización de aplicaciones industriales se involucran diferentes elementos, en los cuales su funcionamiento integral suministra un proceso sincronizado en tiempo real, de este modo se logra un proceso automático de control.

La arquitectura de automatización presente en este proyecto, abarca desde elementos de hardware como controlador modular y pantalla táctil Siemens Simatic, hasta elementos de software tales como Step 7 y WinCC Flexible.

### 3.2.3. Software de programación, Simatic Step 7

Es el software estándar que ofrece Siemens para la configuración y programación de los sistemas de automatización SIMATIC. Maneja diferentes lenguajes básicos de programación tales como:

- \* El esquema de contactos KOP es gráfico, similar a los diseños de circuitos, se dibuja de forma secuencial utilizando elementos de accionamiento normalmente abiertos, cerrados, bobinas, contadores, temporizadores etc.
- \* Los diagramas de funciones FUP, utiliza símbolos gráficos del lenguaje booleano para crear la lógica de programación.
- \* La lista de instrucciones AWL, es un lenguaje textual de programación orientado a la máquina [20].

Step 7 realiza funciones tales como:

- \* Crear y gestionar proyectos
- \* Configurar y parametrizar el hardware y la comunicación
- \* Crear programas de control
- \* Cargar programas en sistemas de destino
- \* Comprobar el sistema automatizado
- \* Diagnosticar fallos de la instalación

### 3.2.4. Interfaz de usuario (HMI)

Es un sistema de supervisión aplicable a sistemas de automatización de procesos, para así obtener una interacción entre la máquina y el usuario (ver figura 9). La familia de pantallas SIMATIC HMI brindan solución para la visualización Hombre-Máquina más completa. Dentro de la gama de pantallas cuenta con equipos desde *Micropanels* y *Basic Panels* para las aplicaciones más sencillas, hasta *Multi panels (MPs)* para soluciones estándares de la industria [30].

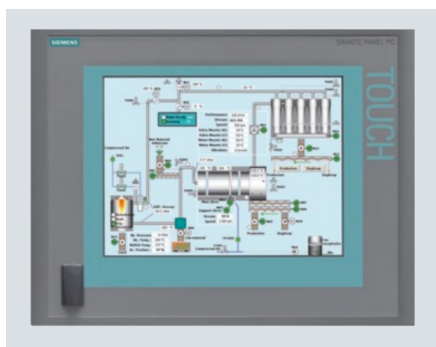


Figura 9: Interfaz de usuario, pantalla Simatic [30]

- \* **SIMATIC WinCC:** Es un software que suministra un sistema de visualización de procesos escalable y dotado de potentes funciones para la supervisión de procesos automatizados. Aporta funcionalidad SCADA completa en Windows para todos los sectores, desde sistemas monopuesto hasta sistemas multipuesto, distribuidos con servidores redundantes y soluciones para todos los lugares de instalación [30].

El prototipo 2 de maquina empacadora, cuenta con una automatización mediante tecnología Siemens implementando sensores adecuados, para así hacer del prototipo una maquina automatizada y eficiente en su empaqueo industrial. Además cuenta de una interfaz de usuario para la supervisión del proceso.

La automatización en el sector industrial juega un campo muy especial debido a las necesidades de control y manufactura. La ansiedad del hombre de tener sistemas automáticos para sus empresas, ha llevado a la implementación de máquinas sofisticadas que cumplan con estándares de funcionamiento y calidad. La necesidad del ser humano de poder conservar, comercializar y transportarlos los alimentos ha llevado a que las maquinas empacadoras se apoderen del sector comercial de empaquados y embalaje de productos, incrementando el nivel industrial de nuestro país.

### 3.3. EMPACADO EN LA INDUSTRIA

El aumento poblacional, la demanda de productos, la competencia, el empaque, el mercado y la tecnología, han hecho que en la actualidad las maquinas empacadoras tengan tecnología de punta y que sean totalmente automáticas en sus funciones. Dichas maquinas realizan la automatización del proceso de empaqueo por medio de controladores lógicos programables

(PLC), siendo necesario solo un operador para que esté a cargo del buen funcionamiento de la maquina empacadora e interactúe con ella por medio de una interfaz de usuario (HMI) [1].

### 3.3.1. Empacado o embalaje

El empacado o embalaje consiste en un recipiente o envoltura que contiene productos de manera temporal desde el momento de producción, pensando en su manipulación, transporte y almacenaje, hasta el consumo por parte del cliente.

Además tiene como funciones:

- \* Proteger el contenido de factores externos como el polvo, la humedad la luz y el contacto directo con otros objetos.
- \* Facilitar la manipulación y transporte del producto.
- \* Informar sobre sus condiciones de manejo y consumo.

El empaque debe tener ciertas propiedades involucrando las etapas de producción, manejo, distribución y consumo. El material debe ser resistente a la tracción y a la perforación de agentes externos para conservar el producto en óptimas condiciones. Además debe tener una alta soldabilidad, para así simplificar el sistema de sellado de la maquina empacadora. Finalmente el material utilizado para empacar debe tener alta durabilidad para mantener el producto por un periodo prolongado de tiempo y protegiéndolo de agentes contaminantes [1]. Existen tres clases de empacado o embalaje:

- \* **Primario:** Es el empaque que está directamente en contacto con el producto. El material del empaque depende del producto a empacar y de las condiciones de preservarlo.
- \* **Secundario:** Su función primordial es proteger el empacado primario.
- \* **Terciario de transporte:** Es llamado *Pallet*. Es el que protege al producto de los riesgos y dificultades presentadas durante su transporte.

### 3.3.2. Máquinas empacadoras

Las máquinas empacadoras de productos alimenticios tienen como prioridad la conservación, higiene y cuidado de factores externos a los productos para el consumo humano. A nivel mundial existen máquinas empacadoras de productos granos, líquidos, sólidos y polvos entre otros.

En la actualidad existen dos grandes tipos de máquinas automáticas empacadoras de productos como son la máquina empacadora vertical y máquina empacadora horizontal o máquina *Flow Pack*.

**\* Máquina empacadora vertical:** Como su nombre lo indica su principio de empaque es el movimiento vertical gravitacional del producto. Estas máquinas están constituidas de una banda transportadora, tolva o silo, para el ingreso del producto a empaque. Además cuentan con una serie de sensores encargados de controlar la cantidad de producto que se desee empaque. Dependiendo del producto a empaque varían las dimensiones, formas, sensores y sistema de ingreso de producto de cada máquina [1].

Dichas máquinas cuentan con un cuello formador y un tubo empacador, el cual toma la función de guía del producto para desplazarlo por gravedad por el interior del tubo a sus etapas de empaque. Además estos dos elementos en conjunto tienen la función de dar forma al material de empaque, el cual va a almacenar el producto. El avance del empaque es desarrollado por medio de ruedas giratorias o mordazas móviles trasladadas mediante cilindros neumáticos.

El sellado horizontal y vertical del paquete se hace por medio de mordazas y resistencias eléctricas, las cuales al chocar derriten el material de empaque y sella para proteger el producto de factores externos. La temperatura de las resistencias es controlada para evitar el empaque erróneo del producto.

El corte de cada paquete es realizado por medio de cuchillas o resistencias eléctricas, las cuales al chocar las mordazas derriten o cortan el papel respectivamente para separarlo de la línea de empaque y posterior movilización.

Los productos más utilizados para el sistema industrial de empaque vertical son los productos con características no palpables como el polvo y los granulados, productos líquidos y productos sólidos (ver figura 10, 11, 12 respectivamente) [1].



Figura 10: Máquina empacadora vertical para productos impalpables [8]



Figura 11: Máquina empacadora vertical para productos líquidos [9]



Figura 12: Máquina empacadora vertical para productos sólidos [3]



\* **Máquina empacadora horizontal o *Flow Pack***: Las maquinas *Flow Pack* deben su nombre al desarrollo del proceso de empaque del producto (ver figura 13). La máquina crea un tubo de plástico partiendo de una lámina flexible y el producto lo atraviesa hasta alcanzar una mordaza que delimita el principio y el final del paquete. El material flexible según las exigencias, pasa desde un eje porta bobina a través de un túnel conformador y se sella mediante unas ruedas de soldadura, a la vez que el producto a embalar viene empujado por unas paletas distanciadas hasta alcanzar el tubo de plástico que se ha formado. Siendo las paletas coordinadas con el cierre de una mordaza giratoria puesta longitudinalmente respecto al avance del *film*, el producto queda envasado en un paquete delimitado al principio y al final por la acción de la mordaza por el largo, por la acción de las ruedas de soldadura.

Una vez que se ha coordinado el proceso de ajuste, se regula la velocidad de avance del *film* siendo válida la regla “cuanto más rápido el avance, más largo el paquete que se obtiene”. Lo último que hay que ajustar es la velocidad tangencial de las mordazas con la velocidad de avance del *film*, para evitar errores en el empaque. Para esto hay una regulación mecánica mediante un excéntrico que permite acelerar o ralentizar la velocidad de la mordaza en el momento de realizar la soldadura. Con la evolución de la tecnología las maquinas *Flow Pack* han introducido la electrónica para el control de las operaciones permitiendo la regulación de todos los parámetros antes descritos desde un panel de mando digital.



Figura 13: Máquina empacadora horizontal o maquina Flow Pack [7]

Otro elemento básico de las máquinas *Flow Pack* es el centrado de la impresión del material de envoltimiento cuando esto tiene características gráficas específicas; para esta tarea se complementa la máquina con una fotocélula que lee unas marcas negras que el fabricante del material realiza para determinar el principio y el final del área de impresión.

Hoy en día se requiere también el marcaje de la fecha de fabricación o de caducidad del producto y con este fin se instalan sobre las máquinas unos sistemas de marcaje por transferencia térmica o también sistemas de marcaje por inyección de tinta [10].

### 3.3.3. Sistemas de sellado para empaque industrial

En la industria existen diferentes tipos de sellado, variando según el producto a empaque y sus condiciones de embalaje, como a su vez el costo del proceso de empaque y la rentabilidad del mismo, entre los que se destacan:

- \* Sellado por resistencias eléctricas: Es el sellado más común utilizado en la industria empaquera. Consiste en una mordaza caliente que produce un sello por presión. La temperatura es controlada y suministrada mediante resistencias eléctricas montadas en una mordaza móvil.
- \* Sellado por impulso eléctrico: Es muy similar al sellado por resistencias eléctricas. En este tipo de sellado la temperatura no permanece constante. El sello se lleva a cabo por medio de una resistencia tipo banda que es calentada por una fracción de tiempo pequeña del proceso de empaque.
- \* Sellado por gas caliente: Consiste en unir dos materiales plásticos, los cuales son calentados por medio de aire o gas caliente para luego proceder a su respectivo sellado.
- \* Sellado por ultra frecuencia: Su funcionamiento consiste en ubicar el termoplástico en medio de dos electrodos usándolo a manera de un dieléctrico. Cuando este material es expuesto a corrientes de alta frecuencia la fricción entre las moléculas debido al movimiento de un lado para el otro producen el calor necesario para fundir y sellar el material [1].

Las características y especificaciones de la máquina empaquera vertical, son la base de diseño escogida para la construcción y automatización del prototipo 2 de máquina empaquera.

En el sector industrial, el diseño de elementos de máquinas, deja en evidencia la necesidad de soportar los esfuerzos ocasionados por las cargas presentes en cada elemento determinado, para así realizar una construcción adecuada y que cumpla con los parámetros de diseño.

La maquinaria utilizada en la industria lleva un proceso de diseño riguroso, el cual garantiza la aplicación primordial de la máquina y la seguridad de la misma. Además debe contar con una tarea multidisciplinaria de diseño y fabricación para un exitoso resultado.

### **3.4. DISEÑO MECÁNICO**

Una máquina comprende varios elementos diferentes, los cuales deben ser diseñados apropiadamente y arreglados para trabajar en conjunto como una unidad. Las decisiones fundamentales concernientes a la carga, a la cinemática y a la selección de materiales, entre otros, deben tomarse durante el proceso de diseño de la máquina. También es necesario considerar otros factores como resistencia, confiabilidad, deformación, tribología, costo, necesidades de espacio, entre otros.

El objetivo es producir una máquina que no solo sea lo suficientemente resistente para funcionar con eficiencia durante un tiempo determinado, sino que también sea posible de fabricar económicamente. Además las decisiones ajenas a la ingeniería, relacionadas con la comercialización, la ética, la normatividad, etc., deben integrarse al inicio del proceso de diseño. En la práctica el diseño de máquinas es una tarea humana multidisciplinaria [12].

#### **3.4.1. Diseño como tarea multidisciplinaria**

La ingeniería concurrente (ver figura 14) es una de las filosofías del trabajo que intenta involucrar la mayoría de las disciplinas y departamentos que participan en el desarrollo de los productos desde su concepción hasta su entrega final al cliente. De esta manera los esfuerzos redundantes Y errores en el diseño son minimizados y se desarrollan más rápidamente productos de mejor calidad.

Ahora muchas disciplinas tienen una función en el desarrollo de un producto. Esto lleva a que los ingenieros de diseño tengan conocimiento de diferentes disciplinas, al menos desde el punto de vista léxico, para integrarlas en el proceso de diseño [12].

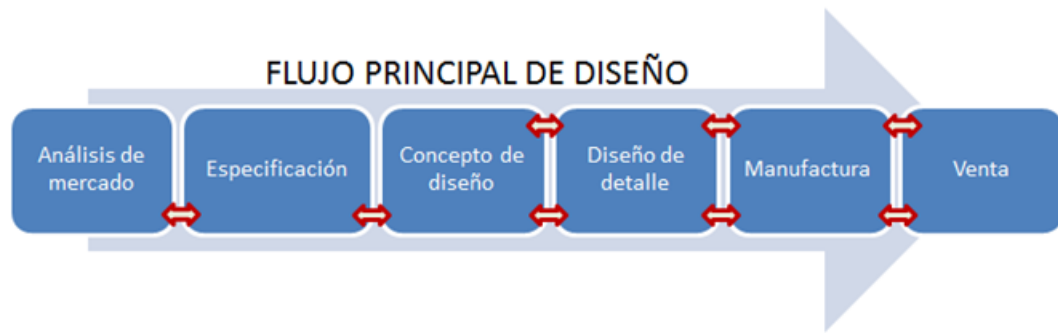


Figura 14: Enfoque de ingeniería concurrente. Adaptado del libro de Hamrock [12]

### 3.4.2. Diseño de elementos de máquinas

La propuesta de un sistema mecánico es solo el principio de la síntesis del proceso de diseño. Los tipos particulares de elementos de máquinas deben ser elegidos, posiblemente, considerando repeticiones de diseño adicionales. El diseño adecuado de un elemento de máquina usualmente comprende los pasos siguientes:

- \* Selección del adecuado del elemento de maquina desde la consideración de su funcionamiento.
- \* Estimación del tamaño del elemento de máquina que sea probable para ser satisfactorio.
- \* Evaluación del desempeño del elemento de maquina contra los requisitos a cumplir.
- \* Modificaciones del diseño y de las dimensiones hasta que el desempeño este cerca de cualquier punto óptimo considerado más importante.

La mayoría de la gente asocia comúnmente la falla con el rotura de un elemento de máquina. Aunque el rompimiento es solo un tipo de falla, el ingeniero de diseño debe tener un entendimiento más amplio de lo que realmente determina si un una pieza o sistema ha fallado. Se considera que ha fallado un elemento de maquina por las siguientes determinaciones [12]:

- \* Cuando es completamente inoperable.
- \* Cuando aún es operable pero es incapaz para desempeñar satisfactoriamente su función programada.

- \* Cuando un serio deterioro lo ha hecho inseguro para su uso continuo, requiriendo su desplazamiento del servicio prestado, para su reparación o reemplazo inmediato.

La función del ingeniero de diseño es predecir las circunstancias bajo las cuales es probable que ocurra una falla. Los principios de diseño son universales. Un análisis es igualmente válido sin importar el tamaño, el material y la carga. Sin embargo, un análisis por sí mismo no debe ser considerado como una verdad absoluta y decisiva. Un análisis está limitado por las suposiciones impuestas y por su rango de aplicabilidad. El análisis de diseño intenta predecir los esfuerzos o deformaciones de un elemento de máquina, de manera que pueda soportar las cargas impuestas durante el tiempo que se requiera [12].

### 3.4.3. Seguridad en el diseño mecánico, factor de seguridad $n_s$

Es difícil evaluar exactamente los diferentes factores involucrados en el problema del diseño en la ingeniería. Algunos factores pueden ser la forma y la consecuencia de la falla.

- \* **Factor de forma:** Para un elemento o sistema mecánico formado irregularmente puede que no haya ecuaciones de diseño disponibles para un cálculo exacto de los esfuerzos.
- \* **Consecuencia de la falla:** Las consecuencias de peligro para vidas humanas requieren de una mayor prioridad que las consecuencias donde no se involucran vidas humanas.

Si  $n_s > 1$ , el diseño es adecuado. Entre mayor sea  $n_s$  más seguro será el diseño. Si  $n_s < 1$ , el diseño puede ser inadecuado y necesitar un rediseño. Los ingenieros emplean un factor de seguridad para asegurarse contra condiciones inciertas o desconocidas [12]. Es entendible que mientras mayor sea el factor de seguridad, el costo de fabricación también puede ser mas alto.

### 3.4.4. Manufactura

El diseño para la fabricación (DFM por sus siglas en ingles), es una herramienta bien establecida y necesaria para los ingenieros de diseño. La manufactura tiene una enorme función en el éxito de los productos comerciales. La mayoría de los costos de manufactura se determina

por las decisiones hechas al inicio del proceso de diseño. El éxito en el mercado depende de minimizar estas decisiones [12].

Los ingenieros deben considerar diferentes cosas. Las siguientes son algunas de las preocupaciones principales para elaborar un diseño adecuado.

- \* Diseño medio ambiental
- \* Economía
- \* Consideraciones legales
- \* Comercialización
- \* Utilidad
- \* Calidad

#### 3.4.5. Sistemas de transmisión de potencia

En la amplia temática de la ingeniería mecánica existen diversos sistemas de transmisión de potencia tales como bandas o correas, cadenas, engranajes, entre otros. Además dichos sistemas cuentan con diversos acoples flexibles para la integración de diferentes elementos de máquinas. Este proyecto cuenta con un sistema de transmisión de potencia del tipo de engranajes, basado en un reductor ensamblado a un motor industrial llamado motor-reductor.

\* **Motor-reductor:** Los motor-reductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente (ver figura 15). Al emplear motor-reductores se obtiene una serie de beneficios sobre otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- ◆ Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- ◆ Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- ◆ Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- ◆ Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- ◆ Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motor-reductores de AC, se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz. Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo motor-reductor un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor. Normalmente los motores empleados responden a la clase de protección IP-44 (Según DIN 40050). Bajo pedido se puede mejorar la clase de protección en los motores y unidades de reducción [25].



Figura 15: Motor-reductor sin fin corona. [25]

\* **Acoples flexibles:** Los acoplamientos flexibles son diseñados de tal manera que sean capaces de transmitir torque con suavidad, permitiendo cierta desalineación axial, radial o angular. Dependiendo del método utilizado para absorber la desalineación, los acoplamientos flexibles pueden dividirse en:

- ◆ Acoplamientos de elementos deslizantes.
- ◆ Acoplamientos de elementos flexionantes.
- ◆ Combinación de acoplamientos deslizantes y flexionantes

Para transmitir el par de un eje a otro, un acoplamiento flexible:

- ◆ Absorbe y amortigua las irregularidades del par.
- ◆ Desplaza los regímenes críticos.
- ◆ Acepta desalineaciones y diferencias entre los ejes.
- ◆ Permite algunas deformaciones de chasis.

- ◆ Suprime las posibles tensiones de un acoplamiento rígido en las mismas condiciones.
- ◆ Permite una construcción más ligera, con tolerancias mayores y por tanto, con mayor economía.

En algunos casos, si las máquinas acopladas están instaladas sobre soportes elásticos, el acoplamiento flexible es absolutamente necesario. Además, el acoplamiento flexible no tiene juego, y por tanto es silencioso, sin fricción y no necesita engrase [27].

### 3.4.6. Bandas transportadoras

Los transportadores de banda son las máquinas más difundidas que se emplean en distintas ramas de la industria nacional, para desplazar diversas cargas por unidades y a granel (ver figura 16). Existen diversos esquemas tales como horizontales, inclinados, horizontal-inclinado-horizontal, horizontal-inclinado. Dichos esquemas son determinados por la designación del transportador en el proceso. En los transportadores de bandas se emplean varios tipos de bandas:

- \* De tela cauchutada con tejido de algodón
- \* Sintéticas (de fibra sintética)
- \* De acero
- \* Totalmente laminadas
- \* Fabricadas de alambre
- \* De tela cauchutadas con cuerdas de acero vulcanizadas dentro de ellas

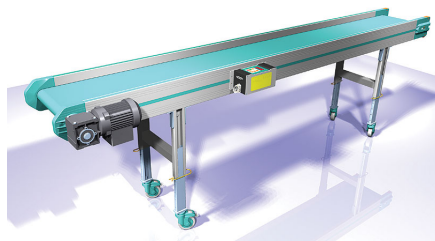


Figura 16: Banda transportadora. [28]



Las bandas transportadoras deben reunir los requisitos de alta resistencia mecánica longitudinal, flexibilidad en direcciones longitudinal (en tambores) y transversal (en apoyo de rodillos), elevada resistencia al desgaste y a la deformación a reiterados dobleces, poca elasticidad y alta resistencia a la humedad [13].

En el siglo XXI, la tecnología ha avanzado a pasos agigantados, lo cual lleva a mejorar la forma de diseño de elementos de máquinas, postulando en el mercado software especializado para el diseño e ingeniería asistida por computador (CAD-CAE).

### **3.5. DISEÑO Y SIMULACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADOR (CAD-CAE)**

Al tener un diseño virtual de elementos de máquinas es necesario, visualizar, analizar y corregir fallas por medio de un software especializado, antes de la construcción final de la máquina. El diseño e ingeniería asistida por computador están desempeñando un papel cada vez más amplio en la educación e industria, abarcando las disciplinas de la ciencia y la ingeniería [31].

#### **3.5.1. Diseño asistido por computador (CAD)**

El software CAD es una de las herramientas más utilizadas en soluciones de dibujo 3D y permite a los ingenieros diseñar en un entorno simulado, diferentes elementos de máquinas. Los diseños pueden ser validados sin tener que fabricar prototipos físicos. Este software ofrece al usuario el diseño y software de presentación, que permiten diseñar más rápido, comunicar sus ideas, y crear diseños de mayor calidad a menor costo [32]. El software CAD a nivel mundial cuenta con tres clasificaciones, rango bajo, rango medio y rango alto dependiendo de la necesidad del usuario.

Este software tiene como ventajas más relevantes:

- \* Evaluar la apariencia final de un diseño sin su construcción física.
- \* Reducir y visualizar problemas de ensamblaje de piezas, ya sea de espacio o de acople.
- \* Enfoque integral entre la documentación y el proceso de diseño.
- \* Reducir tiempo de elaboración de planos.

### 3.5.2. Simulación asistida por computador (CAE)

El software CAE permite analizar prototipos virtuales e identificar el comportamiento integral de piezas y modelos ante diferentes tipos de fenómenos ya sean estructurales, térmicos, mecánica de fluidos o electromagnetismo, entre otros.

En un nivel básico los estudiantes utilizan la simulación de ingeniería para aprender los principios de la física, y el análisis de la experiencia del mundo real reflejados en sus carreras (ver figura 17). A un nivel avanzado, investigadores aplican herramientas de simulación, resolviendo problemas complejos de ingeniería o fenómenos físicos. Las organizaciones comerciales regularmente suelen asociarse con instituciones educativas para fomentar la investigación y conducir a soluciones innovadoras [31].

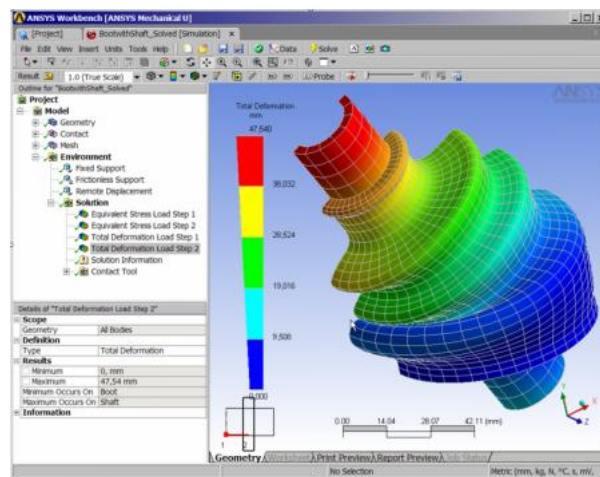


Figura 17: Análisis realizado por medio de Software CAE, ANSYS [33]

El software CAE está basado en aproximaciones a la realidad, análisis matemáticos, modelos físicos, solución de ecuaciones diferenciales parciales y la implementación del método de elementos finitos, para así lograr un reporte de resultados confiable en sus diversas áreas de análisis.

## 4. METODOLOGÍA Y PROCESO DE DISEÑO

A continuación se muestra la metodología y el proceso de diseño (ver figura 18), empleado para el desarrollo y culminación del proyecto de prototipo 2 de máquina empacadora:

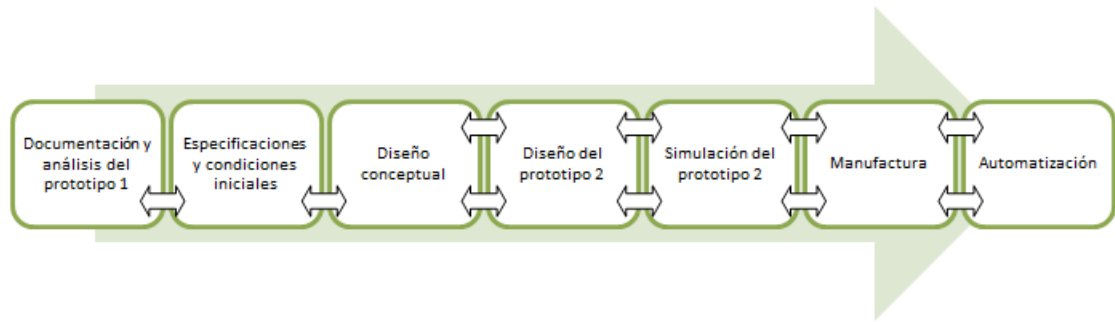


Figura 18: Proceso de diseño concurrente, adaptado del libro de Hamrock [12]

### 4.1. DOCUMENTACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROTOTIPO 1

La documentación sobre máquinas empacadoras automáticas fue rigurosa debido su extenso mercado. Además la aplicación de estas máquinas en el sector industrial está aumentando considerablemente, ya que requieren de un reducido personal capacitado para operarlas y cuentan con un sistema automático de empaclado.

A nivel nacional, existen diversas empresas encargadas del comercio de máquinas empacadoras de productos sólidos, líquidos y granos. Entre las más destacadas se encuentra KM LTDA, SOLPAK S.A. e INTERTEC LTDA, las cuales se encargan de la fabricación y venta de máquinas netamente industriales con un volumen de producto empaclado mucho mayor al volumen manejado por el prototipo de máquina empacadora, proyecto expuesto en este documento. El prototipo de máquina empacadora de galletas es un proyecto didáctico para la visualización y estudio de una aplicación industrial.

En el prototipo 1 se evaluaron las características mecánicas y la manipulación de variables, para identificar las fallas más críticas causantes del inapropiado funcionamiento de la máquina. Además se analizó las deficiencias más considerables que el prototipo 1 presenta en su desempeño tanto didáctico como de aplicación industrial.

#### 4.1.1. Descripción de fallas en el prototipo 1

Definiendo falla como la situación en la que un elemento o sistema es incapaz de desempeñar satisfactoriamente su función programada, el prototipo 1 de máquina empacadora industrial a escala, presenta varias fallas en el funcionamiento automático de empaqueo industrial y en las características mecánicas (ver figura 19). Las variables manipuladas en el proceso de empaqueo presentan deficiencias en su desempeño. Además deja evidente la ausencia de sensores, ya que son necesarios para una buena automatización.

A continuación se expone en la tabla 1, un diagrama de las fallas y de su relevancia ante el proyecto.

Falla	Argumentación	Importancia
Avance del plástico	El avance del paquete se realiza mediante unas poleas conducidas por un motor de transmisión de bandas. El suministro de plástico para empaacar se hace conjunto de un motor-reductor que lo desenrolla a medida que las poleas de avance de paquete tiran el plástico. Las poleas no tienen un coeficiente de fricción adecuado para el arrastre del plástico, lo que ocasiona un deslizamiento de las poleas sin avance de plástico. Además produce un suministro de plástico innecesario, ya que se desenrolla por acción del motor-reductor el cual esta accionado al mismo tiempo del motor de las poleas de avance.	¡ALTA!
Corte del plástico	El corte del plástico se realiza mediante un hilo de ferróniquel, el cual funciona como una resistencia eléctrica, aumentando su temperatura y así efectuando el corte del plástico. Al chocar las mordazas el hilo de ferróniquel tiene solo 2 soportes (a cada extremo) en la mordaza, lo que ocasiona la deflexión del hilo y así no efectúa el corte. La consecuencia es que funde el plástico de empaqueo en diferentes lugares transversales.	¡ALTA!
Estructura	La estructura del prototipo 1, está fabricada en madera, lo que no le da una buena resistencia a esfuerzos y además no cuenta con una higiene adecuada para empaqueo de alimentos. El ensamble de la estructura tiene sistemas de unión deficientes y rústicos, tales como remaches, puntillas y tornillos tirafondos para el ensamble de láminas de madera. Las uniones por tornillos tirafondos y puntillas deja en evidencia fallas de rigidez de la maquina debido al desgaste del agujero de unión ocasionado por el desmontaje frecuente o movimientos de la estructura. Las uniones por remaches no permiten un mantenimiento frecuente debido a su unión permanente.	¡ALTA!
Ausencia de sensores	Los cilindros neumáticos no cuentan con sensores capaces de registrar una señal de las diferentes posiciones (avance y retroceso) del embolo de los cilindros, para así obtener una lógica secuencial y lograr una automatización adecuada.	¡ALTA!
Protección para usuarios	No cuenta con protección para usuarios por riesgos de quemaduras producidas por las resistencias o riesgo eléctrico.	¡ALTA!
Cableado	El cableado de entradas y salidas a automatizar, están visibles y sin la protección adecuada. Además el calibre de cable utilizado en diferentes instrumentos no es adecuado.	¡ALTA!

Tabla 1: Identificación de fallas del prototipo 1. Fuente autor

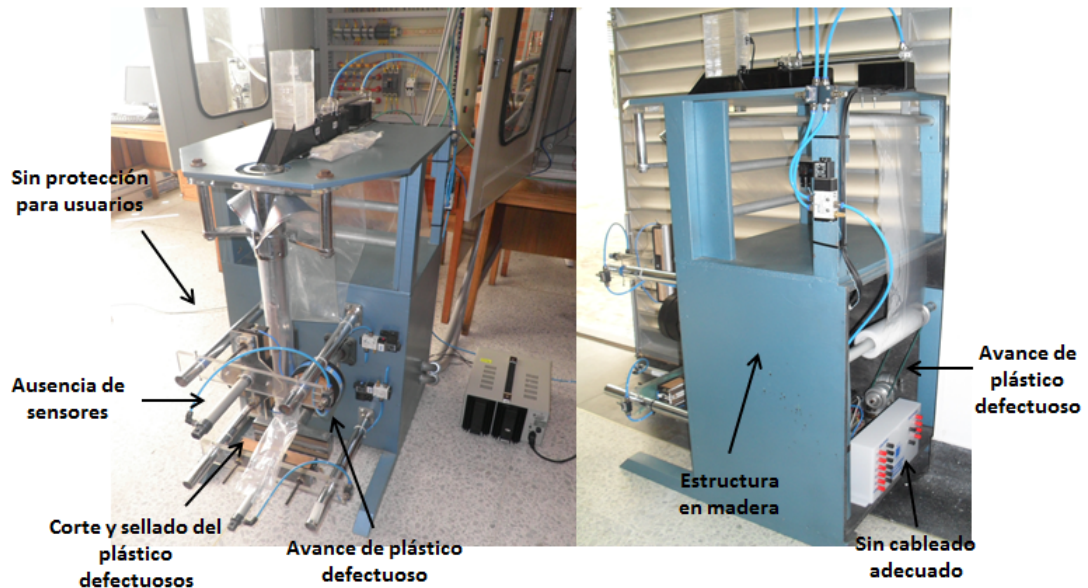


Figura 19: Identificación de fallas del prototipo 1. Fuente autor

#### 4.1.2. Deficiencias del prototipo 1

Las deficiencias son aquellas restricciones o limitantes fáciles de corregir para lograr un buen diseño y desempeño de una máquina. Las deficiencias más relevantes del prototipo 1, son:

- \* Limitación del producto a empacar, debido al silo de suministro de producto único (laminas rectangulares de 9 x 4,5 cm) y tamaño de paquete único, sin opciones de tamaños ni cantidad de producto.
- \* Sistema de salida del producto nula, debido a que los paquetes caen al piso a una distancia muy mínima y sin transporte alguno, congestionando el área de salida.
- \* El sistema de resistencias eléctricas del prototipo 1, es alimentado a 24 Voltios AC y 10 Amperios. Dicho sistema no es recomendable debido a que se necesita un transformador para suministrar el voltaje y corriente requeridos para el funcionamiento del sistema de sellado y corte del plástico, incrementando el costo del prototipo.
- \* Alguna instrumentación y cableado están incorporados en la parte posterior de la estructura de madera, dificultando el acceso para el usuario, con motivo de manipulación o mantenimiento preventivo de la maquina empacadora.

- \* El prototipo no cuenta con un gabinete de paso para la conexión de sensores e instrumentación electrónica de campo con el gabinete de control central.
- \* No cuenta con protección para el sistema de cableado (sin canaletas), ni con protección para sus operarios, ya sea riesgo eléctrico o térmico.

El análisis de fallas y deficiencias, deja en evidencia un rediseño necesario para el desempeño adecuado de una máquina empacadora industrial.

#### **4.2. ESPECIFICACIONES DEL PROTOTIPO 2**

El prototipo objeto de este proyecto, es del género de maquina vertical, para productos sólidos enfocado a empacado de galletas redondas. Este proyecto tiene un enfoque didáctico, para la visualización de una aplicación industrial y el aprendizaje interdisciplinar de conceptos de ingeniería cumpliendo con los requerimientos de manejo de alimentos e higiene. El prototipo 2 maneja un área de máximo 2 metros cuadrados para su funcionamiento e inspección.

El prototipo 2 implementa dos sistemas de bandas transportadoras, el primero para el ingreso del material a empacar (galletas) y el segundo para desplazar el material ya empacado. Cuenta con un sistema de sellado, corte y avance del paquete, realizado mediante tecnología neumática e instrumentación electrónica adecuada. Contiene un rollo de polipropileno para el empacado de las galletas y así protegerlas de factores externos.

Además cuenta con un gabinete de paso para la comunicación de variables en campo del prototipo con el gabinete de control central. A su vez consta de una pantalla táctil la cual permitirá al usuario interactuar con el prototipo a través de una interfaz hombre máquina (HMI). Dicha pantalla es portátil para prevenir ruido y vibraciones en la pantalla, transmitidas por la máquina.

La automatización del prototipo tendrá como opción el empacada de dos tamaños de productos, para así variar la producción y visualizar el sistema de empacado de dos tamaños. A su vez el prototipo 2 está abierto para proyectos futuros tales como un sistema de embalaje de producto ya empacado y un sistema de dosificación de producto a empacar, ya sea un proyecto de calle de selección por medio de tratamientos de imágenes o un disco vibratorio de dosificación de producto. De este modo se podrá implementar una línea de producción compleja para la visualización y enseñanza didáctica de los conceptos ingenieriles para los

estudiantes de la UPB.

### 4.3. DISEÑO CONCEPTUAL

El diseño conceptual del prototipo se fundamenta en el cumplimiento de las especificación previstas en la sección anterior, caracterizando los parámetros de funcionamiento y en las necesidades a satisfacer. Este diseño conceptual es la base para el diseño mecánico, construcción y automatización del prototipo. En la figura 20 se muestra el esquema completo del diseño conceptual del prototipo 2, caracterizando sus etapas de proceso y cumpliendo con los objetivos propuestos.

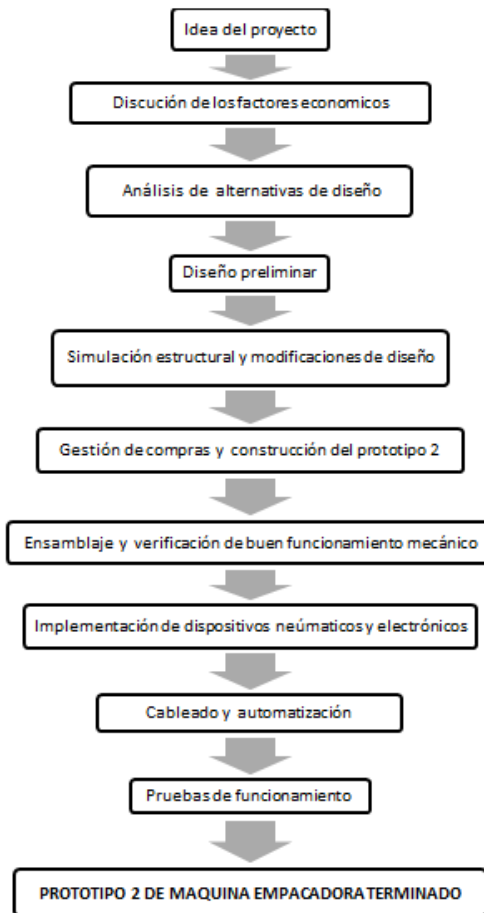


Figura 20: Esquema de diseño. Fuente autor

#### 4.4. DISEÑO GENERAL DEL PROTOTIPO 2 DE MAQUINA EMPACADORA

El diseño del prototipo de maquina empacadora de galletas está basado en el cumplimiento de parámetros de diseño mecánico necesarios para el desempeño del prototipo. Del mismo modo cuenta con un proceso de diseño concurrente.

También cuenta con una validación de diseño virtual por medio de software CAD-CAE, para pronosticar posibles fallas en el prototipo 2. Además el diseño mencionado pone en evidencia las especificaciones previstas, para así cumplir con las necesidades del proceso de empaçado. Dichas necesidades de empaçado conllevan a un diseño neumático complejo, cumpliendo con condiciones de diseño y operación, logrando el buen desempeño del prototipo 2.

##### 4.4.1. Diseño estático de la estructura

La estructura del prototipo de máquina empacadora de galletas debe soportar los esfuerzos y deformaciones causadas por las diversas cargas presentes. Las cargas más relevantes del prototipo son el momento ocasionado por la fuerza ejercida por el cilindro neumático y la fuerza ocasionada por el peso del sistema de cuello formador y tubo empacador (ver figura 21). Este sistema hizo parte del prototipo 1, y se acondicionó para ser utilizado en el prototipo 2, manteniendo su función primordial en el proceso de empaçado.



Figura 21: Sistema de cuello formador y tubo empacador. Fuente autor

- \* **Análisis estático de la estructura:** En el diseño de la estructura es considerable analizar diferentes alternativas para lograr una estructura que cumpla con los parámetros y especificaciones previstas en la sección 4.2.



En la figura 22 se muestran las alternativas de diseño para la fabricación de la estructura del prototipo de maquina empacadora industrial.

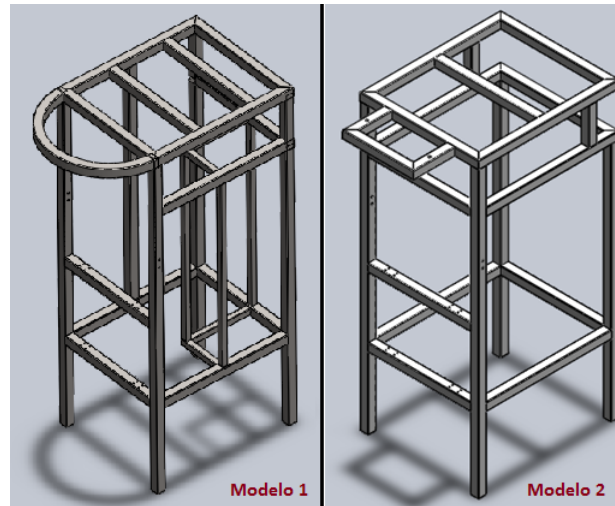


Figura 22: Alternativas de diseño de la estructura. Fuente autor

Luego de un previo análisis de optimización de forma en ANSYS, se analizó que el modelo 1 esta sobre-diseñado para las especificaciones del prototipo 2, evidenciando el exceso de material (ver figura 23).

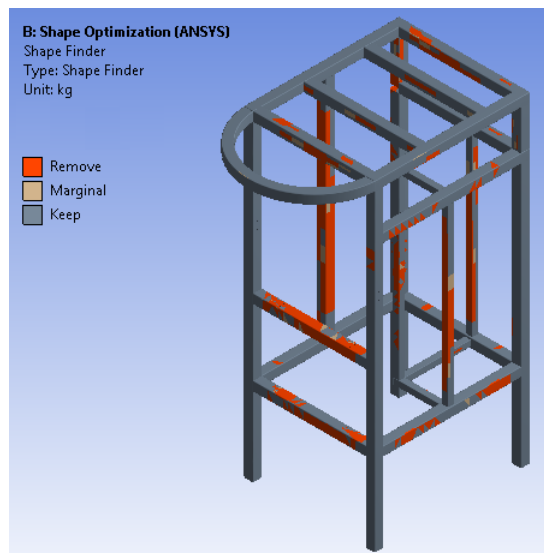


Figura 23: Análisis de optimizacion de forma Fuente autor

Se escogió el modelo 2, que se ajusta mejor a las condiciones requeridas por el proto-

tipo. Este modelo cuenta con un diseño modular de fácil mantenimiento comparado con la estructura del modelo 1. Además se selecciono por su reducción de material, ya que el modelo 1 requiere mas material para su construcción (aproximadamente 4 metros de tubo mas que el modelo 2).

Analizando el diseño de la estructura 2 y asumiendo que la sección A-A se encuentra empotrada, debido a que la masa de la maquina es mucho mayor a la masa del sistema de cuello formador y tubo doblador, se obtiene que la sección más critica presente en la estructura es la sección A-A, debido al momento de 116,44 N-m, ocasionado por la fuerza de 281,59 N del cilindro C1 (fuerza máxima ejercida por el cilindro neumático) en el eje X. Dicha fuerza esta ubicada a una distancia de 42cm en el eje Y (ver figura 24). También se considera la fuerza ocasionada por el peso en el eje Y del sistema de cuello doblador y tubo empacador con una magnitud aproximada de 64 N, dividida en dos puntos simétricos de la estructura como se muestra en la figura 24. Estas fuerzas son las mayores cargas ubicadas en voladizo a una distancia de 55 mm del empotramiento presentes en el prototipo 2.

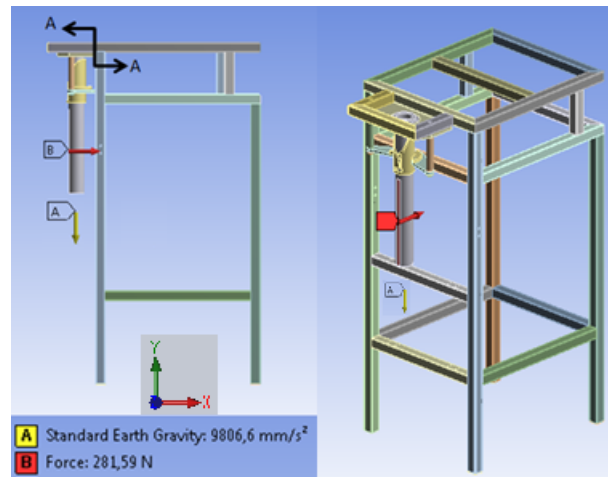


Figura 24: Cargas y sección A-A, de la estructura. Fuente autor

La suma de los momentos en el eje X, presentes en la estructura es de 122,48 N-m. Utilizando la ecuación  $\sigma = \frac{Mc}{I}$  del libro de Hamrock se obtiene un esfuerzo de diseño de 58,62 MPa.

Utilizando la siguiente ecuación del capítulo 6 del libro de Hamrock [12]:

$$n_s = \frac{\sigma_{Perm}}{\sigma_{Diseño}}$$

donde:

$$\sigma_{Perm} = 0,6 * S_y$$

$S_y$  =Esfuerzo de fluencia del material

Se obtiene un factor de seguridad de 3,01 soportando los esfuerzos ocasionados por las cargas criticas y asegurando la estructura de condiciones inciertas o desconocidas no asumidas en el diseño, tales como la implementación de cargas adicionales provenientes de proyectos futuros.

Analizando la estabilidad, afectada por las cargas presentes en el prototipo, para evitar volcamiento de la estructura. Se comparo el peso de la maquina empacadora (aproximadamente 50 kg) con respecto al peso del sistema de cuello doblador y tubo empacador (aproximadamente 6 kg), concluyendo que la estabilidad del prototipo basado en la diferencia considerable de pesos de la maquina, no sufre volcadura inminente.

#### 4.4.2. Selección de materiales del prototipo 2

El diseño del prototipo de maquina empacadora de galletas, cuenta con una selección de materiales metálicos utilizados para el diseño y posterior construcción. Cada uno de estos materiales desempeña una función específica en el funcionamiento del prototipo 2.

Los materiales metálicos seleccionados son:

- \* **Acero 1020:** Seleccionado para el diseño y manufactura de la estructura de la maquina empacadora. Posee un mejor desempeño en las propiedades de maquinabilidad y soldabilidad, comparado con otros aceros de alto carbono. Es el acero más económico del mercado.
- \* **Acero inoxidable 304:** Seleccionado en el diseño y manufactura de piezas en contacto con las galletas (producto a empacar), para cumplir con las condiciones de higiene en el empacado de alimentos. También es seleccionado para la fabricación de varillas circulares de guía de los movimientos vertical y horizontal, ya que es un material resistente a la corrosión.
- \* **Aluminio:** Seleccionado para el diseño y manufactura de piezas móviles, por su bajo peso y alta maleabilidad en comparación al acero 1020. Es además seleccionado

para la manufactura del sistema de resistencias por su mayor conductividad térmica en comparación al acero.

\* **Latón:** Seleccionado para el diseño y manufactura de bujes de deslizamiento.

#### 4.4.3. Diseño de las bandas transportadoras

El diseño de las bandas transportadoras fue realizado básicamente para el movimiento de alimentos. El prototipo de máquina empacadora de galletas consta de 2 bandas transportadoras, encargadas de suministrar el material a empacar y transportar el producto ya empacado.

\* **Banda transportadora 1:** Es la encargada de llevar las galletas (producto a empacar) al tubo formador donde caerán por gravedad a los procesos de sellado, corte y avance del paquete. La banda transportadora 1 (ver figura 25) está conformada por un cuerpo en lamina de acero inoxidable en forma de canal para evitar la salida del producto a empacar y como guía de la cinta de lona. Dos rodillos de acero son los encargados de transmitir el movimiento a la cinta de transporte. La mencionada cinta es elaborada en material especial para transporte de alimentos, la cual es deslizada sobre la lámina de acero inoxidable por acción de los rodillos.

Para facilitar el giro de los rodillos se implementaron rodamientos de bolas, reduciendo la fricción ocasionada por el movimiento. En el rodillo tensor se instalaron rodamientos en la parte interna del rodillo y en el rodillo impulsor se instalaron rodamientos en los terminales del eje.



Figura 25: Banda transportadora 1. Fuente autor

Los rodamientos recomendados para reducir la fricción ocasionada entre el eje y el soporte, debido al giro del motor, son del tipo de rodamiento de bolas, ya que soportan los esfuerzos radiales ocasionados por el movimiento y tienen un costo mas bajo que otros tipos de rodamientos. Los tamaños utilizados fueron  $\varnothing_{int} = 3/8''$  (9,52mm),  $\varnothing_{ext} = 7/8''$  (22,22mm), *espesor* = 9/32'' (7,14mm) y  $\varnothing_{int} = 5/8''$  (15,87mm),  $\varnothing_{ext} = 1'' \frac{1}{8}$  (28,57mm), *espesor* = 9/32'' (7,14mm).

El movimiento suministrado a la banda 1, es realizado por medio de un motor-reductor en DC, conectado a la banda transportadora 1 mediante un acople de araña para corregir desalineamientos y posibles vibraciones. Además contiene un sensor capacitivo encargado del conteo de galletas. Este sensor está ubicado en la parte superior, sobre un soporte acoplado a la estructura de la banda transportadora 1.

La banda 1 tiene una velocidad aproximada de 5,6 m/min para el transporte de galletas. La velocidad de funcionamiento de la banda se seleccionó entre un rango de 4 a 6 m/min, debido a que el sensor capacitivo en este rango de velocidad, logra adecuadamente el conteo del material a empacar.

El motor-reductor empleado en la banda 1, fue acondicionado para el funcionamiento de la banda transportadora 1 (ver figura 26). El motor-reductor mencionado hacia parte del prototipo 1 de máquina empacadora.



Figura 26: Acondicionamiento del motor-reductor. Fuente autor

- \* **Banda transportadora 2:** Es la encargada de mover el paquete ya terminado a un lugar de almacenamiento, previniendo la congestión de paquetes en la salida del proceso de empacado. La banda 2 se encuentra inclinada aproximadamente  $20^\circ$  sobre la horizontal en sentido ascendente para facilitar la manipulación del paquete ya empacado (ver figura 27). Además la banda 2 está conformada por un cuerpo en lámina

de acero inoxidable en forma de canal para evitar la caída de los paquetes y como guía para la cinta transportadora. También cuenta con 2 rodillos encargados de transmitir el movimiento a la cinta de caucho.

En la banda transportadora 2 también se emplearon rodamientos para reducir la fricción entre el eje y el soporte, ocasionada por el giro del motor-reductor. Los tamaños utilizados fueron  $\varnothing_{int} = 1/2''$  ( $25,4mm$ ),  $\varnothing_{ext} = 1''\frac{1}{8}$  ( $28,56mm$ ),  $espesor = 1/4''$  ( $6,35mm$ ) y  $\varnothing_{int} = 3/4''$  ( $19,05mm$ ),  $\varnothing_{ext} = 1''\frac{5}{8}$  ( $41,27mm$ ),  $espesor = 5/16''$  ( $7,94mm$ ). La ubicación de los rodamientos es igual a la de la banda transportadora 1.

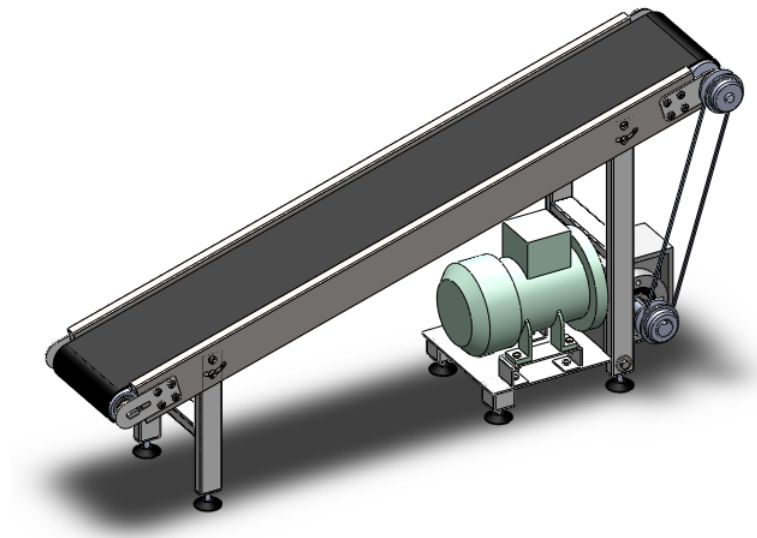


Figura 27: Banda transportadora 2. Fuente autor

La cinta transportadora es fabricada en caucho con una superficie corrugada para evitar el deslizamiento del paquete de galletas. El movimiento es generado por un motor-reductor de AC (ver figura 28), conectado al rodillo impulsor por medio de un sistema de poleas y correa, con una relación de 1:1, para no perder la relación de fábrica del motor-reductor, el cual fue comprado a pedido y con una relación determinada de 60:1, para lograr una velocidad adecuada de la cinta transportadora, garantizando el traslado del paquete sin el deslizamiento por la banda, debido a su inclinación. Este sistema fue empleado debido a la ubicación distante entre el motor-reductor y el rodillo impulsor, considerando la difícil conexión directa entre dichos elementos. La banda transportadora 2 tiene una velocidad aproximada de 4,5 m/min, para transportar el material a su destino final.

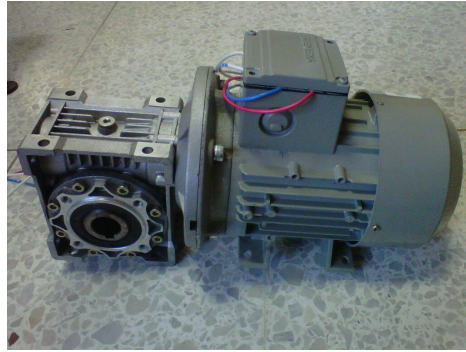


Figura 28: Motor-reductor de la banda 2. Fuente autor

La banda transportadora 2 cuenta con una estructura propia fabricada en tubo estructural rectangular de 1,5" x 3/4". La estructura de la base del motor-reductor es fabricada en tubo estructural cuadrado de 1,5" y lamina de acero 1020. A su vez la base mencionada está acoplada mediante tornillos a la estructura de la banda transportadora 2.

Para ver más detalles de las bandas transportadoras dirigirse al anexo B.

#### 4.4.4. Diseño del sistema neumático

El sistema neumático será el encargado del movimiento lineal (horizontal y vertical), realizado y controlado por instrumentación neumática en las diferentes etapas de empaclado. La reutilización de elementos neumáticos del prototipo 1, ayudó a economizar la construcción del la maquina empacladora de galletas, evitando la compra de nuevos elementos.

Los cilindros neumáticos de 20mm de diámetro, tienen una fuerza máxima de 281,59 N, a una presión de 130 Psi (896,32 kPa) en el movimiento de avance del embolo y 236,53 N en el movimiento de retroceso del embolo en los cilindros doble efecto. Cada cilindro es capaz de cumplir con la necesidad del proceso de empaclado, ya sea de movimiento o presión para sellado y corte del paquete del prototipo 2.

La fuerza más critica es la ejercida por el cilindro C3 encargado del avance del paquete en el movimiento de retroceso del embolo con una magnitud aproximada de 30 N. Esta magnitud es el resultado de la fuerza ocasionada por el peso del sistema de mordazas de sellado horizontal y corte (aproximadamente 3 kg). Con una presión de trabajo de 50 Psi (344,74 kPa) el cilindro ejerce una fuerza máxima de 108,3 N, capaz de levantar dicho sistema y cumpliendo con las necesidades de empaclado.

En la figura 29 se muestra el plano neumático del prototipo de maquina empacadora de galletas.

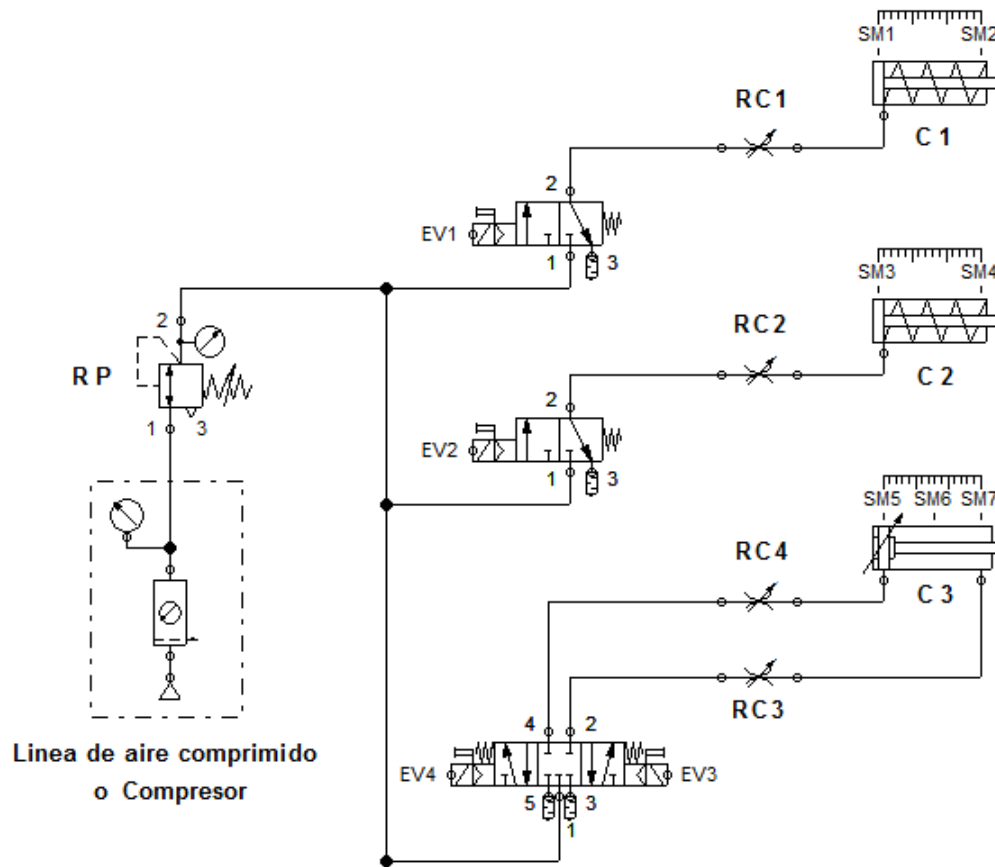


Figura 29: Plano neumático del prototipo 2. Fuente autor

El proceso del circuito neumático se describe de la siguiente forma:

Por medio de un actuador neumático de simple efecto (C1), la mordaza de sellado vertical es accionada. De igual manera el cilindro de simple efecto (C2) acciona la mordaza de sellado horizontal y de corte del polipropileno, material utilizado para empacar galletas. Además el avance del papel es realizado por un cilindro doble efecto (C3), encargado de garantizar 2 posiciones de avance del embolo, por medio de una electroválvula 5/3 de centro cerrado (EV3 Y EV4). Estas 2 posiciones corresponderán a las 2 opciones de tamaño de paquete (paquete pequeño y paquete grande).

El accionamiento de los cilindros C1 y C2 de simple efecto está controlado por las electroválvulas 3/2, EV1 y EV2 respectivamente. La velocidad con la que son accionados los



actuadores lineales es controlada mediante reguladoras de caudal (RC1, RC2, RC3, RC4), situadas en la entrada de cada cilindro neumático. Para protección de los elementos neumáticos del sistema en general, es implementada una reguladora de presión, la cual se encargara de mantener una presión de trabajo de 50 Psi, en el sistema neumático. Dicha presión es seleccionada debido a que en estas condiciones los elementos neumáticos cumplen con sus funciones específicas, logrando la fuerza necesaria para su correcto desempeño.

Los 4 solenoides de las electroválvulas son accionados por una tensión de 110 voltios, para unificar el valor con las electroválvulas antiguas implementadas en el prototipo 1 y reutilizadas en el prototipo 2. En la tabla 2 se muestra información detallada, correspondiente a la nomenclatura y descripción del sistema neumático.

Nomenclatura	Nombre	Función	Características principales
C1	Cilindro simple efecto	Encargado del movimiento de la resistencia eléctrica vertical.	$\varnothing = 20$ mm carrera: 20 mm
C2	Cilindro simple efecto	Encargado del movimiento de la resistencia eléctrica horizontal y corte del plástico.	$\varnothing = 20$ mm carrera: 75mm
C3	Cilindro doble efecto	Encargado del avance del plástico.	$\varnothing = 20$ mm carrera: 150 mm
EV1	Electroválvula 3/2	Encargada del accionamiento del cilindro C1	Voltaje: 110 AC Vías: 3/2
EV2	Electroválvula 3/2	Encargada del accionamiento del cilindro C2	Voltaje: 110 AC Vías: 3/2
EV3	Electroválvula 5/3, solenoide derecho	Encargada del accionamiento del movimiento de retroceso del embolo del cilindro C3	Voltaje: 110 AC Vías: 5/3
EV4	Electroválvula 5/3, solenoide izquierdo	Encargada del accionamiento del movimiento de avance del embolo del cilindro C3	Voltaje: 110 AC Vías: 5/3
RC1	Regulador de caudal	Encargado de regular el caudal del cilindro C1	P de trabajo: 7 – 135 Psi
RC2	Regulador de caudal	Encargado de regular el caudal del cilindro C2	P de trabajo: 7 – 135 Psi
RC3	Regulador de caudal	Encargado de regular el caudal del cilindro C3 para el movimiento de retroceso del vástago	P de trabajo: 7 – 135 Psi
RC4	Regulador de caudal	Encargado de regular el caudal del cilindro C3 para el movimiento de avance del vástago	P de trabajo: 7 – 135 Psi
RP	Regulador de presión	Encargado de regular la presión del sistema neumático a un set-point determinado por el usuario.	P de trabajo: 7 – 128 Psi

Tabla 2: Nomenclatura del sistema neumático. Fuente autor

**\* Tecnología neumática:** La tecnología neumáticos implementada en este proyecto consta de diferentes elementos neumáticos necesarios para el buen funcionamiento del sistema (ver figura 30). Para ver más detalles de los elementos neumáticos diríjase al anexo A. En la tabla 3 se muestra los elementos que constituyen el sistema neumático del prototipo 2 de maquina empacadora.

Cantidad	Elemento
2	Actuador lineal neumático simple efecto
1	Actuador lineal neumático doble efecto
4	Regulador de caudal
1	Regulador de presión
2	Electroválvula 3/2
1	Electroválvula 5/3
4	Silenciador
21	Racor

Tabla 3: Elementos neumáticos del prototipo 2. Fuente autor



Figura 30: Elementos neumáticos. Fuente autor

#### 4.4.5. Diseño básico del sistema de sellado y corte del plástico

Para lograr un proceso completo de empaqueo es necesario realizar el sellado, ya sea vertical o horizontal y corte del material del empaque. En el prototipo de máquina empaquera de galletas se implementó polipropileno para la elaboración del paquete.

El sistema de sellado y corte del paquete se diseñó mediante mordazas accionadas por cilindros neumáticos, encargados de ejercer la presión necesaria para sellar y cortar con la ayuda de la temperatura de las resistencias eléctricas. Dicha temperatura se alcanza por acción de la corriente eléctrica emitida por la resistencia. Estas resistencias son del tipo de varilla circular de  $\varnothing 1/8''$  con una longitud de 15 cm y tensión de 110 VAC . Con estas condiciones comerciales se obtiene una temperatura aproximadamente de  $180^{\circ}\text{C}$ , capaz de sellar y cortar el plástico de empaqueo del producto. La temperatura de corte y sellado

depende del calibre y material utilizado en el empaque. Se utilizó 2 resistencias una para el sellado vertical y otra para el sellado horizontal y corte del paquete.

Para lograr la transferencia de calor necesaria, se implementó un perfil en aluminio de forma rectangular con una aleta lateral, el cual contiene la resistencia eléctrica en su interior transfiriendo el calor hasta la aleta, la cual se encargará del proceso de sellado y corte del paquete. Para aislar térmicamente las resistencias de las láminas de soporte, se utilizaron láminas de asbesto (ver imagen 31).

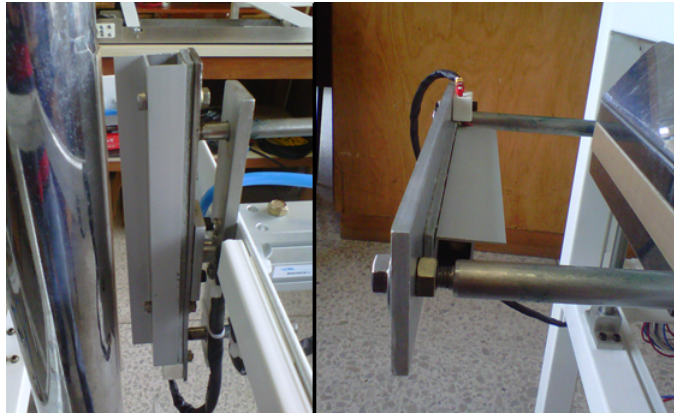


Figura 31: Resistencias eléctricas. Fuente autor

#### 4.4.6. Diseño virtual del prototipo basado en software CAD

El diseño virtual del prototipo de máquina empacadora de galletas se realizó mediante el software de diseño asistido por computador, Solid Works (ver figura 32). Dicho diseño ayudo a reducir y visualizar problemas de ensamblaje y evaluar la apariencia final del diseño del prototipo 2 sin su previa construcción.

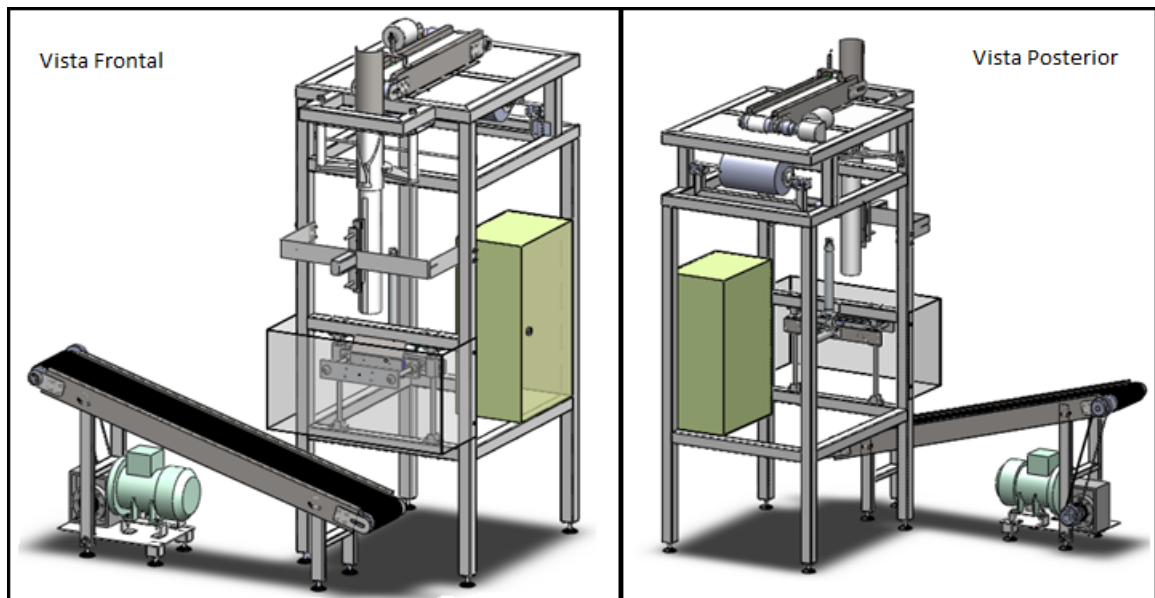


Figura 32: Diseño virtual del prototipo 2. Fuente autor

Posteriormente se efectuará la validación del diseño elaborado en Solid Works por medio de software CAE (ANSYS).

#### 4.5. ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA POR MEDIO DE SOFTWARE CAE

Por medio del software CAE, el diseño virtual del prototipo de máquina empacadora de galletas es validado para diagnosticar posibles fallas que afecten el diseño y funcionamiento del mismo. Además se logra visualizar los diferentes comportamientos como deformaciones y esfuerzos ocasionados por las cargas presentes en la máquina. ANSYS es el software utilizado para la validación del diseño virtual, realizando un análisis estático estructural del prototipo 2.

La simulación es basada en el análisis y consideraciones tomadas previamente en la sección 4.4.1 del diseño estático de la estructura. Se aplicó una fuerza en el eje X máxima de 281,59 N, ocasionada por el cilindro C1. Dicha fuerza es situada en la cara frontal del tubo empacador. La gravedad de sistema a simular es considerada para un mejor análisis.

Es en la sección 4.4.1 del análisis estático de la estructura, se asumió la sección A-A como empotrada, debido a la diferencia considerable de pesos entre la máquina y el sistema de cuello doblador y tubo empacador. En la figura 33 se muestra la distribución de cargas y el apoyo utilizado para considerar la sección A-A como empotrada.

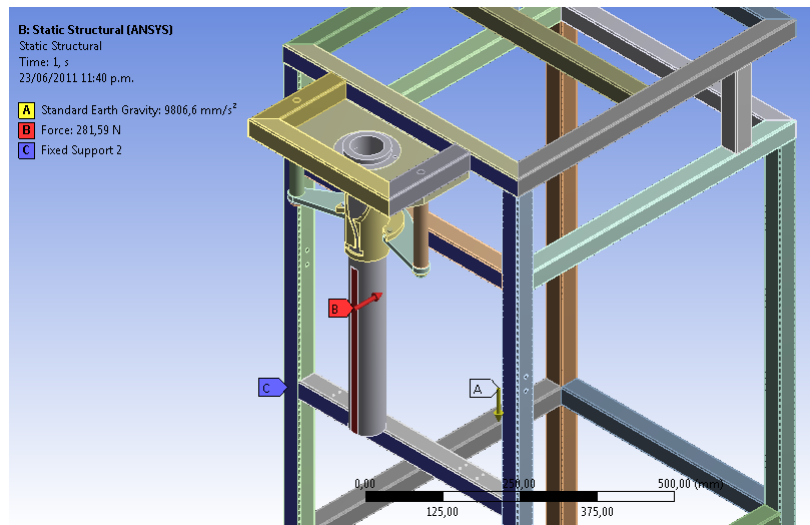


Figura 33: Distribución de cargas

En la figura 34 se muestra el análisis estático estructural realizado a la estructura del prototipo de maquina empacadora de galletas.

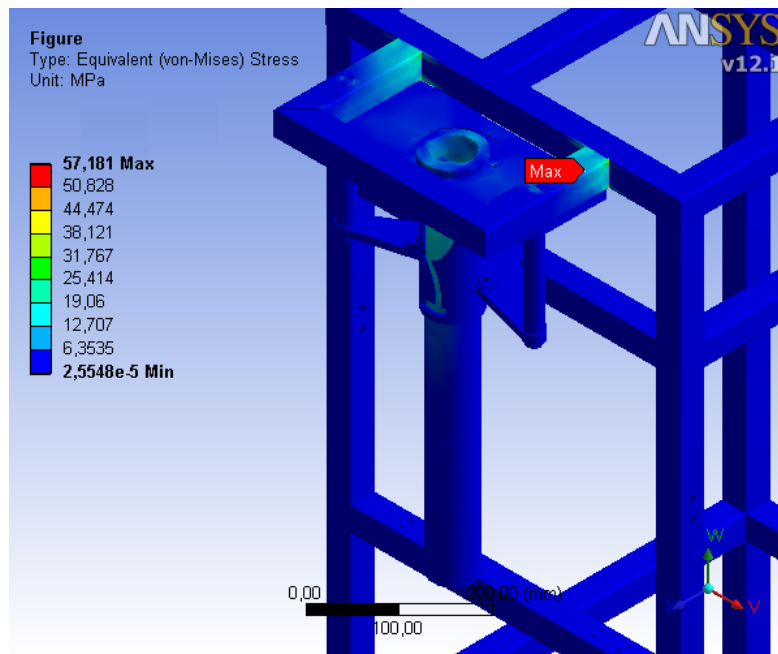


Figura 34: Análisis de esfuerzo equivalente (von-Mises). Fuente autor

En la figura anterior se muestra el esfuerzo máximo ubicado en el empotramiento siendo consecuentes con el análisis estático previo a la simulación. En consecuencia a la carga

realizada verticalmente se ocasiona una deformación máxima en el extremo inferior del tubo empacador (ver figura 35).

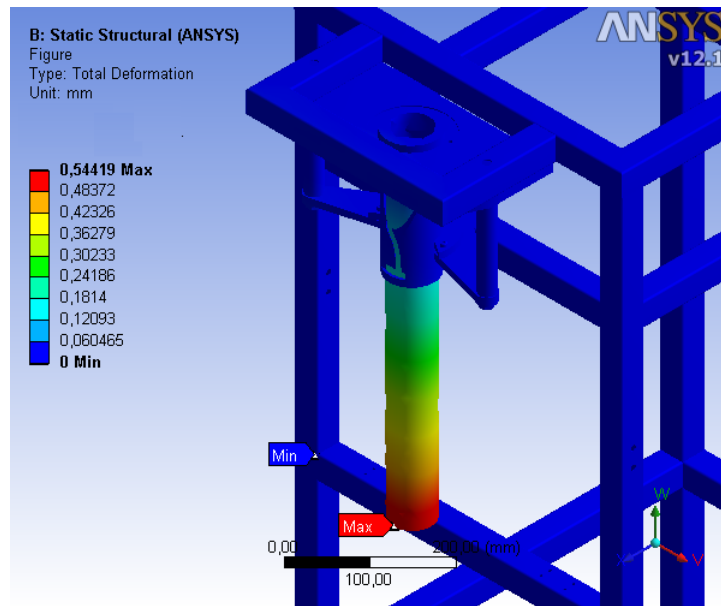


Figura 35: Análisis de deformación total. Fuente autor

Con la validación del diseño estructural en ANSYS, se pudo observar y analizar que la estructura soporta los esfuerzos producidos por las cargas presentes en el prototipo 2, con un factor de seguridad de 4,3. Para ver más detalles del análisis estructural estático, dirigirse al anexo C.

#### 4.6. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DEL PROTOTIPO 2

La construcción y ensamble del prototipo, está basada en las especificaciones previstas en el diseño y simulación del mismo. Estas actividades mencionadas de manufactura requieren de procesos de fabricación, sistemas de unión y cableado de instrumentación electrónica.

La construcción y ensamblaje cuenta con un proceso secuencial de etapas para una administración adecuada del proceso, empezando desde fabricación de estructuras, piezas pequeñas y móviles, llegando hasta el ensamblaje completo del prototipo.

El conjunto de piezas que conforman el sistema de cuello formador y tubo empacador, fue reutilizado del prototipo 1 de máquina empacadora.

#### 4.6.1. Procesos de fabricación empleados

En la construcción del prototipo de maquina empacadora de galletas, se emplearon diversos procesos de fabricación necesarios para el funcionamiento y cumplimiento de las especificaciones del prototipo.

- \* Proceso de soldadura: Se empleó dos tipos de unión permanente de elementos de máquinas. El primero fue soldadura con electrodo (electrodo 6013 Ø3/32”), utilizado en la unión de las diferentes partes que conforman la estructura de la maquina. El electrodo se selecciono bajo el criterio comercial, de fácil obtención. El diámetro se selecciono para que manejara un amperaje adecuado para soldar el tubo de la estructura, ya que es de un calibre delgado (calibre 18). El segundo tipo fue soldadura TIC, utilizada en la unión de piezas, tales como acero 304 y aluminio (ver figura 36).



Figura 36: Diferentes piezas soldadas en el prototipo 2. Fuente autor

- \* Proceso de mecanizado: En el mecanizado de piezas del prototipo 2 de máquina empacadora, se utilizó diferentes procesos entre los que se destacan:
  - ◆ Torneado: Se empleó para la elaboración de piezas tales como collarines, soportes de varillas, acoples roscados de cilindros neumáticos, bujes, roscas externas y conos de sujeción del rollo de polipropileno (ver figura 37).
  - ◆ Doblado: Se empleó en el doblado de láminas, presentes en las bandas transportadoras, bandejas de superficie de la estructura y demás laminas que constituyen el prototipo 2 de maquina empacadora (ver figura 38).

- ◆ Taladrado: Se empleó en diferentes elementos, en los cuales se hace necesario la perforación de agujeros de diferentes diámetros para su posterior ensamblaje o acoplamiento.



Figura 37: Algunas piezas mecanizadas presentes en el prototipo 2. Fuente autor



Figura 38: Algunas laminas dobladas presentes en el prototipo 2. Fuente autor

- \* Proceso de pintura: En el prototipo 2 de maquina empacadora, se empleó un proceso de pintura. Primero se aplicó una capa de wash primer, un acondicionador de superficies metálicas. Luego se aplicó una capa de base gris para su posterior pintado. Finalmente se aplicó una capa de laca blanca para dar el acabado final al proceso de pintura. La determinación del color se optó por la característica de visibilidad que suministra el color blanco ante cualquier impureza o residuo, para lograr un mantenimiento constante enfocado en la higiene del prototipo (ver figura 39).





Figura 39: Proceso de pintura del prototipo 2. Fuente autor

#### 4.6.2. Sistemas de unión no permanente de elementos

Para el ensamblaje del prototipo 2, se implementó el sistema de unión no permanente de elementos (ver figura 40). Las uniones no permanentes ofrecen un montaje y desmontaje fácil y recurrente, ya sea para mantenimiento preventivo o correctivo. La unión se realizó mediante diferentes clases de tornillos, dependiendo de su ubicación y de su facilidad de montaje. Los tamaños y tipos de cada tornillo dependen de su ubicación, funcionalidad y esfuerzo.



Figura 40: Sistemas de unión no permanente empleados en el prototipo 2. Fuente autor

#### 4.6.3. Cableado del sistema electrónico

El prototipo cuenta con diversos sensores e instrumentos electrónicos que hacen parte de la automatización. Además dispone de un gabinete de paso, encargado de comunicar la instrumentación del prototipo con el gabinete de control central. El mencionado gabinete tiene como dimensiones de alto, ancho y profundidad, 50x30x20 cm respectivamente. El cableado de los elementos mencionados al gabinete de paso es realizado por medio de una canaleta con división interna, separando señales de entrada y señales de salida (potencia), para evitar posibles ruidos en las señales de entradas. Se manejaron 2 tamaños de canaleta,

de 20x10 mm y 32x12 mm (ver figura 41), en los cuales el criterio de selección es la cantidad de cables de los elementos electrónicos que pueda contener cada canaleta. De este modo se hace un cableado adecuado previniendo riesgo eléctrico ocasionado por cables sueltos o pelados.

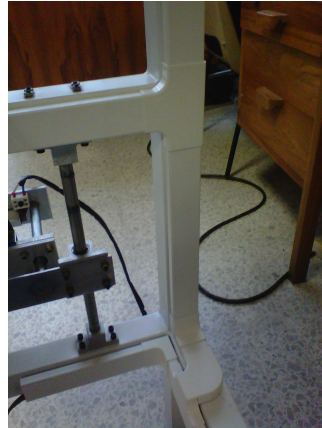


Figura 41: Canaleta implementada en el prototipo 2. Fuente autor

La comunicación entre el gabinete de paso y el gabinete central se realizó mediante 2 tuberías flexi conduit (ver figura 42), una encargada de contener los cables de las señales de entrada y la otra encargada de contener los cables de las señales de salida.



Figura 42: Tubería flexi conduit implementada en el prototipo 2. Fuente autor

Con la actividades de construcción y ensamble del prototipo 2 de maquina empacadora culminadas, se procede a la automatización del proceso de empacado manipulando señales de entrada y salidas digitales.

#### 4.7. AUTOMATIZACIÓN DEL PROTOTIPO 2

El proceso automático de empaqueo del prototipo 2 se realizó utilizando el sistema de control Siemens e instrumentación apropiada, que garantiza la evaluación de las variables del proceso, de modo que se obtiene el estado de las señales digitales y de acuerdo a él se controla los elementos finales de control. A su vez, la evaluación de estas señales implicó la implementación de un gabinete de paso, que brinda la conexión de las señales de entrada y salida con el gabinete principal, en el que están ubicados el hardware de control, los elementos de protección, conexión y los dispositivos de acondicionamiento de señal. El gabinete de paso hace parte de la estructura física del prototipo.

La automatización y elaboración de la interfaz de usuario (HMI) del prototipo 2, se desarrolló con la participación de un estudiante de ingeniería electrónica integrante del proyecto interdisciplinar.

##### 4.7.1. Instrumentación electrónica en el prototipo 2

Para llevar a cabo la automatización del proceso de empaqueo del prototipo, se implementó diversos sensores capaces de registrar señales para un manejo automático del sistema (ver figura 43). También se utilizaron resistencias eléctricas para el sellado y corte del paquete. En la tabla 4 se muestran todos los sensores y elementos electrónicos utilizados en el prototipo 2.

Cantidad	Elemento	Características
1	Pulsador de encendido de la maquina	24 VDC, Normalmente abierto
1	Pulsador de parada de emergencia de la maquina	24 VDC, Normalmente cerrado
1	Sensor capacitivo	24 VDC, NPN
7	Sensor magnético de posición para cilindros neumáticos	24 VDC
1	Motor-reductor DC	36 VDC, 50 RPM
1	Motor-reductor AC	220 VAC, 28 RPM, 1/2 HP
4	Bobinas para válvulas solenoides	110 VAC
2	Resistencias tipo varilla circular	110 VAC, longitud 15 cm, 140 Watts

Tabla 4: Instrumentación electrónica del prototipo 2. Fuente autor



Figura 43: Instrumentación electrónica. Fuente autor

El sensor capacitivo es de referencia NPN, al cual se hizo necesario realizar un circuito para el ajuste de la señal (ver figura 44).

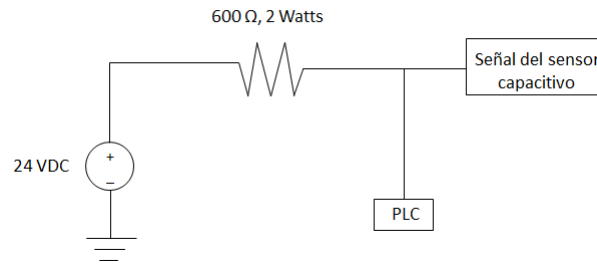


Figura 44: Circuito de ajuste de la señal. Fuente autor

#### 4.7.2. Inventario de señales

En la automatización del prototipo, se utilizaron 18 señales digitales en total, distribuidas en 10 entradas y 8 salidas (ver tabla 5 y 6 respectivamente)

##### \* Entradas digitales del prototipo:

Nomenclatura	Descripción de la variable	Voltaje de operación
P1	Pulsador encargado de energizar el prototipo de maquina empacadora de galletas.	0 - 24 VDC
P2	Pulsador encargado de la parada de emergencia del prototipo de maquina empacadora.	0 - 24 VDC
SM1	Sensor magnético encargado de indicar la posición de avance del embolo del cilindro simple efecto responsable de la resistencia vertical.	0 - 24 VDC
SM2	Sensor magnético encargado de indicar la posición de retroceso del embolo del cilindro simple efecto responsable de la resistencia vertical.	0 - 24 VDC
SM3	Sensor magnético encargado de indicar la posición de retroceso del embolo del cilindro simple efecto responsable de la resistencia horizontal y corte del plástico.	0 - 24 VDC
SM4	Sensor magnético encargado de indicar la posición de avance del cilindro simple efecto responsable de la resistencia horizontal y corte del plástico.	0 - 24 VDC
SM5	Sensor magnético encargado de indicar la posición de retroceso del embolo del cilindro doble efecto responsable del avance del paquete.	0 - 24 VDC
SM6	Sensor magnético encargado de indicar la posición intermedia del cilindro doble efecto responsable del avance del paquete para el tamaño 1.	0 - 24 VDC
SM7	Sensor magnético encargado de indicar la posición de avance del embolo del cilindro doble efecto responsable del avance del paquete para el tamaño 2.	0 - 24 VDC
SC	Sensor capacitivo encargado de contar el producto a empacar (galletas) ya sea el tamaño de paquete 1 ó 2.	0 - 24 VDC

Tabla 5: Entradas digitales del prototipo 2. Fuente autor

**\* Salidas digitales del prototipo:**

Nomenclatura	Descripción de la variable	Voltaje de operación
R1	Resistencia encargada del sellado vertical	0 - 110 VAC
R2	Resistencia encargada del sellado y corte horizontal	0 - 110 VAC
M1	Motor-reductor encargado de mover la banda trasportadora de suministro del producto a empacar	0 - 24 VDC
M2	Motor-reductor encargado de mover la banda trasportadora del producto ya empacado	0 - 220 VAC
EV1	Solenoides encargado de activar la electroválvula del sistema de sellado vertical	0 - 110 VAC
EV2	Solenoides encargado de activar la electroválvula del sistema de sellado y corte horizontal	0 - 110 VAC
EV3	Solenoides derecho encargado de activar la electroválvula del sistema de avance del papel en sentido ascendente	0 - 110 VAC
EV4	Solenoides izquierdo encargado de activar la electroválvula del sistema de avance del papel en sentido descendente	0 - 110 VAC

Tabla 6: Salidas digitales del prototipo 2. Fuente autor

### 4.7.3. Proceso de automatización

El gabinete de paso implementado en el prototipo 2 consta de 34 bornas, (31 universales y 3 para tierra) ordenadas en dos diferentes filas, la primera contiene las señales de entrada y la segunda las señales de salida (ver figura 45).

Debido a un inconveniente el PLC Siemens Simatic S7-300 no está disponible temporalmente. No obstante se reemplazó con un PLC Siemens Simatic S7-200 para poder lograr la automatización del prototipo 2, para culminación del proyecto interdisciplinar. El reemplazo del PLC no afecta en ningún aspecto al objetivo principal del proyecto en mención.



Figura 45: Gabinete de paso del prototipo 2. Fuente autor

El gabinete de control central utilizado en la automatización (ver figura 46), cuenta con un PLC Simatic S7-200 (CPU 226 AC/DC/RELE), un módulo *ethernet* (CP 243-1 *Ethernet* CP), un *Switch* SCALANCE 200 (SCALANCE-X208), una fuente de voltaje de 24VDC, 5A (PS 307 5A), una pantalla táctil (TP 177B), 143 bornas (13 bornas para tierra, 8 portafusibles y 122 universales) distribuidas en la etapa de control y potencia. La protección se implementó con un totalizador (EZC100N 20 A) y un disyuntor bipolar (C60N 400V). Además cuenta con un guarda-motor (GV2ME07 1,6-2,5 A), implementado para protección del motor-reductor trifásico. Este gabinete fue implementado por estudiantes de ingeniería electrónica con anterioridad del proyecto expuesto en este documento. Para ver más detalles técnicos de la arquitectura de automatización dirijase al Anexo D.

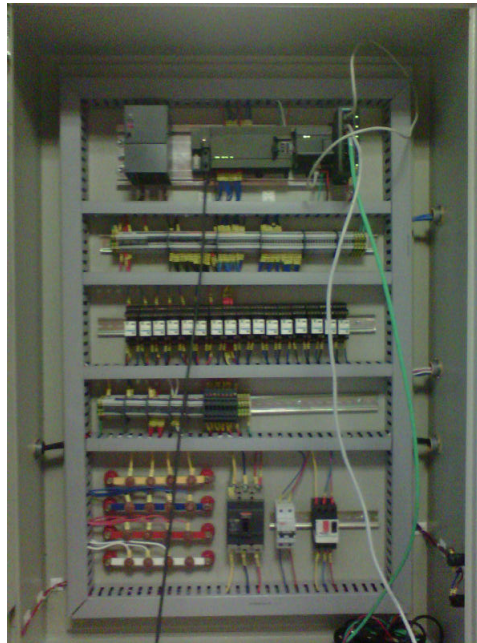


Figura 46: Gabinete de control central. Fuente autor

En la automatización del prototipo de maquina empacadora de galletas, se utilizó el software de programación Simatic Step 7 Micro Win, implementando un lenguaje de programación KOP, para la manipulación de las señales digitales de entrada y salida presentes en el prototipo. En la figura 47 se expone el diagrama de flujo realizado para la automatización del prototipo de maquina empacadora de galletas.

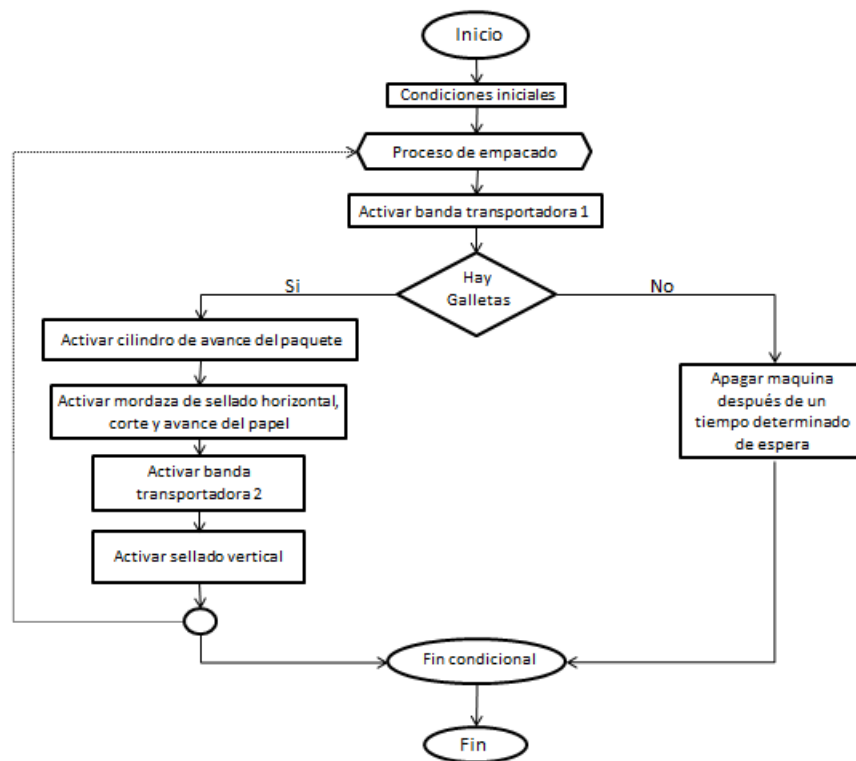


Figura 47: Diagrama de flujo. Fuente autor

El proceso de automatización empieza con la verificación de entradas y salidas digitales del prototipo. Luego se procede con la conexión entre la CPU del PLC con el computador por medio del cable *multi-master* USB/PPI (1P 6ES7 901-3DB30-0XA0) para la configuración de la comunicación entre el PLC y el software Step 7. Posteriormente se sigue con la creación de la lógica de programación o bloques de programación, los cuales son los encargados de manipular las señales digitales y suministrar al prototipo la automatización del proceso de empaquetado. Finalmente se carga el programa de control en la CPU del PLC por medio de cable *Ethernet* y se ejecuta, administrando el proceso por medio de la interfaz de usuario.

Como proyecto futuro del estudiante de ingeniería electrónica, integrante del proyecto interdisciplinar, se efectuará la actividad de migrar la automatización al PLC S7-300, posterior a su implementación en el gabinete central, cuando esté disponible en el laboratorio de automatización. La variación del gabinete central para la implementación del PLC S7-300, consistirá en el remplazo del PLC existente junto con su módulo *Ethernet*, por el PLC (CPU 315F 2PN-DP), adicionando un módulo de expansión digital de 16 entradas y 16 salidas (SM323) y un módulo de expansión análoga de 4 entradas y 2 salidas (SM334).



#### 4.7.4. Interfaz de usuario (HMI)

Para la manipulación y administración del proceso de empaqueo de prototipo de maquina empacadora de galletas se implementó una interfaz de usuario. La elaboración de la interfaz, se llevó a cabo por medio del software WinCC Flexible suministrado por Siemens. La visualización y manejo de la interfaz se realizó por medio de un computador o una pantalla táctil Siemens SIMATIC TP 177B PN/DP, según sea el caso requerido. Para ver detalles de la pantalla táctil diríjase al Anexo D.

El proceso de implementación de la HMI empieza con la creación virtual de la interfaz de usuario por medio de la cual se administrara el proceso de empaqueo. Luego se procede a la comunicación entre el computador con el modulo *Ethernet* por medio del cable *multi-master* PPI. Posteriormente se procede a la comunicación vía *Ethernet* del *Swith* Scalance con la pantalla táctil. Finalmente se carga la interfaz para ser manipulada.

La interfaz de usuario cuenta con la opción de condiciones iniciales, para accionar la maquina cada vez que la maquina tenga un cambio de rollo de plástico (polipropileno). También presenta la opción de tamaño del paquete, ya sea grande o pequeño. Además cuenta con el accionamiento manual de cada elemento del prototipo 2, para la inspección de elementos móviles del prototipo (ver figura 48).

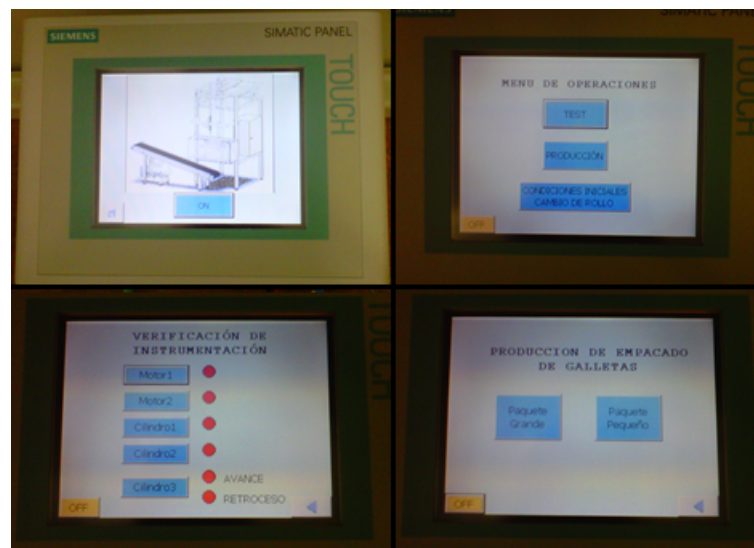


Figura 48: Interfaz de usuario (HMI), visualizada desde la pantalla táctil Siemens. Fuente autor

## 5. RESULTADOS

### 5.1. PROTOTIPO MAQUINA EMPACADORA DE GALLETAS

Al realizar integralmente todas las actividades de diseño, simulación, construcción y ensamblaje tenemos como resultado, el prototipo de maquina empacadora de galletas (ver figura 49). El prototipo mencionado cumple con todas las especificaciones previstas en la sección 4.2.

El prototipo 2 tiene como dimensiones aproximadas de alto, ancho y profundidad 150x54x90 cm respectivamente. Además cuenta con soportes niveladores para estabilizar la estructura en cualquier terreno rustico o desigual. Para visualizar los planos de todas las piezas diseñadas presentes en el prototipo de maquina empacadora de galletas, dirigirse al anexo B.



Figura 49: Prototipo de máquina empacadora de galletas. Fuente autor

Los usuarios del prototipo, antes de realizar cualquier actividad del proceso de empaqueo, se deben documentar de su funcionamiento y operabilidad. Para la lógica de programación se implementó temporizadores, contadores, memorias, contactares, entre otros. En la tabla 7 se expone el manual básico de funcionamiento del prototipo 2 para usuarios.

Paso	Actividad
1	Inspeccionar visualmente las piezas constituyentes del prototipo 2 para encontrar cualquier inconveniente que pueda afectar el desempeño del prototipo.
2	Lubricar piezas móviles, si lo requiere para evitar fricción en el movimiento, y así tener un funcionamiento adecuado.
3	Conectar la línea de aire comprimido al sistema neumático.
4	Establecer una presión de trabajo de 50 Psi en el regulador de presión, para obtener una presión que garantice un buen funcionamiento del prototipo.
5	Encender el compresor utilizado para suministrar el aire comprimido en los sistemas neumáticos del laboratorio de automatización.
6	Presurizar el sistema neumático del prototipo 2, permitiendo el flujo de aire comprimido en el compresor.
7	Energizar el gabinete central de control por medio del breaker de protección de tecnología Siemens ubicado en la caja de breakers del laboratorio de automatización de la UPB.
8	Activar todos los dispositivos de protección como breaker, totalizador, y guarda motor del gabinete de control principal.
9	Conectar el PLC con el computador por medio de conexión Ethernet y cargar el programa de control del prototipo 2, en el PLC.
10	Ejecutar el programa para manipular y visualizar el proceso de empaqueo de galletas del prototipo 2.
11	Administrar y manipular el proceso por medio de la interfaz de usuario, ya sea desde la pantalla táctil o el computador.
12	Al momento de apagar la maquina asegurarse de desconectar la línea de aire comprimido del compresor.
13	Desactivar adecuadamente todos los elementos electrónicos.

Tabla 7: Manual de funcionamiento de la maquina. Fuente autor

## 5.2. LÓGICA DE PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO 2

La lógica de control o bloques de programación son los encargados de la automatización del proceso de empaqueo del prototipo de maquina empaquera de galletas, logrando la visualización de una aplicación industrial automática de empaqueo. En la figura 50 se muestran algunos bloques de programación realizados en Step 7 Micro Win.

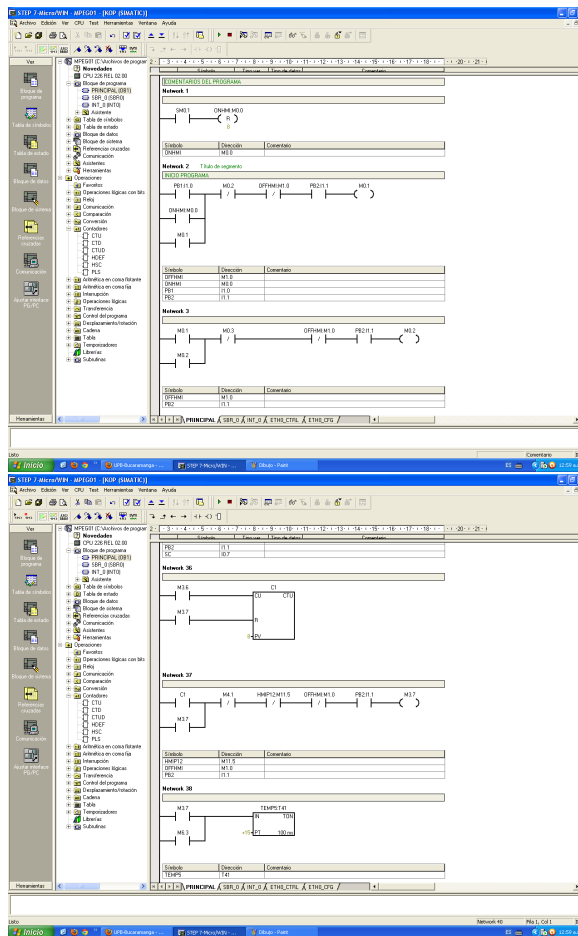


Figura 50: Bloques de programación. Fuente autor

Realizando variadas pruebas al prototipo de maquina empacadora de galletas se logró el objetivo de producción de 2 paquetes por minuto en la presentación grande y 4 paquetes por minuto en la presentación pequeña (ver figura 51).



Figura 51: Paquetes de galletas producidos por el prototipo 2. Fuente autor

En la tabla 8 se argumenta las pruebas realizadas, pasando desde pruebas iniciales, hasta llegar a las pruebas finales del prototipo 2.

Prueba	Conflicto	Solución
1	La banda transportadora 1 se desalineaba, causando descamamiento de la cinta transportadora. El motor 1 maneja baja potencia, el cual cuando ocurría el inconveniente de desalineamiento, el motor trataba de frenarse incrementando su amperaje.	Se alineo la banda transportadora regulando los tornillos del eje tensor de la banda 1.
2	Las reguladoras de caudal estaban al 100%, lo que ocasionaba un accionamiento de los pistones muy brusco.	Se ajustaron las reguladoras de caudal a un valor determinado para un movimiento suave cumpliendo con los requerimientos para el buen funcionamiento.
3	El sensor magnético SM2, presento incoherencias en su funcionamiento. Registraba posiciones inadecuadas del embolo del cilindro C1.	Se cambió el sensor magnético por otro de las mismas condiciones
4	El sensor capacitivo es de referencia NPN, lo que ocasionaba un mal registro de la señal. No cumplía con los requerimientos estipulados para la automatización del prototipo.	Se acondiciono un circuito de ajuste de la señal para obtener un buen funcionamiento y cumplir con la función adecuada.
5	El calentamiento de las resistencias, al principio era mínimo, sellando el plástico, pero no lo cortaba. Luego se incrementó mucho la temperatura y cortaba el plástico en lugar de sellarlo.	Se asignaron tiempos adecuados después de varias pruebas de funcionamiento. La temperatura de corte y sellado también depende del calibre del plástico utilizado para empacar.
6	Se trató de empacar diferentes materiales solidos diferentes a galletas, en algunos casos el sensor capacitivo registraba dicho material. Se utilizaron materiales como láminas de acrílico pedazos de cartón, entre otros. El tamaño del material solido fue escogido para que cumpliera con los requerimientos de desplazamiento por parte de la banda transportadora y que el tamaño del material sea menor que el tamaño del paquete (máx. 150mm de largo).	Para garantizar el funcionamiento del prototipo 2, con diferentes productos sólidos, se debe ajustar la sensibilidad y la distancia entre el sensor capacitivo y la cinta de transporte de la banda 1. Hay materiales que el sensor capacitivo no registra.

Tabla 8: Pruebas realizadas al prototipo 2. Fuente autor

### 5.3. INTERFAZ DE USUARIO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL PROTOTIPO DE MAQUINA EMPACADORA DE GALLETAS

Para la inspección del proceso de empacado de la maquina empacadora se implementó una interfaz de usuario, manipulable desde el computador o desde la pantalla táctil Siemens. En la interfaz se puede visualizar un menú principal, el cual cuenta con tres opciones:

**\* Verificación de elementos:** En este ítem se encuentra el accionamiento de los

elementos móviles tales como cilindros neumáticos y motor-reductores implementados en el prototipo. De este modo se logra inspeccionar los elementos para visualizar inconvenientes en su movimiento (ver figura 52).

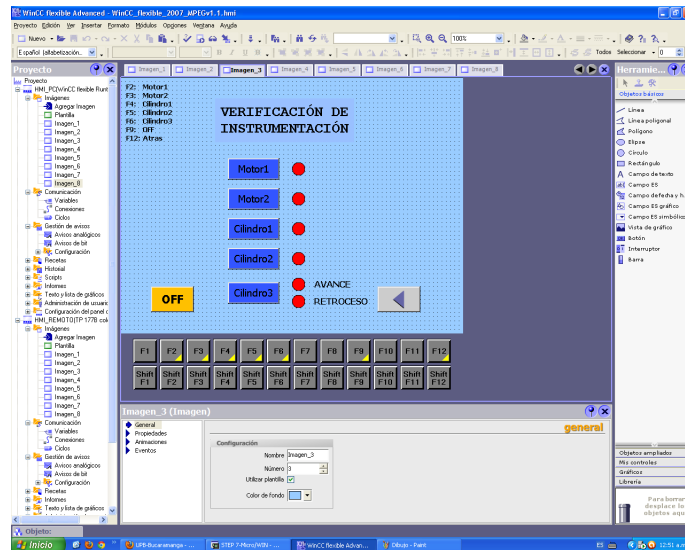


Figura 52: Verificación de elementos en la HMI. Fuente autor

- \* **Condiciones iniciales para el cambio de rollo:** Es indispensable realizar unas condiciones iniciales para el cambio de rollo de plástico cada vez que sea necesario. Con este ítem se tiene la facilidad de acoplar el plástico de empackado con el sistema de empackado, para su posterior proceso automático y secuencial (ver figura 53).

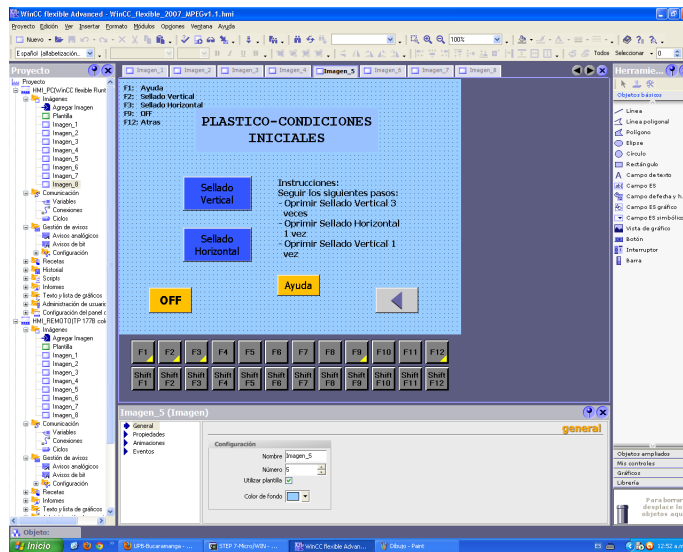


Figura 53: Condiciones iniciales en la HMI. Fuente autor

- \* **Producción de empaqueo de galletas:** Este ítem cuenta con la opción de empaqueo de 2 tamaños de paquete, ya sea tamaño grande o tamaño pequeño (ver figura 54).

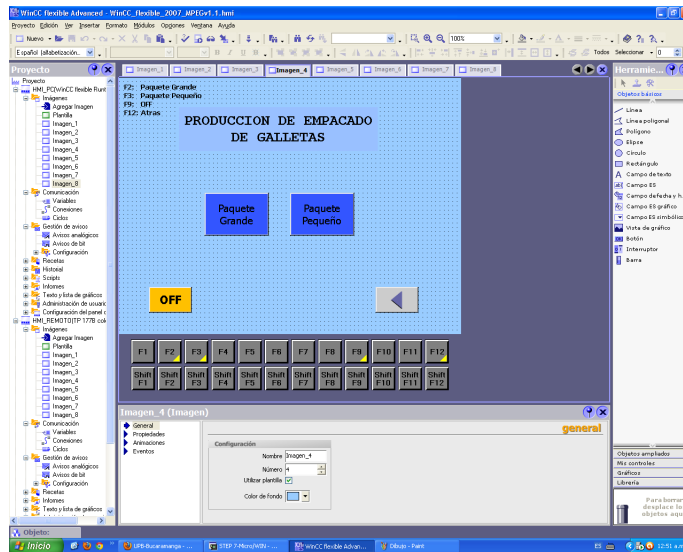


Figura 54: Producción de empaqueo de galletas en la HMI. Fuente autor

la interfaz de usuario del prototipo de máquina empaquera de galletas suministra interacción entre el usuario y la maquina, además la interfaz está calificada para la manipulación del proceso de empaqueo y sus etapas.

## CONCLUSIONES

- \* Con el desarrollo y culminación del prototipo de maquina empacadora de galletas, este proyecto logro la integración interdisciplinar de las facultades de ingeniería mecánica, electrónica e industrial, construyendo un prototipo capaz de producir 2 tamaños de paquetes, permitiendo la visualización didáctica de una aplicación industrial automatizada.
- \* Se realizo el diseño mecánico, considerando aspectos, tales como fácil construcción, economía y aspectos comerciales, entre otros. De este modo el proceso de diseño se convierte en una actividad multidisciplinaria para su posterior manufactura. Es indispensable la integración de varios aspectos para lograr un diseño completo , sencillo y funcional.
- \* Se logro la corrección de fallas y deficiencias causantes del mal funcionamiento en el prototipo 1, mediante el rediseño del sistema de acceso del producto a empacar, el traslado del producto empacado, el sistema de corte y sellado neumático, para empacar galletas por lo menos en dos presentaciones.
- \* Se desarrolló la automatización del prototipo por medio de un PLC Simatic S7-200, CPU 226, manipulando las señales digitales de entrada y salida del prototipo de maquina empacadora de galletas. Además se implementó una interfaz de usuario (HMI) para la administración y verificación del proceso de empacado.
- \* La tecnología neumática implementada en la automatización del proceso de empacado del prototipo 2, facilitó la operación del prototipo, logrando los movimientos verticales y horizontales de las mordazas de sellado y corte del plástico.
- \* La implementación de software CAD-CAE, para realizar un diseño y posterior construcción, aporto al proyecto de maquina empacadora la solución de problemas de ensamblaje y dimensionamiento, además proporciono un análisis de esfuerzos y defor-



maciones ocasionadas por las cargas, para observar y corregir posibles inconvenientes en el funcionamiento del prototipo.

## RECOMENDACIONES

- \* Este proyecto es susceptible de mejorar y modificar, para proyectos futuros que comprendan los aspectos tales como cambios en el producto a empaacar, o inserción de este equipo en una línea de producción .
- \* El sensor utilizado en el conteo de galletas es un sensor capacitivo referencia NPN. Dicho sensor estaba disponible en el laboratorio de automatización. Este sensor no registraba la señal en las condiciones que requería la maquina. Se considero implementar un circuito de ajuste de la señal. Se recomienda utilizar un sensor PNP, para evitar el ajuste de la señal.
- \* El motor utilizado para el movimiento de la banda transportadora 1 (ingreso de producto), maneja una potencia muy baja debido a disponibilidad presupuestal. Para cambios en el tipo de producto o en los requerimientos de producción, es necesario recalcular dicho motor.
- \* El sistema de tubo y cuello formador fue fabricado en bronce con un proceso de niquelado (este elemento proviene del prototipo 1). Se recomienda cambiar el material a acero inoxidable para un cumplimiento de las condiciones de higiene y manejo de alimentos.
- \* Se recomienda la migración del proceso de automatización al PLC S7-300, cuando esté disponible en el laboratorio de automatización de la UPB. Ya que este PLC es el que va a estar permanente en el gabinete de control central.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] GARCÍA REYES, Francisco Javier, GONZALES SANTANDER, Alex Julián. Elaboración y automatización de una maquina empacadora industrial a escala. Bucaramanga 2009 (Tesis de grado) Ingeniería Electrónica. Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. [En línea]. [Consulta 2010-11-15]
- [2] GUILLEN SALVADOR, ANTONIO. Introducción a la Neumática, Marcombo S.A. 1993. 1ª ed.
- [3] SOLPAK. Empacadoras verticales para productos sólidos. [En línea]. [http://solpak.com.co/maquina\\_ganos\\_emvepg\\_2500.html](http://solpak.com.co/maquina_ganos_emvepg_2500.html) [Consulta: 2010-06-24]
- [4] MANJUMAR, S. R. Sistemas neumáticos, principios y mantenimiento. MC GRAW-HILL, 1998.
- [5] MASER GRUPO TECNOLOGICO. Controlador lógico programable (PLC). [En línea]. [http://www.grupo-maser.com/PAG\\_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm](http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm) [consulta 2010-07-21]
- [6] RÍOS NIQUEN, JORGE FRANCISCO, “Control y automatización con PLC’S del sistema de transmisores del radio observatorio de Jicamarca”, Universidad de Piura, Ingeniería Mecánica eléctrica, Piura, Perú. [En línea]. [http://khatati.igp.gob.pe/cns/servicios/biblioteca\\_cndg/rev2001\\_pdf/jica\\_rios.pdf](http://khatati.igp.gob.pe/cns/servicios/biblioteca_cndg/rev2001_pdf/jica_rios.pdf) [consulta 2010-05-12]
- [7] SOLPAK S.A. Maquinas Flow Pack Empacadoras Horizontales. [En línea]. [http://solpak.com.co/maquina\\_horizontal\\_flow\\_pack.html](http://solpak.com.co/maquina_horizontal_flow_pack.html) [consulta 2010-07-08]
- [8] SOLPAK S.A. Maquina empacadora de líquidos sencilla. [En línea]. [http://solpak.com.co/maquina\\_lis\\_1000\\_330\\_sin\\_Cabina.html](http://solpak.com.co/maquina_lis_1000_330_sin_Cabina.html) [consulta 2011-01-28]
- [9] SOLPAK S.A. Maquina empacadora de productos impalpables. [En línea]. [http://solpak.com.co/maquina\\_impalpables\\_granilados\\_2500.html](http://solpak.com.co/maquina_impalpables_granilados_2500.html) [consulta 2011-01-28]
- [10] ABC-Pack. Maquina Flow Pack. [En línea]. [http://www.abc-pack.com/product\\_info.php/cPath/2\\_19/products\\_id/30?osCsid=dd5767289eb0c8be6e639dcb](http://www.abc-pack.com/product_info.php/cPath/2_19/products_id/30?osCsid=dd5767289eb0c8be6e639dcb) [consulta 2011-01-29]

- [11] UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Ingeniería Mecánica. [En línea]. [http://www.upb.edu.co/portal/page?\\_pageid=1134,32665586&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,32665586&_dad=portal&_schema=PORTAL) [consulta 2011-01-29]
- [12] HAMROCK, Bernard J. JACOBSON, Bo O. SCHMID, Steven R. Elementos de máquinas. McGraw Hill. 2000.
- [13] MIRAVETE, Antonio. LARRODÉ, Emilio. Transportadores y Elevadores. Editorial Reverté. 1996. 1ª edición.
- [14] FUNDACION SAN VALERO. Centro de formación abierta SEAS. Actuadores neumáticos. [En línea]. <http://www.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORES-NEUMATICOS> [consulta 2011-02-20]
- [15] MANJUMDAR, S. R. Sistemas Neumáticos, principios y mantenimiento. McGraw Hill. 1998.
- [16] GUILLÉN SALVADOR, Antonio. Introducción a la neumática. AlfaOmega grupo editorial. 1999.
- [17] R.C. MAQUINARIA S.A.DE C.V. Equipos neumáticos. Electroválvulas. [En línea]. <http://www.romihn.com.mx/html/automatizacion.jsp> [consulta 2011-03-11]
- [18] ALIBABA.COM. Productos neumáticos. Reguladoras de caudal. [En línea]. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/pneumatic-throttle-valve-251963734.html> [consulta 2011-03-11]
- [19] FESTO. Catálogo de productos. Reguladora de presión. [En línea]. [http://www.festo.com/cms/es-ar\\_ar/9646.htm](http://www.festo.com/cms/es-ar_ar/9646.htm) [consulta 2011-03-11]
- [20] ARIZA DURAN, Jessica, GONZALES GOMEZ, Katherine. Implementación del sistema de control distribuido de siemens en el laboratorio de automatización de la UPB, con una aplicación de proceso en el controlador central. Bucaramanga 2011 (Tesis de grado) Ingeniería Electrónica. Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. [En línea]. [Consulta 2011-04-20]
- [21] SIEMENS. Automation technology. PLC. [En línea]. <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-300/Pages/Default.aspx> [consulta 2011-04-21]

- [22] SENSORES DE PROXIMIDAD. Sensor capacitivo. [En línea].  
<http://sensoresdeproximidad.galeon.com/> [consulta 2011-04-21]
- [23] SENSORES. Sensores magnéticos. [En línea].  
[http://pdb.turck.de/media/\\_es/Anlagen/Datei\\_EDB/edb\\_4685404\\_esl\\_es.pdf](http://pdb.turck.de/media/_es/Anlagen/Datei_EDB/edb_4685404_esl_es.pdf) [consulta 2011-04-21]
- [24] DIRECT INDUSTRY. Sensor magnético de posición para cilindros neumáticos. [En línea].  
<http://www.directindustry.es/prod/di-soric/sensores-magneticos-de-posicion-para-cilindros-16061-258297.html> [consulta 2011-04-21]
- [25] MONOGRAFÍAS. Reductores y motorreductores. [En línea].  
<http://www.monografias.com/trabajos13/reducty/reducty.shtml> [consulta 2011-04-21]
- [26] TRANSTECNO. Motorreductor sin fin corona. [En línea].  
<http://www.transtecno.com/es/products/ac/stock/> [consulta 2011-04-21]
- [27] EMPAQUETADURAS Y EMPAQUES. Acoples. Acoplamientos flexibles. [En línea].  
<http://www.empaquetadurasyempaques.com/docs/CATALOGO%20ACOPLES.pdf> [consulta 2011-05-10]
- [28] ESPACIO PLÁSTICO. Bandas Transportadoras para productos terminados. [En línea].  
<http://www.espacioplastico.com/?k=cnRxZndldnF1MXRncnF0dmc=&pr=ODc=> [consulta 2011-05-10]
- [29] NEUMÁTICA. Válvula reguladora de presión. [En línea]. <http://es.scribd.com/doc/44082155/Neumatica> [consulta 2011-05-3]
- [30] SIEMENS. Automation. Simatic Win CC. [En línea]. [http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure\\_simatic-wincc\\_es.pdf](http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_simatic-wincc_es.pdf) [consulta 2011-05-10]
- [31] ANSYS. Industries. Academic. [En línea]. <http://ansys.com/Industries/Academic> [consulta 2011-04-22]
- [32] SOLID WORKS. Education. [En línea]. <http://www.solidworks.com/sw/education/mechanical-engineering-student-software.htm> [consulta 2011-05-10]

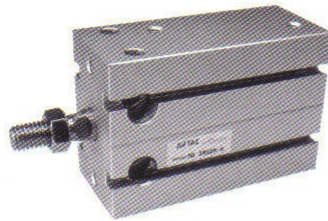
[33] CAD, CAM, CAE SOFTWARE. Ansys CAE. [En línea]. [http://www.cadcamfunda.com/cadcam\\_softwares](http://www.cadcamfunda.com/cadcam_softwares)  
[consulta 2011-04-04]

## ANEXOS

# Anexo A, Instrumentación neumática

## CILINDROS MULTIMONTAJE

SERIE MD



### Características

- Permiten su instalación en cualquier dirección sin montajes adicionales
- Especiales para espacios reducidos
- Fabricados en Aluminio
- Anillo magnético standard para control de posición
- No requieren lubricación

Doble efecto



Simple efecto



### Datos Técnicos

Fluido:

Aire comprimido Filtrado,  
lubricado o no lubricado

Presión de Trabajo:

Doble efecto :  
1 a 9 Bar ~ 14 a 130 PSI

Simple efecto :  
2 a 9 Bar ~ 28 a 130 PSI

Temperatura de Trabajo:

-5°C a 70°C ~ 23°F a 158°F

Amortiguación:

Elástica

### Materiales

Cuerpo:

Aleación de Aluminio

Vástago:

Acero al carbón  
con 20µ de superfiie  
cromo endurecida

Empaques:

Goma nitrílica

### Modelos Standard / Doble Efecto

Carrera mm	Diametro del Cilindro en milímetros					
	6	10	16	20	25	32
5	AMD0605	AMD1005	AMD1605	AMD2005	AMD2505	AMD3205
10	AMD0610	AMD1010	AMD1610	AMD2010	AMD2510	AMD3210
15	AMD0615	AMD1015	AMD1615	AMD2015	AMD2515	AMD3215
20	AMD0620	AMD1020	AMD1620	AMD2020	AMD2520	AMD3220
25		AMD1025	AMD1625	AMD2025	AMD2525	AMD3225
40				AMD2040	AMD2540	AMD3240
50						AMD3250
Ø Vástago	3 mm	4 mm	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm
Conexión	M5	M5	M5	M5	M5	1/8"

### Modelos Standard / Simple Efecto

Carrera mm	Diametro del Cilindro en milímetros					
	6	10	16	20	25	32
10				AMSD2010	AMSD2510	AMSD3210
15	AMSD0615	AMSD1015	AMSD1615			
20				AMSD2020	AMSD2520	AMSD3220

\* Para carreras no standard y cilindros de doble vástago consulte con su distribuidor

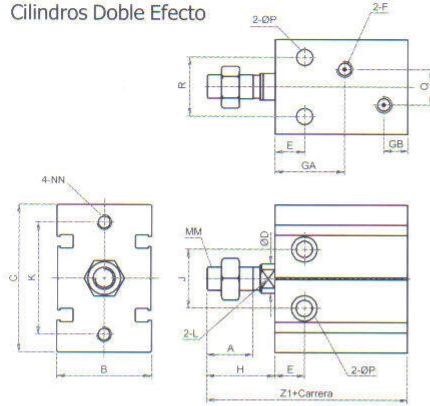


# CILINDROS MULTIMONTAJE

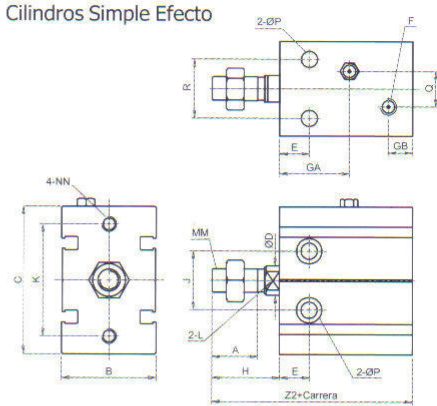
SERIE MD



Cilindros Doble Efecto



Cilindros Simple Efecto



Diam.	A	B	C	D	E	F	GA
6 mm	7	16,5	22	3	7	M5	15
10 mm	10	16,5	24	4	7	M5	16,5
16 mm	11	20	32	6	7	M5	15
20 mm	12	26	40	8	9	M5	20,5
25 mm	15,5	32	50	10	10	M5	23,5
32 mm	19,5	40	62	12	11	1/8"	22,5

Diam.	GB	H	J	K	L	MM	NN
6 mm	10	13	10	17	-	M3 x 0,5	M3 x 0,5
10 mm	10	16	11	18	-	M4 x 0,7	M3 x 0,5
16 mm	100	16	14	25	5	M5 x 0,8	M4 x 0,7
20 mm	11	19	16	30	6	M6 x 1,0	M5 x 0,8
25 mm	8,2	23	20	38	8	M8 x 1,25	M5 x 0,8
32 mm	12,5	27	24	48	10	M10 x 1,25	M6 x 1,0

Diam.	P	Q	R	Z1	Z2 10mm	Z2 15mm	Z2 20mm
6 mm	3,2	-	7	46	61	71	-
10 mm	3,2	-	9	52	67	77	-
16 mm	4,5	3	12	56	76	91	96
20 mm	5,5	9	16	65	85	100	105
25 mm	5,5	12	20	73	93	108	113
32 mm	6,6	13,5	24	79	99	114	119

## CILINDROS EN ALUMINIO

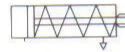
SERIE MAL



Doble efecto



Simple efecto



### Datos Técnicos

Fluido:

Aire comprimido Filtrado,  
lubricado o no lubricado

Presión de Trabajo:

Doble efecto :  
1 a 9 Bar ~ 14 a 130 PSI  
Simple efecto :  
2 a 9 Bar ~ 28 a 130 PSI

Temperatura de Trabajo:  
-5°C a 70°C ~ 23°F a 158°F

Amortiguación:  
Elástica

### Materiales

Camisa:  
Aleación de Aluminio

Cabezas:  
Aluminio inyectado

Vástago:  
Acero al carbón  
con 20µ de superficie  
cromo endurecida

Empaques:  
Goma nitrílica

### Características

- Fabricados en Aluminio
- Previenen la oxidación
- Anillo magnético standard para control de posición
- Se suministra con tuerca de fijación y contratuerca del vástago
- No requieren lubricación

### Modelos Standard / Doble Efecto

Carrera mm (Pulg)	Diámetro del Cilindro en milímetros			
	20	25	32	40
25 (1")	AMAL20025	AMAL25025	AMAL32025	AMAL40025
50 (2")	AMAL20050	AMAL25050	AMAL32050	AMAL40050
75 (3")	AMAL20075	AMAL25075	AMAL32075	AMAL40075
100 (4")	AMAL20100	AMAL25100	AMAL32100	AMAL40100
125 (5")	AMAL20125	AMAL25125	AMAL32125	AMAL40125
150 (6")	AMAL20150	AMAL25150	AMAL32150	AMAL40150
175 (7")	AMAL20175	AMAL25175	AMAL32175	AMAL40175
200 (8")	AMAL20200	AMAL25200	AMAL32200	AMAL40200
250 (10")	AMAL20250	AMAL25250	AMAL32250	AMAL40250
300 (12")	AMAL20300	AMAL25300	AMAL32300	AMAL40300
400 (16")	AMAL20400	AMAL25400	AMAL32400	AMAL40400
500 (20")	AMAL20500	AMAL25500	AMAL32500	AMAL40500
Ø Vástago	8 mm	10 mm	12 mm	16 mm
Conexión	1/8"	1/8"	1/8"	1/4"

### Modelos Standard / Simple Efecto

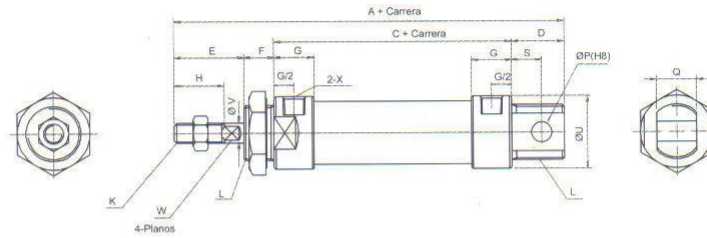
Carrera mm (Pulg)	Diámetro del Cilindro en milímetros			
	20	25	32	40
25 (1")	AMSAL20025	AMSAL25025	AMSAL32025	AMSAL40025
50 (2")	AMSAL20050	AMSAL25050	AMSAL32050	AMSAL40050
75 (3")	AMSAL20075	AMSAL25075	AMSAL32075	AMSAL40075
100 (4")	AMSAL20100	AMSAL25100	AMSAL32100	AMSAL40100

\* Para carreras no standard y cilindros de doble vástago consulte con su distribuidor

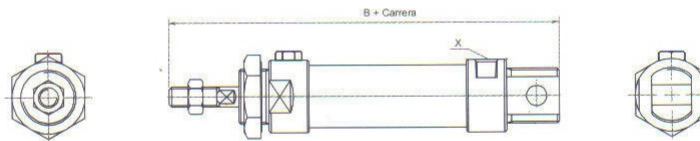
## CILINDROS EN ALUMINIO

SERIE MAL

### Cilindros Doble Efecto



### Cilindros Simple Efecto

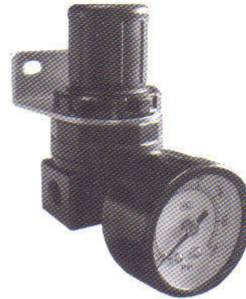


Diam.	A	B 0-50	B 51-100	C	D	E	F	G	H
20 mm	131	131	156	70	21	28	12	16	20
25 mm	135	135	160	70	21	30	14	16	22
32 mm	141	141	166	70	27	30	14	16	22
40 mm	165	165	190	92	27	32	14	20	24

Diam.	K	L	P	Q	S	U	V	W	X
20 mm	M8 X 1,25	M 22 x 1,5	8	16	12	29	8	6	1/8"
25 mm	M10 X 1,25	M 22 x 1,5	8	16	12	34	10	8	1/8"
32 mm	M10 X 1,25	M24 X 2,0	10	16	15	39,5	12	10	1/8"
40 mm	M12 X 1,25	M30 X 2,0	12	20	15	49,5	16	14	1/4"

## REGULADORES DE PRESION - MINIATURA

SERIE SR 1/8 - 1/4 NPT



### Características

- Ajustables mediante perilla
- Bloqueo de seguridad
- Unidad compacta
- Manómetro redondo diámetro nominal 40 mm.
- Soporte a pared

### Reguladores Miniatura

Código	NPT	Referencia	SCFM
A29005	1/8"	SR200-06	12
A29010	1/4"	SR200-08	12

### Datos Técnicos

Fluido:  
Aire comprimido

Presión de Trabajo:  
0.5 a 9 Bar ~ 7 a 128 PSI

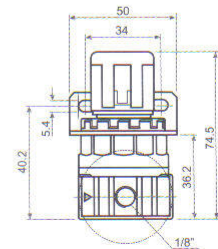
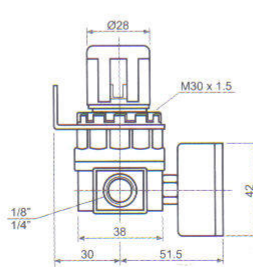
Temperatura de Trabajo:  
5°C a 60°C ~ 41°F a 140°F

### Materiales

Cuerpo : Aluminio

Perilla : POM

Empaques : NBR



## VALVULAS SOLENOIDES 5/2 y 5/3

SERIE 4V M5 - 1/8 - 1/4 - 3/8 - 1/2 NPT



### Características

- Servopilotadas
- Operador manual adicional
- Libres de mantenimiento
- Bajo consumo de potencia
- Facilidad de montaje en Manifold



### Datos Técnicos

#### Fluido:

Aire comprimido Filtrado,  
lubricado o no lubricado

#### Presión de Trabajo:

1.5 a 8 Bar ~ 21 a 114 PSI

#### Temperatura de Trabajo:

-5°C a 60°C ~ 23°F a 140°F

#### Tiempo de Respuesta:

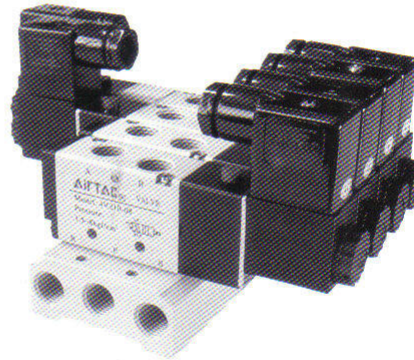
0.05 segundos

#### Max. Ciclaje:

en Válvulas 5/2:  
5 Ciclos/segundo

en Válvulas 5/3:  
3 Ciclos/segundo

en Válvulas de 1/2:  
3 Ciclos/segundo



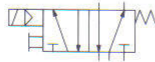
### Materiales

Cuerpo:  
Aluminio

Carrete:  
Aluminio

Sellos:  
NBR

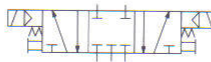
5/2 Solenoide - Resorte



5/2 Doble Solenoide



5/3 Centros Cerrados



5/3 Centros Abiertos



## VALVULAS SOLENOIDES 5/2 y 5/3

SERIE 4V M5 - 1/8 - 1/4 - 3/8 - 1/2 NPT

### Modelos Standard

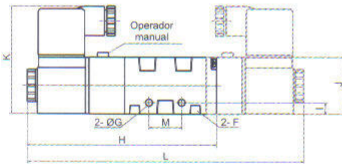
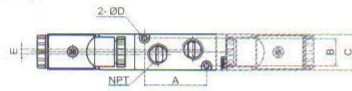
Código	Vías	Conexión	Operador	Referencia	Voltaje	CV
A12005	5/2	M5	Solenoides - resorte	4V110-M5-DC12V	12 DC	0,31
A12010	5/2	M5	Solenoides - resorte	4V110-M5-DC24V	24 DC	0,31
A12015	5/2	M5	Solenoides - resorte	4V110-M5-AC110V	110 AC	0,31
A12020	5/2	M5	Solenoides - resorte	4V110-M5-AC220V	220 AC	0,31
A12025	5/2	M5	Doble Solenoide	4V120-M5-DC12V	12 DC	0,31
A12030	5/2	M5	Doble Solenoide	4V120-M5-DC24V	24 DC	0,31
A12035	5/2	M5	Doble Solenoide	4V120-M5-AC110V	110 AC	0,31
A12040	5/2	M5	Doble Solenoide	4V120-M5-AC220V	220 AC	0,31
A12045	5/3	M5	Centros Cerrados	4V130C-M5-DC12V	12 DC	0,28
A12050	5/3	M5	Centros Cerrados	4V130C-M5-DC24V	24 DC	0,28
A12055	5/3	M5	Centros Cerrados	4V130C-M5-AC110V	110 AC	0,28
A12060	5/3	M5	Centros Cerrados	4V130C-M5-AC220V	220 AC	0,28
A12065	5/3	M5	Centros Abiertos	4V130E-M5-DC12V	12 DC	0,28
A12070	5/3	M5	Centros Abiertos	4V130E-M5-DC24V	24 DC	0,28
A12075	5/3	M5	Centros Abiertos	4V130E-M5-AC110V	110 AC	0,28
A12080	5/3	M5	Centros Abiertos	4V130E-M5-AC220V	220 AC	0,28
A13505	5/2	1/8	Solenoides - resorte	4V210-06-DC12V	12 DC	0,78
A13510	5/2	1/8	Solenoides - resorte	4V210-06-DC24V	24 DC	0,78
A13515	5/2	1/8	Solenoides - resorte	4V210-06-AC110V	110 AC	0,78
A13520	5/2	1/8	Solenoides - resorte	4V210-06-AC220V	220 AC	0,78
A13525	5/2	1/8	Doble Solenoide	4V220-06-DC12V	12 DC	0,78
A13530	5/2	1/8	Doble Solenoide	4V220-06-DC24V	24 DC	0,78
A13535	5/2	1/8	Doble Solenoide	4V220-06-AC110V	110 AC	0,78
A13540	5/2	1/8	Doble Solenoide	4V220-06-AC220V	220 AC	0,78
A13545	5/3	1/8	Centros Cerrados	4V230C-06-DC12V	12 DC	0,67
A13550	5/3	1/8	Centros Cerrados	4V230C-06-DC24V	24 DC	0,67
A13555	5/3	1/8	Centros Cerrados	4V230C-06-AC110V	110 AC	0,67
A13560	5/3	1/8	Centros Cerrados	4V230C-06-AC220V	220 AC	0,67
A13565	5/3	1/8	Centros Abiertos	4V230E-06-DC12V	12 DC	0,67
A13570	5/3	1/8	Centros Abiertos	4V230E-06-DC24V	24 DC	0,67
A13575	5/3	1/8	Centros Abiertos	4V230E-06-AC110V	110 AC	0,67
A13580	5/3	1/8	Centros Abiertos	4V230E-06-AC220V	220 AC	0,67
A14005	5/2	1/4	Solenoides - resorte	4V210-08-DC12V	12 DC	0,89
A14010	5/2	1/4	Solenoides - resorte	4V210-08-DC24V	24 DC	0,89
A14015	5/2	1/4	Solenoides - resorte	4V210-08-AC110V	110 AC	0,89
A14020	5/2	1/4	Solenoides - resorte	4V210-08-AC220V	220 AC	0,89
A14025	5/2	1/4	Doble Solenoide	4V220-08-DC12V	12 DC	0,89
A14030	5/2	1/4	Doble Solenoide	4V220-08-DC24V	24 DC	0,89
A14035	5/2	1/4	Doble Solenoide	4V220-08-AC110V	110 AC	0,89
A14040	5/2	1/4	Doble Solenoide	4V220-08-AC220V	220 AC	0,89
A14045	5/3	1/4	Centros Cerrados	4V230C-08-DC12V	12 DC	0,67
A14050	5/3	1/4	Centros Cerrados	4V230C-08-DC24V	24 DC	0,67
A14055	5/3	1/4	Centros Cerrados	4V230C-08-AC110V	110 AC	0,67
A14060	5/3	1/4	Centros Cerrados	4V230C-08-AC220V	220 AC	0,67
A14065	5/3	1/4	Centros Abiertos	4V230E-08-DC12V	12 DC	0,67
A14070	5/3	1/4	Centros Abiertos	4V230E-08-DC24V	24 DC	0,67
A14075	5/3	1/4	Centros Abiertos	4V230E-08-AC110V	110 AC	0,67
A14080	5/3	1/4	Centros Abiertos	4V230E-08-AC220V	220 AC	0,67

## VALVULAS SOLENOIDES 5/2 y 5/3

SERIE 4V M5 - 1/8 - 1/4 - 3/8 - 1/2 NPT

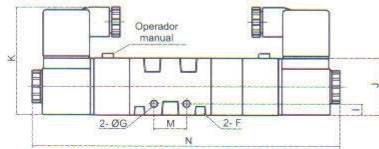


Válvulas 5/2



NPT	A	B	C	ØD	E	F	ØG
M5	30	13	18	3,3	0	M5 x 8	3,3
1/8"	38	17	22	3,2	0	1/8"	4,3
1/4"	38	17	22	3,2	3	1/8"	4,3
3/8"	50	20	27	4,3	4	1/4"	4,3
1/2"	72	27	34	4,3	4	1/2"	5,5

Válvulas 5/3



NPT	H	I	J	K	L	M	N
M5	99,4	4	27	55	142,4	14	157,4
1/8"	117	7	35	66,7	171	20	190
1/4"	117	7	35	66,7	171	20	190
3/8"	135	6,5	40	69,2	190	24	209
1/2"	168,4	7,5	50	74,2	222,8	28	243,8

## VALVULAS SOLENOIDES - 3/2 VIAS



### SERIE 3V



#### Especificaciones Técnicas

Especificaciones Técnicas	
Operación	Piloto interno
Posición	Normalmente cerradas
Lubricación	No requiere lubricación
Presión de operación	1,5 ~ 8 Kg/cm <sup>2</sup> (21 ~ 114 PSI)
Máxima presión	10 Kg/cm <sup>2</sup> (150 PSI)
Temperatura	5 ~ 60 °C (41 ~ 140 °F)
Corriente Alterna	50/60 Hz
Variación del voltaje	± 10 %
Consumo de potencia	AC: 4,5VA DC: 3W
Aislamiento de la bobina	Clase F
Protección bobina	IP65 (DIN40050)
Conector	Tipo DIN
Máxima frecuencia	10 Ciclos / seg.
Tiempo de respuesta	0,05 Seg.

Código	Rosca	Vías	Operador de la Válvula	Referencia - Voltaje	mm <sup>2</sup> (CV)
A11100	1/8"	3/2	Solenoides / Regreso resorte	3V110-06-NC-DC12V	14 (0,78)
A11105	1/8"	3/2	Solenoides / Regreso resorte	3V110-06-NC-DC24V	14 (0,78)
A11110	1/8"	3/2	Solenoides / Regreso resorte	3V110-06-NC-AC110V	14 (0,78)
A11115	1/8"	3/2	Solenoides / Regreso resorte	3V110-06-NC-AC220V	14 (0,78)
A11120	1/4"	3/2	Solenoides / Regreso resorte	3V210-08-NC-DC12V	16 (0,78)
A11125	1/4"	3/2	Solenoides / Regreso resorte	3V210-08-NC-DC24V	16 (0,78)
A11130	1/4"	3/2	Solenoides / Regreso resorte	3V210-08-NC-AC110V	16 (0,78)
A11135	1/4"	3/2	Solenoides / Regreso resorte	3V210-08-NC-AC220V	16 (0,78)



**VALVULAS SOLENOIDES - 3/2 VIAS**  
**SERIE 3V**

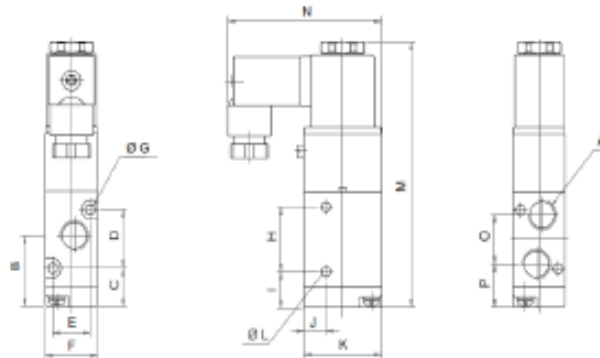


Componentes	Materiales
Cuerpo	Aluminio
Carrete	Aluminio
Resorte de la válvula	Acero Inoxidable
Empaques	NBR
Cuerpo del operador	PDT + Fibra de vidrio
Base del operador	Acero (Niquelado)

Código	Bobina para (1/8")
A13300	DC12V
A13305	DC24V
A13310	AC24V
A13315	AC110V
A13320	AC220V

Código	Bobina para (1/4" y 3/8")
A16300	DC12V
A16305	DC24V
A16310	AC24V
A16315	AC110V
A16320	AC220V

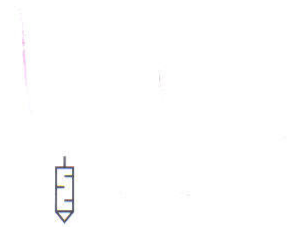
Solenoide / regreso resorte



Serie	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
3V-1	1/8"	23	12,5	19	13	18	3,3	21	11,5	7,7	27	3,3	85,5	53,5	16	14
3V-2	1/4"	27,5	12,5	30	17	22	3,2	25	15	8	35	4,3	108	66,5	22,5	16
3V-3	3/8"	32,5	15	35	20	27	4,3	30	17,5	10,5	40	4,3	119	69	24	20,5

## SILENCIADORES EN BRONCE

SERIE BSL M5 - 1/8 - 1/4 - 3/8 - 1/2 - 3/4 - 1 NPT



### Características

- Reducen el nivel de ruido
- Protegen los equipos de la contaminación externa

### Modelos Standard

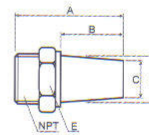
Código	NPT	Referencia
A32005	M5	BSL-M5
A32010	1/8"	BSL-01
A32015	1/4"	BSL-02
A32020	3/8"	BSL-03
A32025	1/2"	BSL-04
A32030	3/4"	BSL-06
A32035	1"	BSL-08

### Datos Técnicos

Fluido:  
Aire comprimido

Presión de Trabajo:  
0 a 10 Bar ~ 0 a 142 PSI

Temperatura de Trabajo:  
0°C a 70°C ~ 32°F a 158°F



NPT	A	B	C	D	E
M5	23	10,5	8	8,5	12
1/8"	25	12,5	8	8,7	12
1/4"	31	15,7	10	11,6	16
3/8"	39,6	22,5	12	14	19
1/2"	44	26,3	15	17	22
3/4"	53	32	19,5	21,7	30
1"	62	39	24,7	30,5	36

### Materiales

Cuerpo : Bronce zincado

Empaques : NBR

## CONTROL DE FLUJO EN LINEA

SERIE ASC 1/8 - 1/4 - 3/8 - 1/2 NPT



### Características

- Regulador de caudal que permite controlar la velocidad de un cilindro en un solo sentido
- Regulación mediante perilla
- Contartuerca para bloqueo
- Montaje en panel

### Modelos Standard

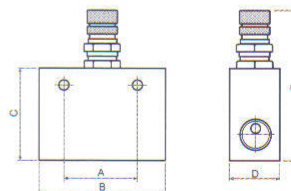
Código	NPT	Referencia
A31010	1/8"	ASC100-06
A31015	1/4"	ASC200-08
A31020	3/8"	ASC300-10
A31025	1/2"	ASC300-15

### Datos Técnicos

Fluido:  
Aire comprimido

Presión de Trabajo:  
0.5 a 9.5 Bar ~ 7 a 135 PSI

Temperatura de Trabajo:  
-5°C a 60°C ~ 23°F a 140°F



### Materiales

Cuerpo : Aluminio

Empaques : NBR

NPT	A	B	C	D	E
1/8"	22	32	23	18	52,3
1/4"	26	36	27	18	56,3
3/8"	35	50	37	28	74
1/2"	35	50	37	28	74

## RACORES PLASTICOS - EN PULGADAS

10/32, 1/8, 1/4, 3/8 y 1/2 NPT

CDC



Racor Recto

Código	Referencia	NPT	OD
C20000	PC1/4-U10	10 / 32"	1/4"
C20005	PC1/8-N1	1/8"	1/8"
C20010	PC1/4-N1	1/8"	1/4"
C20015	PC5/16-N1	1/8"	5/16"
C20020	PC1/4-N2	1/4"	1/4"
C20025	PC5/16-N2	1/4"	5/16"
C20030	PC3/8-N2	1/4"	3/8"
C20035	PC1/4-N3	3/8"	1/4"
C20040	PC3/8-N3	3/8"	3/8"
C20045	PC1/2-N3	3/8"	1/2"
C20050	PC3/8-N4	1/2"	3/8"
C20055	PC1/2-N4	1/2"	1/2"



Racor Codo - Giratorio

Código	Referencia	NPT	OD
C20100	PL1/4-U10	10 / 32"	1/4"
C20105	PL1/8-N1	1/8"	1/8"
C20110	PL1/4-N1	1/8"	1/4"
C20115	PL5/16-N1	1/8"	5/16"
C20120	PL1/4-N2	1/4"	1/4"
C20125	PL5/16-N2	1/4"	5/16"
C20130	PL3/8-N2	1/4"	3/8"
C20135	PL1/4-N3	3/8"	1/4"
C20140	PL3/8-N3	3/8"	3/8"
C20145	PL1/2-N3	3/8"	1/2"
C20150	PL3/8-N4	1/2"	3/8"
C20155	PL1/2-N4	1/2"	1/2"

## RACORES PLASTICOS - MILIMETRICOS

M5, 1/8, 1/4, 3/8 y 1/2 Rosca G

CDC



Racor Recto

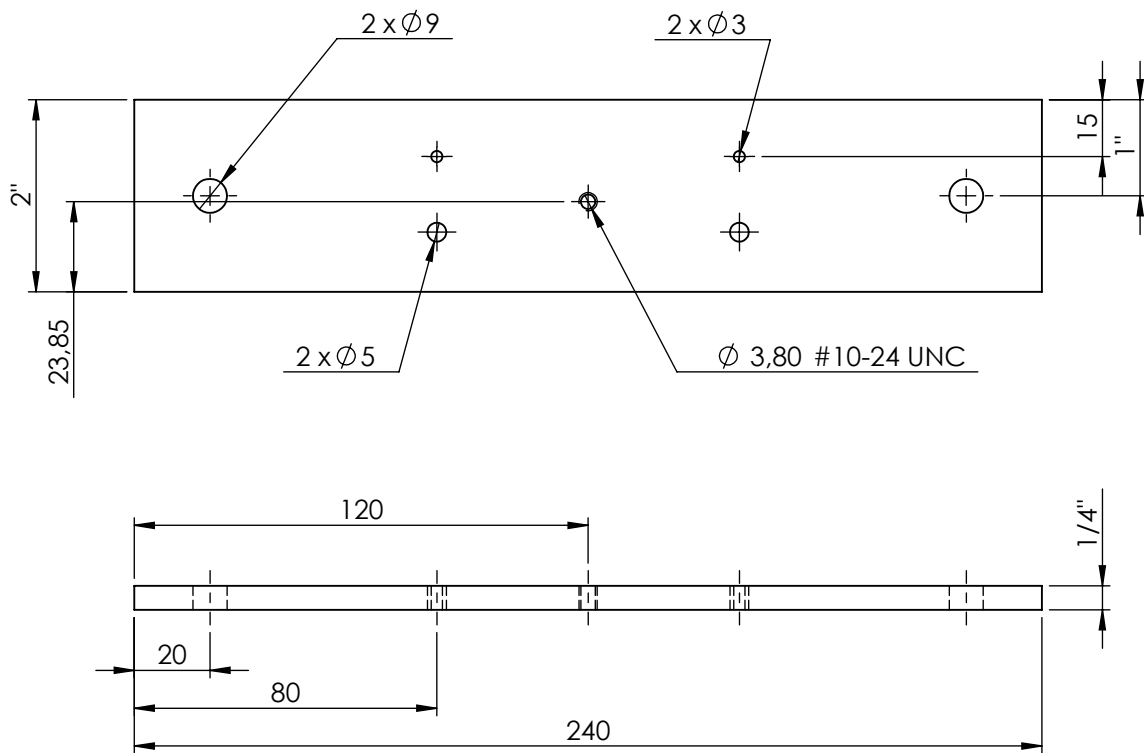
Código	Referencia	G	OD
C24000	PC04-M5	M5	4
C24005	PC04-G01	1/8"	4
C24010	PC04-G02	1/4"	4
C24015	PC06-M5	M5	6
C24020	PC06-G01	1/8"	6
C24025	PC06-G02	1/4"	6
C24030	PC06-G03	3/8"	6
C24035	PC08-G01	1/8"	8
C24040	PC08-G02	1/4"	8
C24045	PC08-G03	3/8"	8
C24050	PC10-G02	1/4"	10
C24055	PC10-G03	3/8"	10
C24060	PC10-G04	1/2"	10
C24065	PC12-G03	3/8"	12
C24070	PC12-G04	1/2"	12
C24075	PC16-G04	1/2"	16



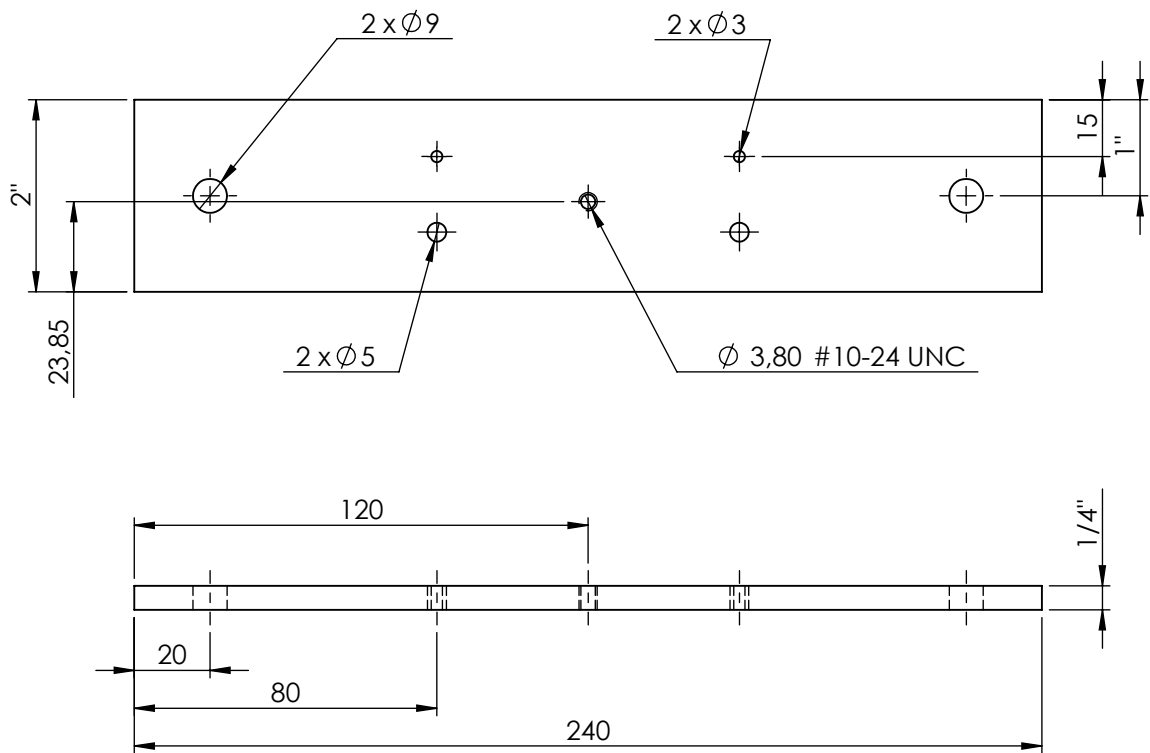
Racor Codo - Giratorio

Código	Referencia	G	OD
C24100	PL04-M5	M5	4
C24105	PL04-G01	1/8"	4
C24110	PL04-G02	1/4"	4
C24115	PL06-M5	M5	6
C24120	PL06-G01	1/8"	6
C24125	PL06-G02	1/4"	6
C24130	PL06-G03	3/8"	6
C24135	PL08-G01	1/8"	8
C24140	PL08-G02	1/4"	8
C24145	PL08-G03	3/8"	8
C24150	PL10-G02	1/4"	10
C24155	PL10-G03	3/8"	10
C24160	PL10-G04	1/2"	10
C24165	PL12-G03	3/8"	12
C24170	PL12-G04	1/2"	12
C24175	PL16-G04	1/2"	16

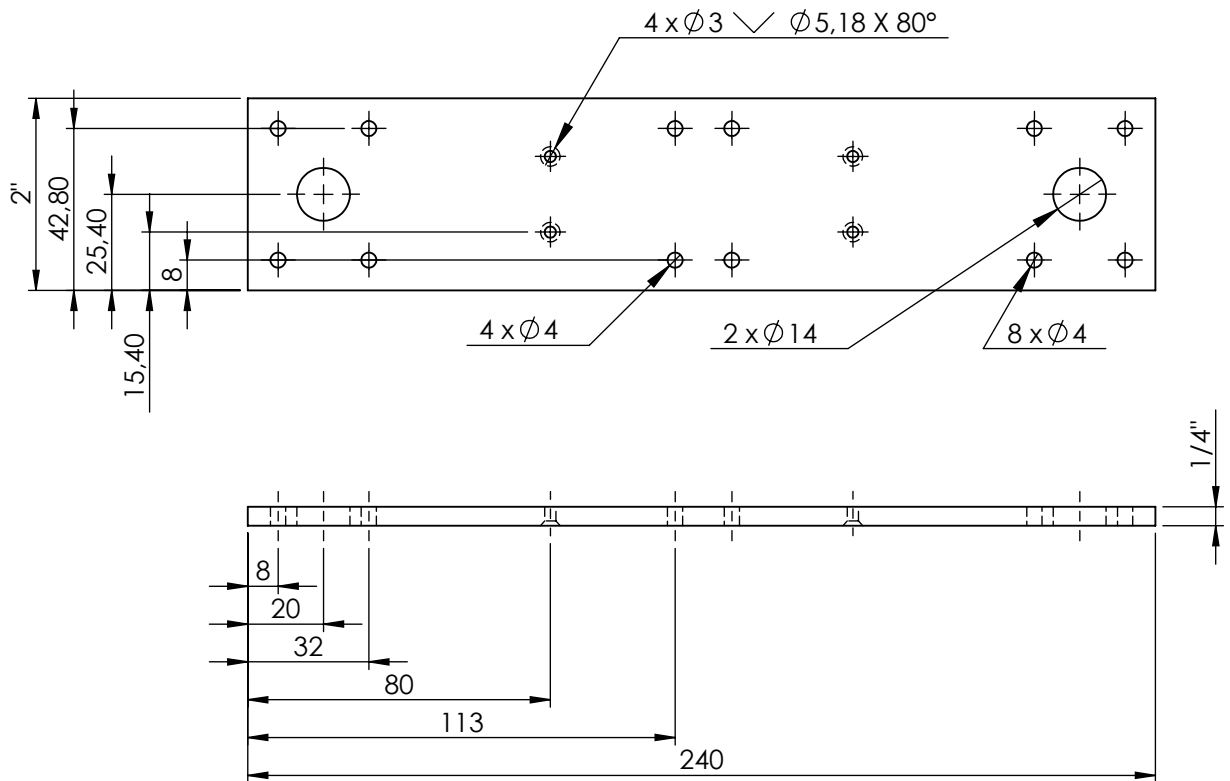
## Anexo B, Planos del prototipo 2



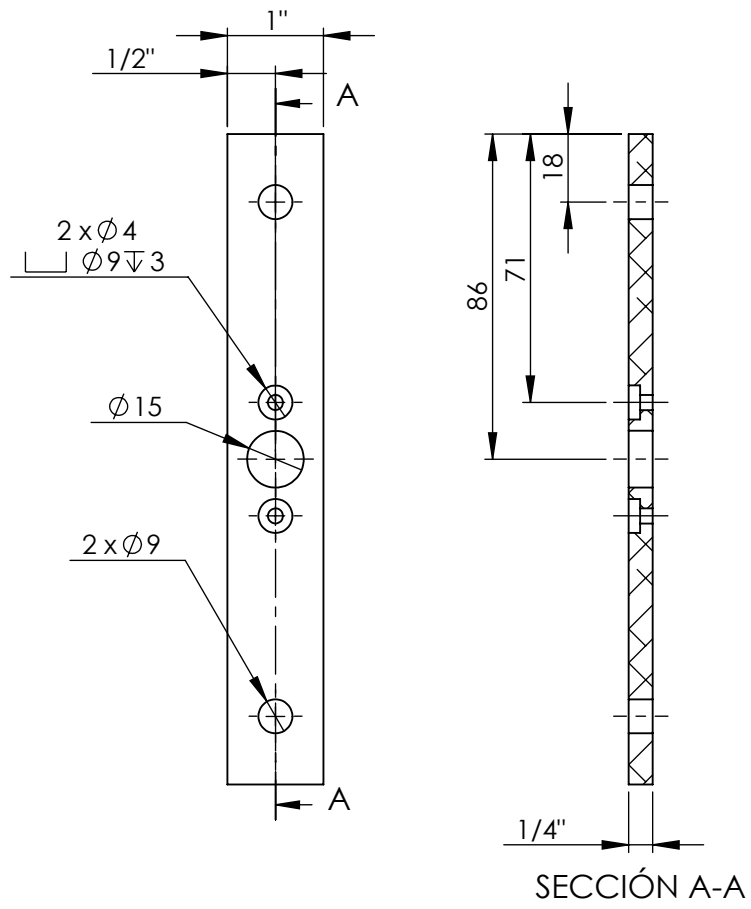
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Máquina Empacadora de Galletas		Lamina 1 de 57	




	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Máquina Empacadora de Galletas		Lamina 1 de 57	

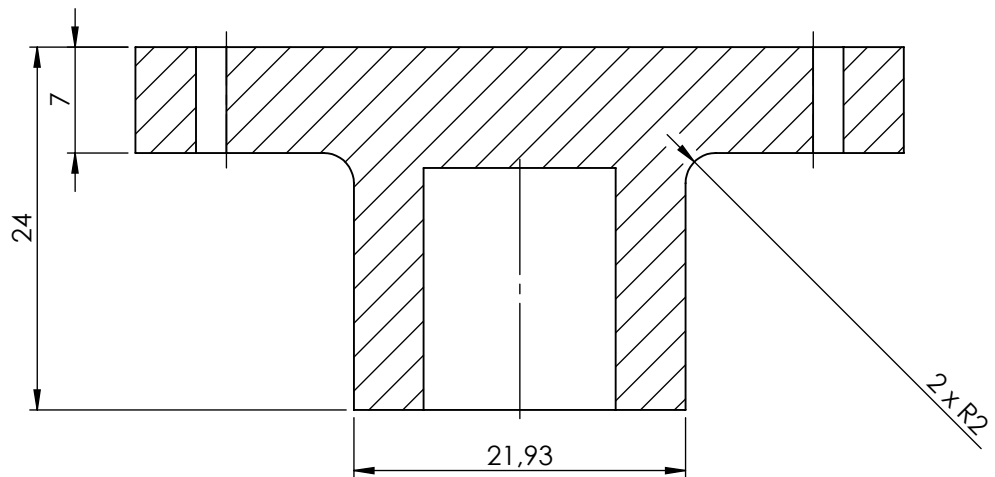
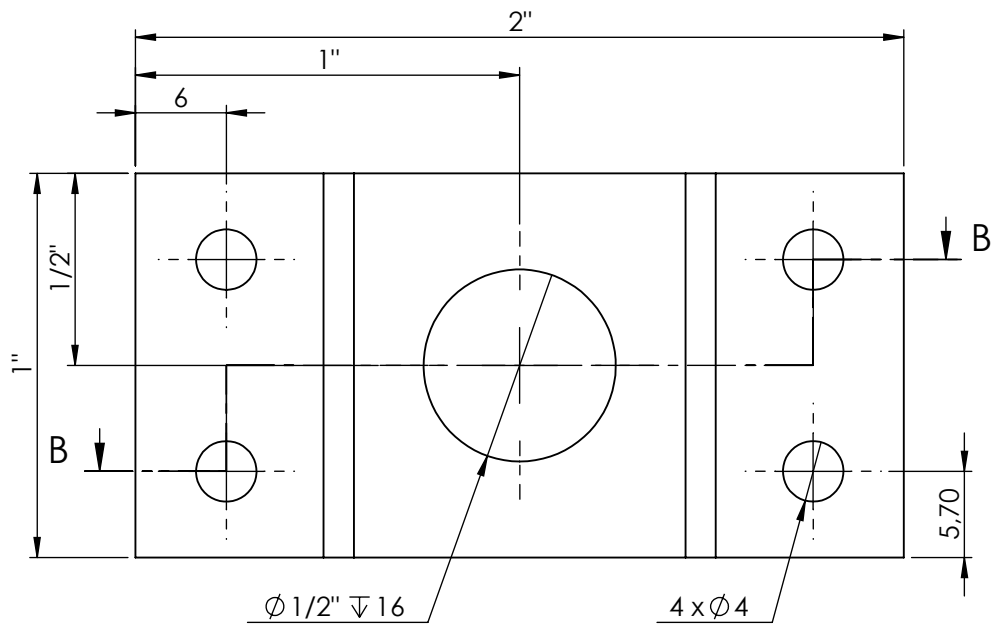


Dibujó	Nombre	Fecha	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
Comprobó	Fabian Maldonado	5-XII-10		
Norma	Miguel Reyes	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 2 de 57	



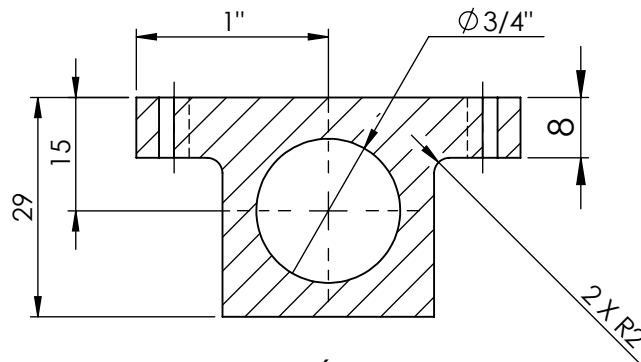
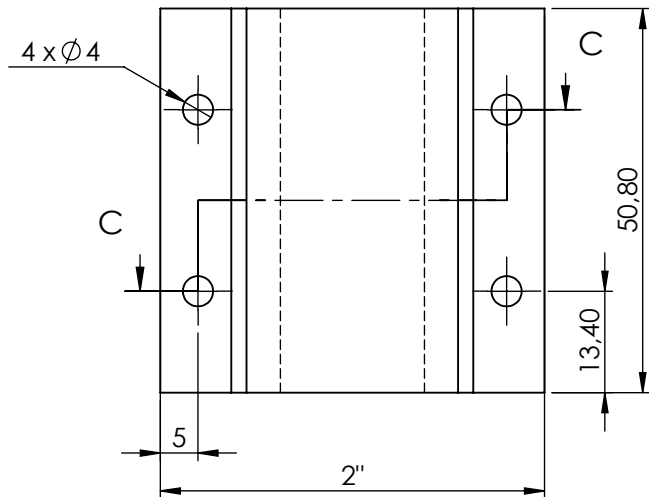
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 3 de 57	





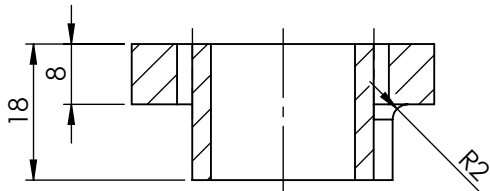
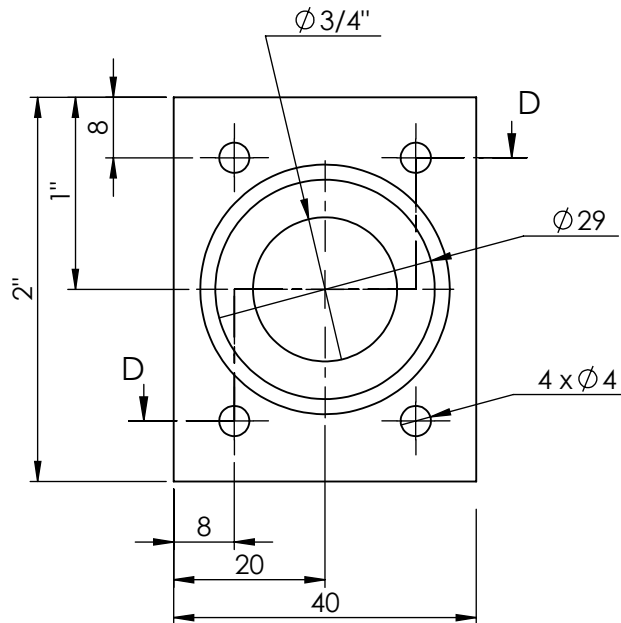
SECCIÓN B-B  
ESCALA 2 : 1

Dibujó	Nombre	Fecha	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
Comprobó	Fabian Maldonado	5-XII-10		
Norma	Miguel Reyes	5-XII-10		
2:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 4 de 57	




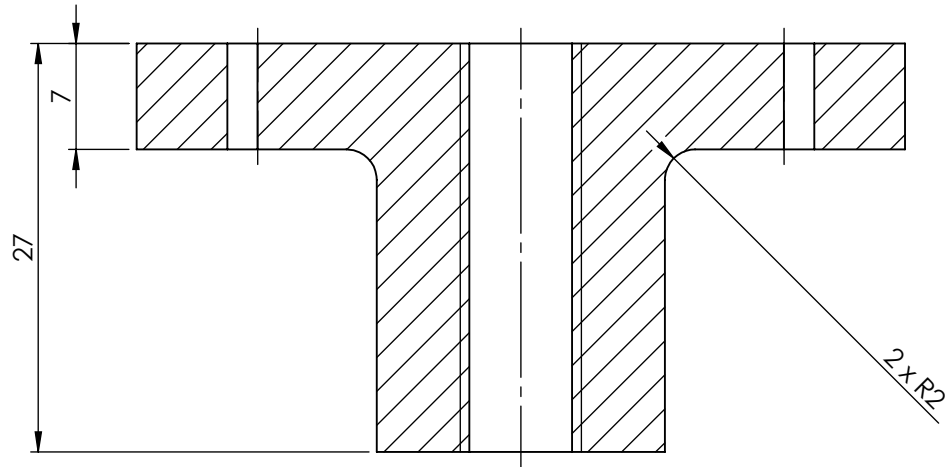
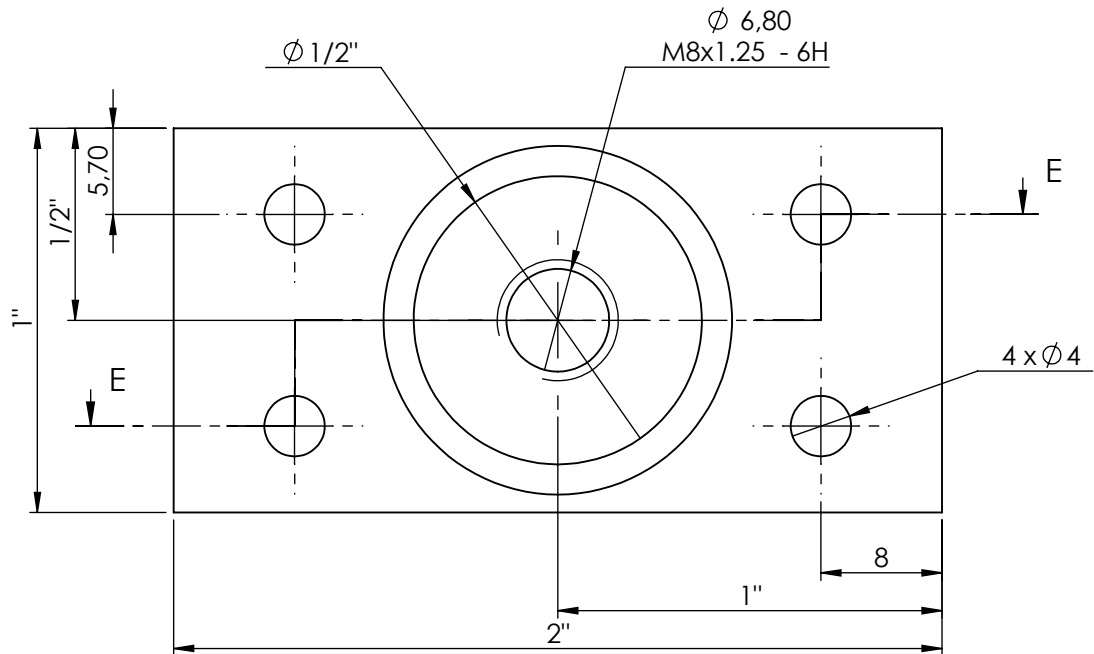
SECCIÓN C-C

	Nombre	Fecha	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías
Dibujó	Fabian Maldonado	5-XII-10		Facultad de Ingeniería Mecánica
Comprobó	Miguel Reyes	5-XII-10		
Norma	ISO	5-XII-10		
1:1	Prototipo de una Máquina Empacadora de Galletas			Lamina 5 de 57



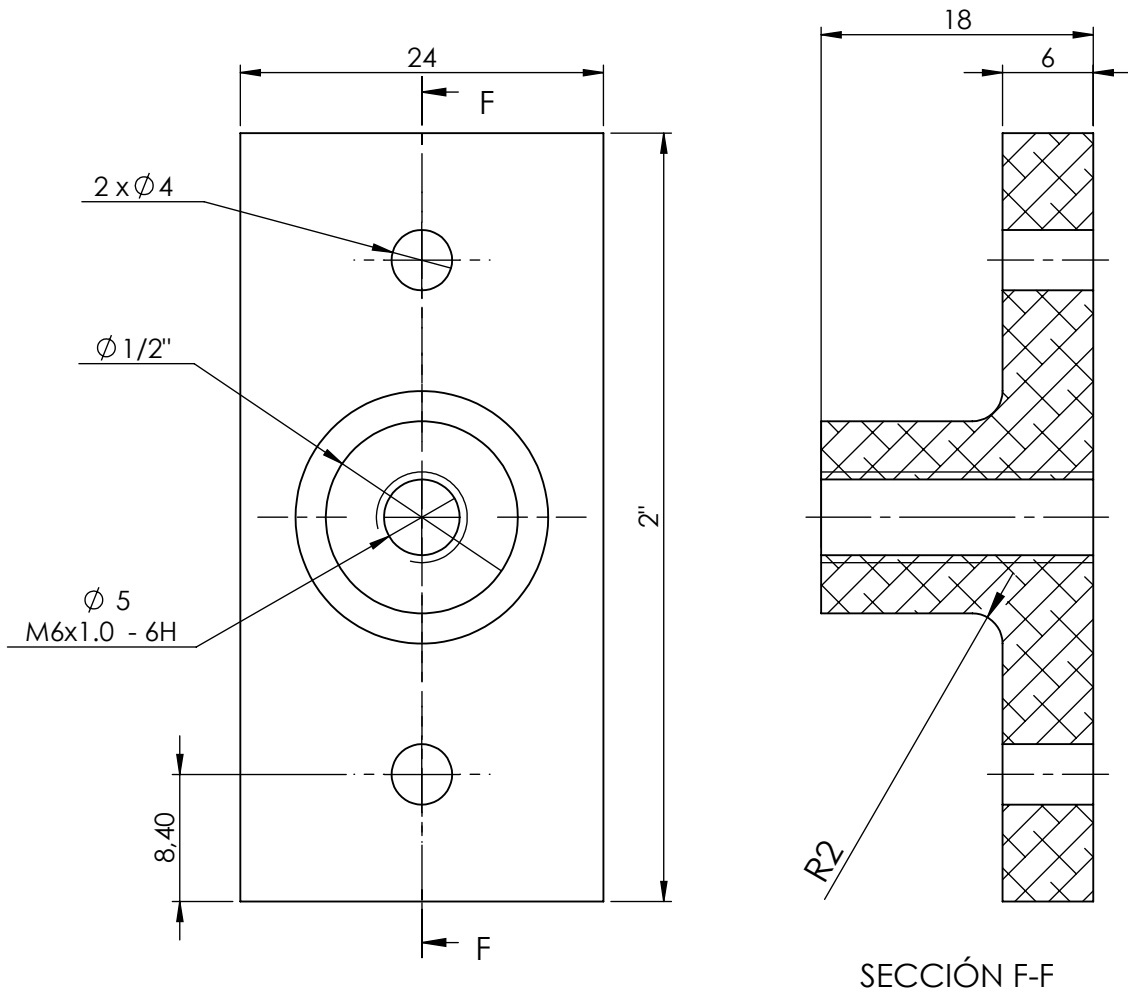
SECCIÓN D-D  
ESCALA 1 : 1

	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 6 de 57	

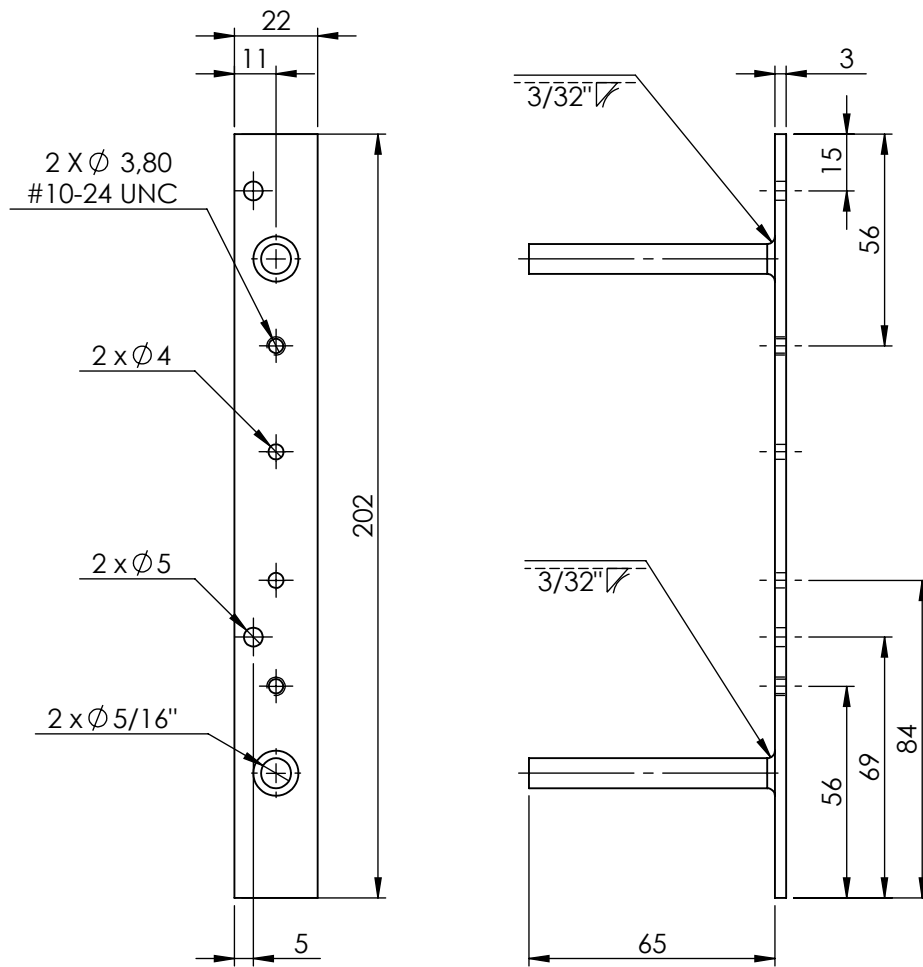


SECCIÓN E-E  
ESCALA 2 : 1

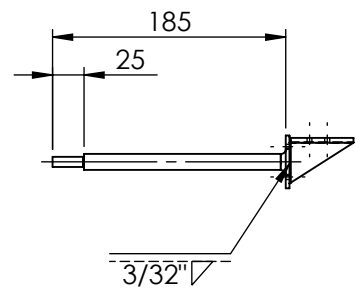
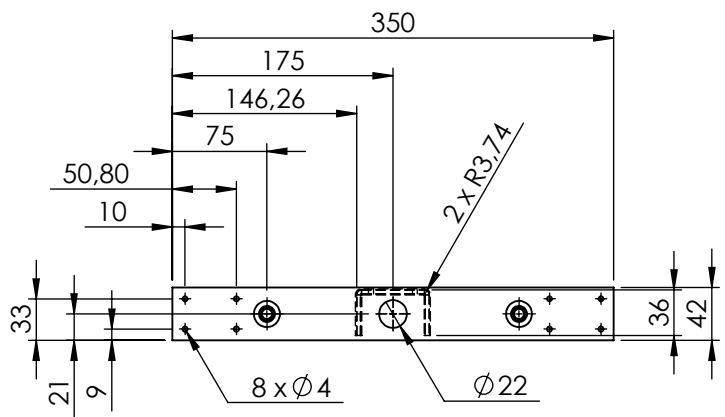
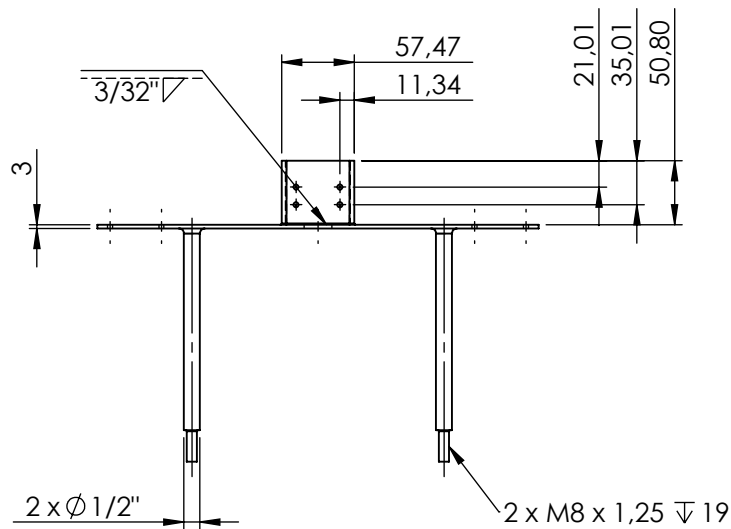
	Nombre	Fecha	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
Dibujó	Fabian Maldonado	5-XII-10		
Comprobó	Miguel Reyes	5-XII-10		
Norma	ISO	5-XII-10		
2:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 7 de 57	




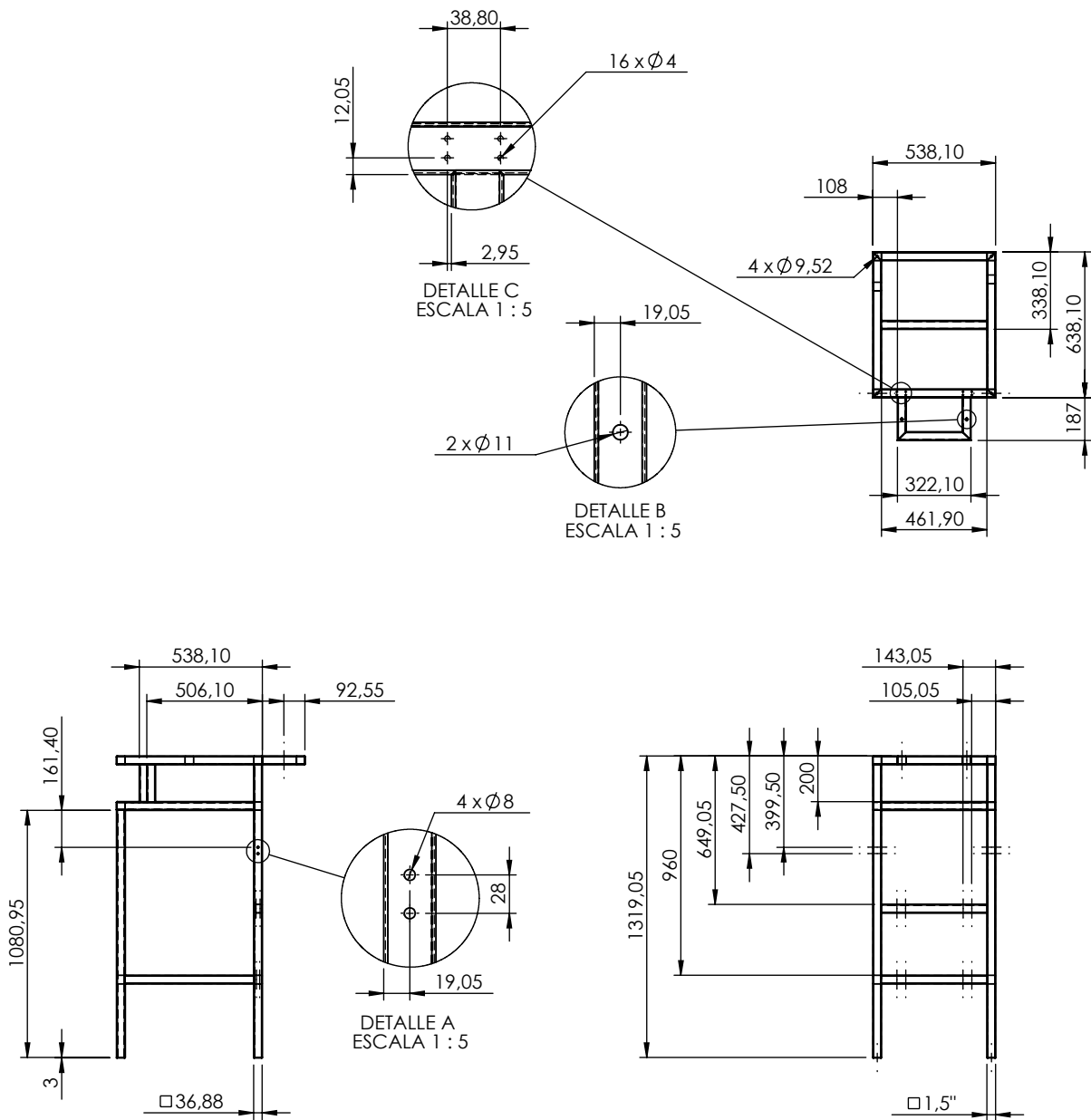
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
2:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas			Lamina 8 de 57



	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 9 de 57	

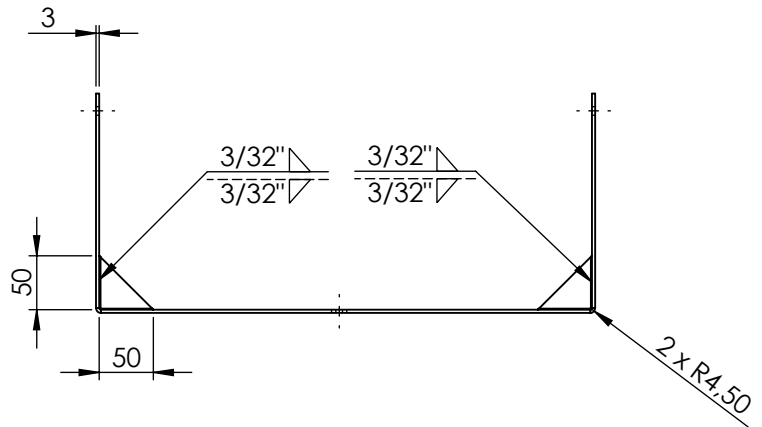
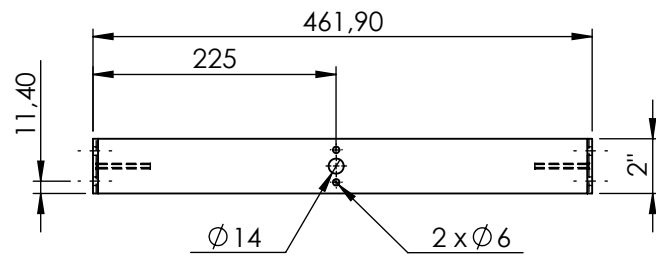
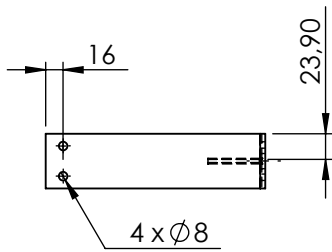


Dibujó	Nombre	Fecha	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías
Fabian Maldonado	5-XII-10			Facultad de Ingeniería Mecánica
Miguel Reyes	5-XII-10			
ISO	5-XII-10			
1:6	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas			Lamina 10 de 57

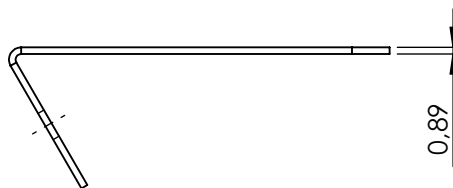
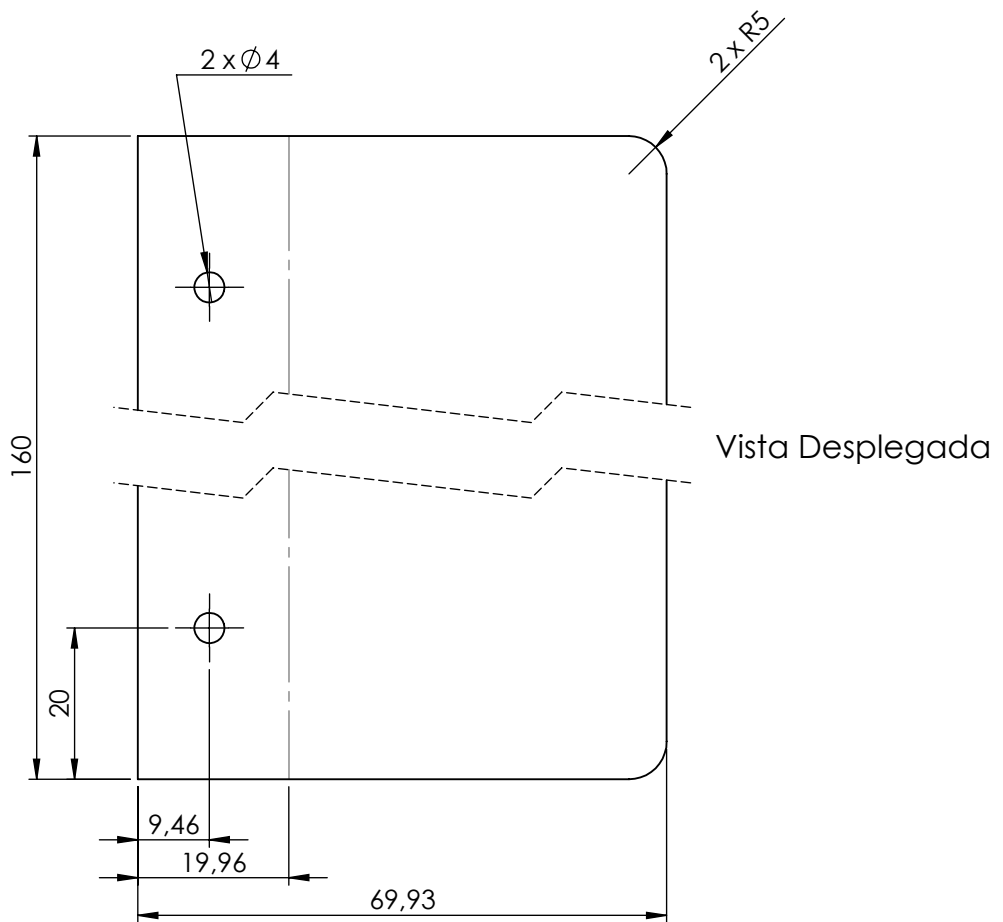


	Nombre	Fecha	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías
Dibujó	Fabian Maldonado	5-XII-10		Facultad de Ingeniería Mecánica
Comprobó	Miguel Reyes	5-XII-10		
Norma	ISO	5-XII-10		
1:30	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas			Lamina 11 de 57

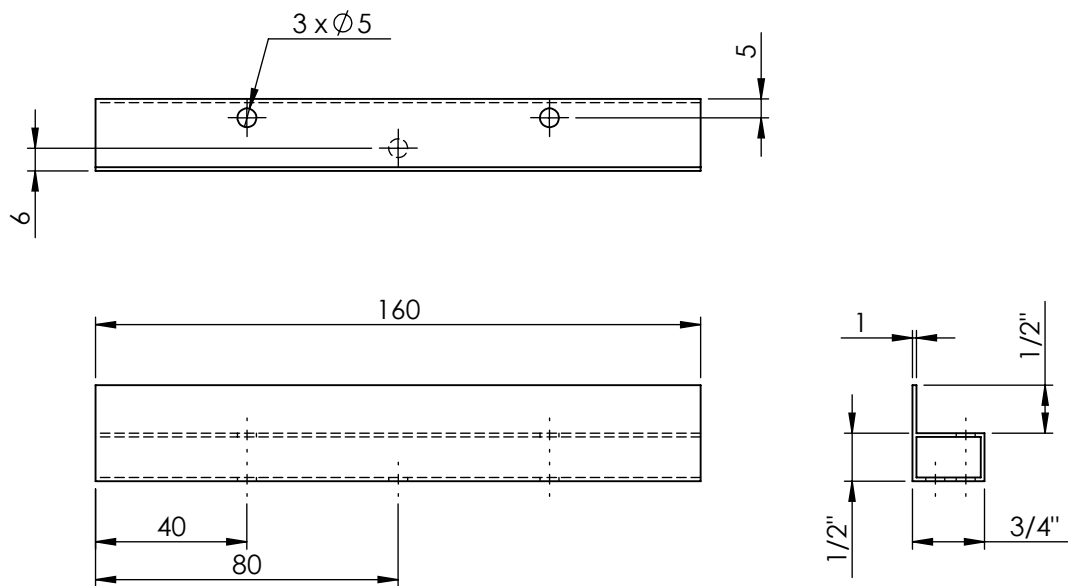




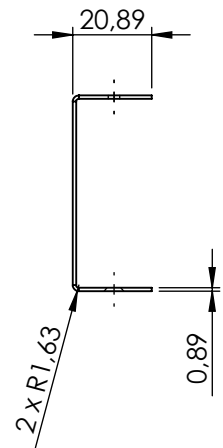
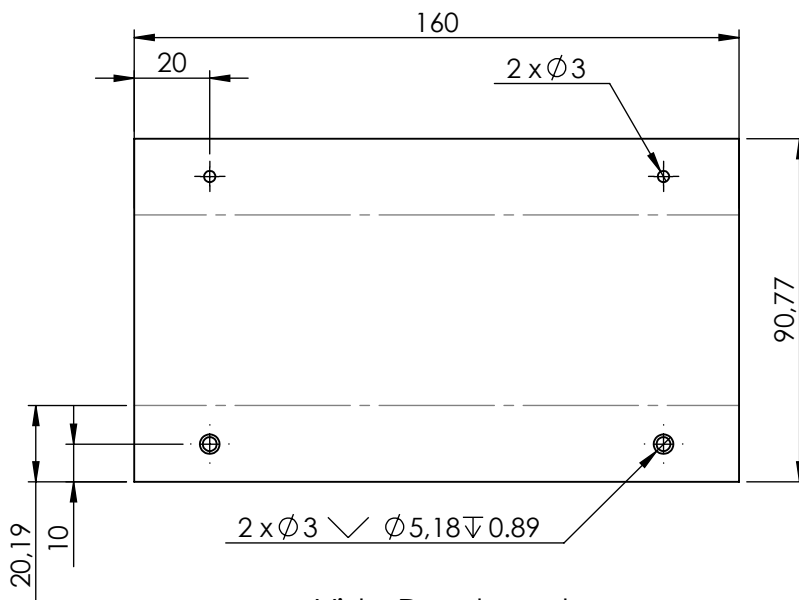
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
<b>1:7</b>	<b>Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas</b>		<b>Lamina 12 de 57</b>	



Dibujó	Nombre Fabian Maldonado	Fecha 5-XII-10	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
Comprobó	Miguel Reyes	5-XII-10		
Norma	ISO	5-XII-10		
1:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 13 de 57	

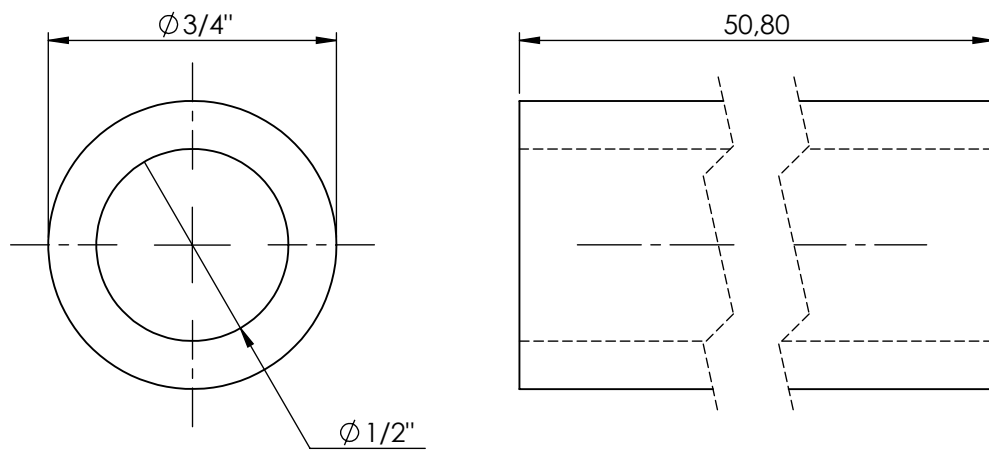


	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 14 de 57	

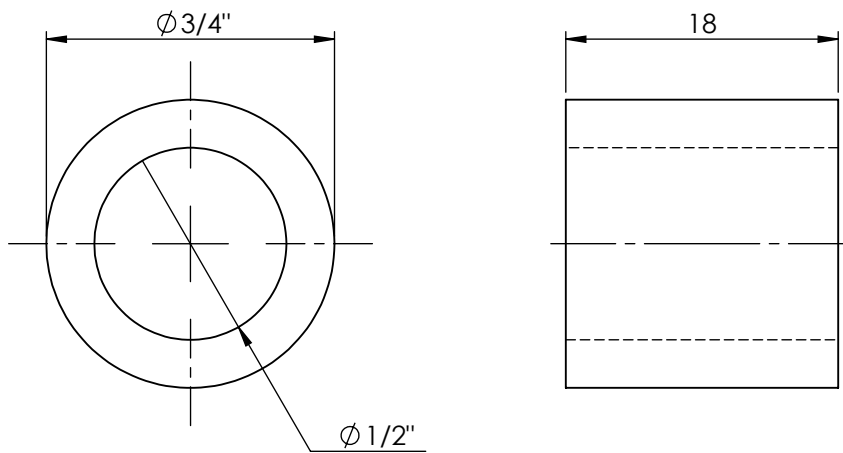


Vista Desplegada

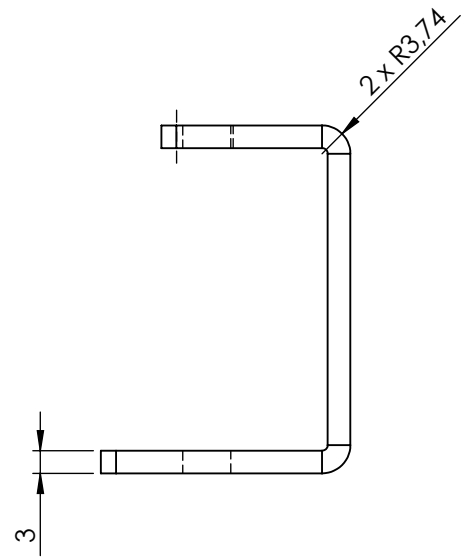
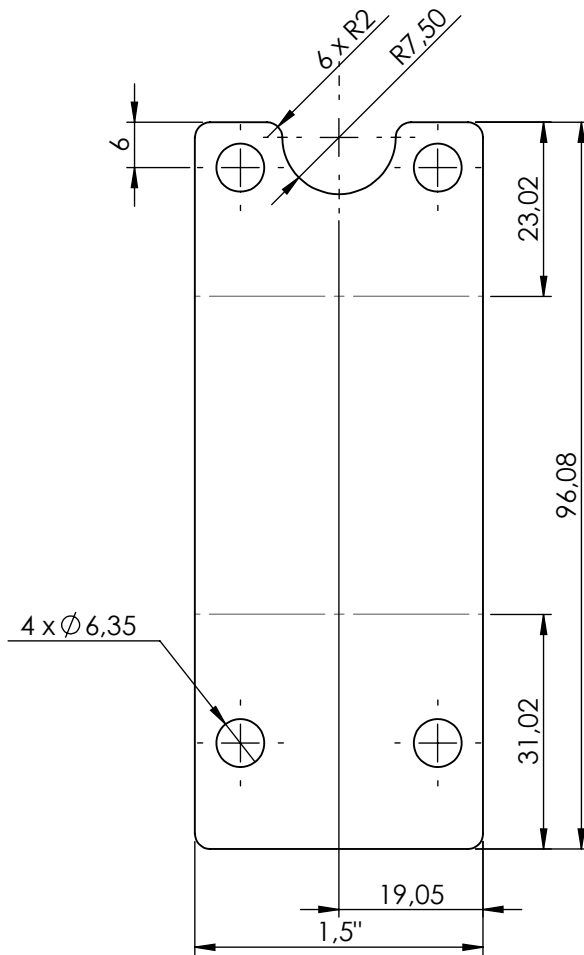
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 15 de 57	



	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
2:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 16 de 57	



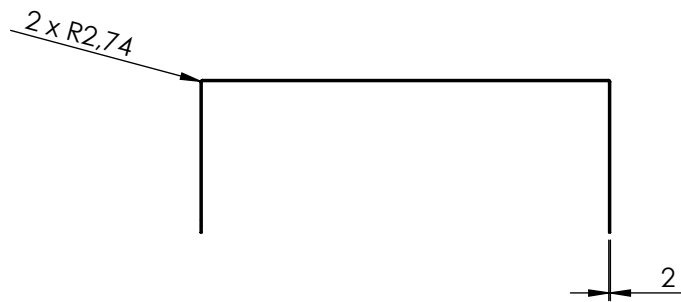
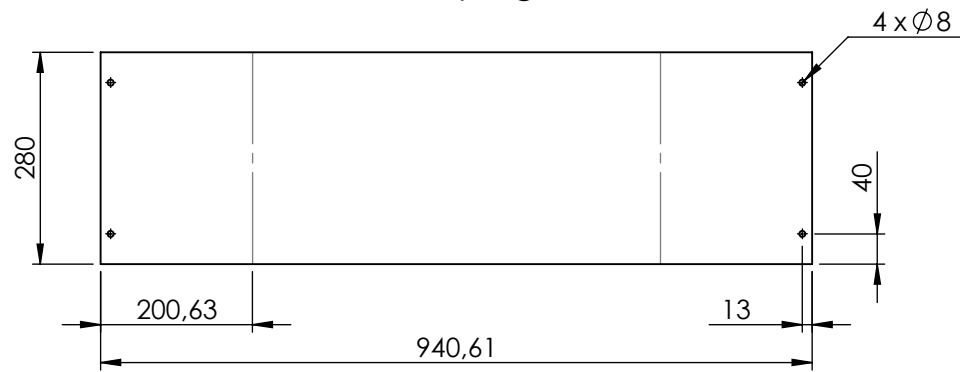
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
2:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 17 de 57	



Vista Desplegada

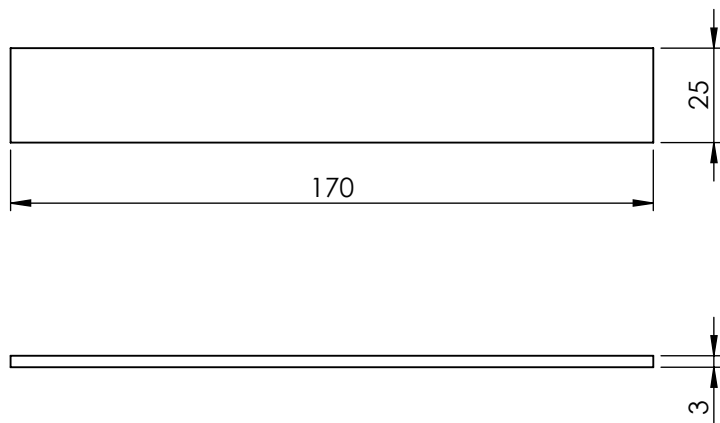
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 18 de 57	

### Vista Desplegada

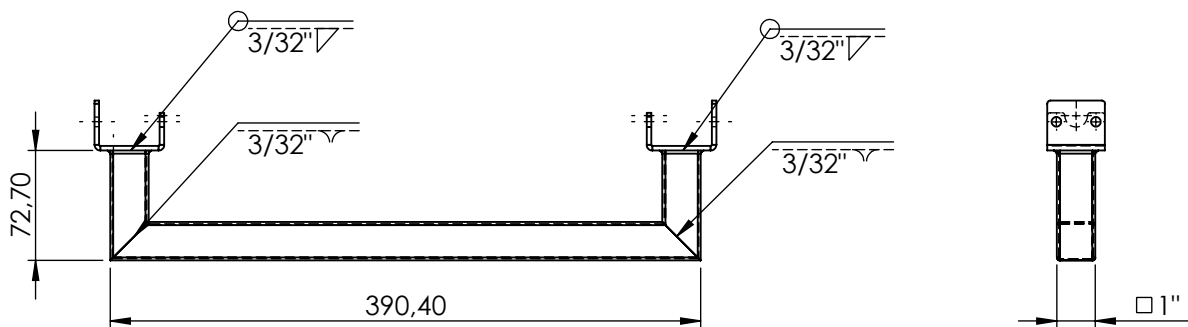


	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:10	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas			Lamina 19 de 57



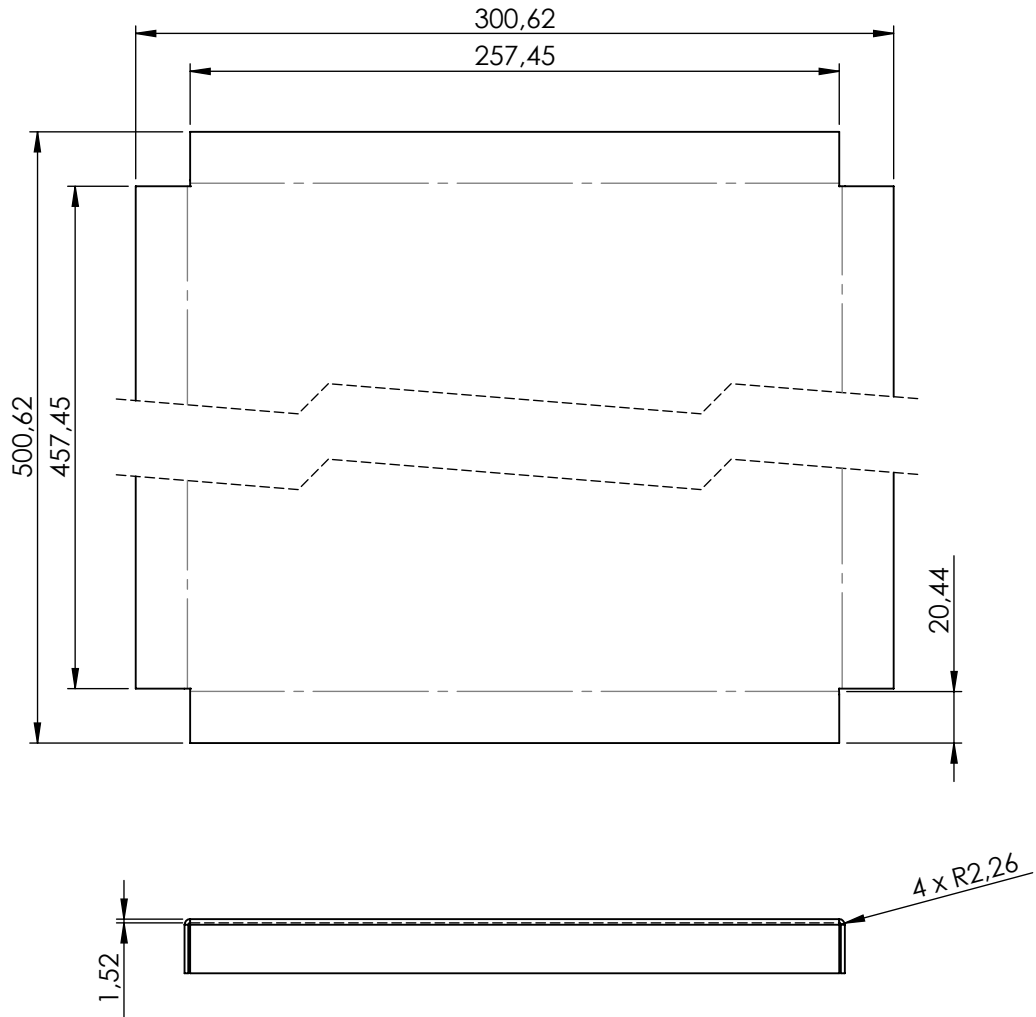


	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas			Lamina 20 de 57

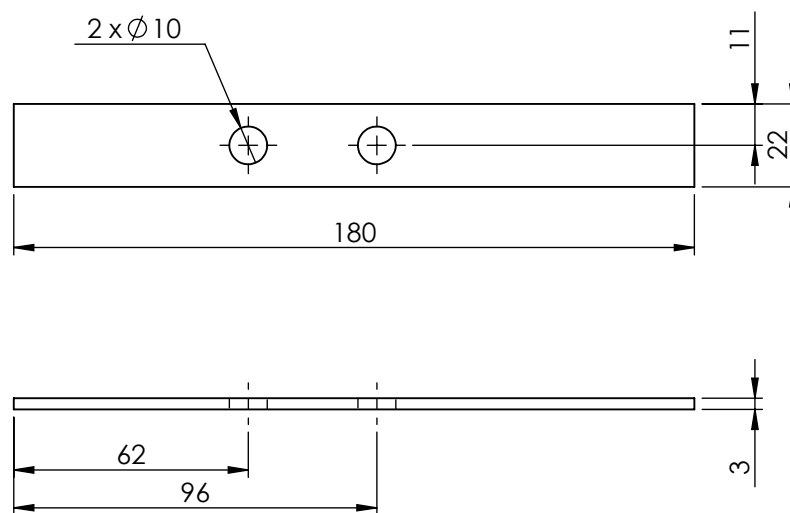


	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:5	Prototipo de una Máquina Empacadora de Galletas		Lamina 21 de 57	

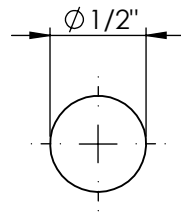
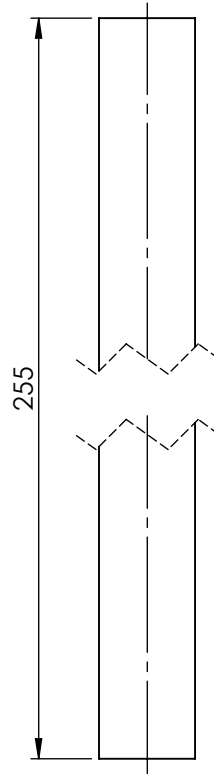
### Vista Desplegada



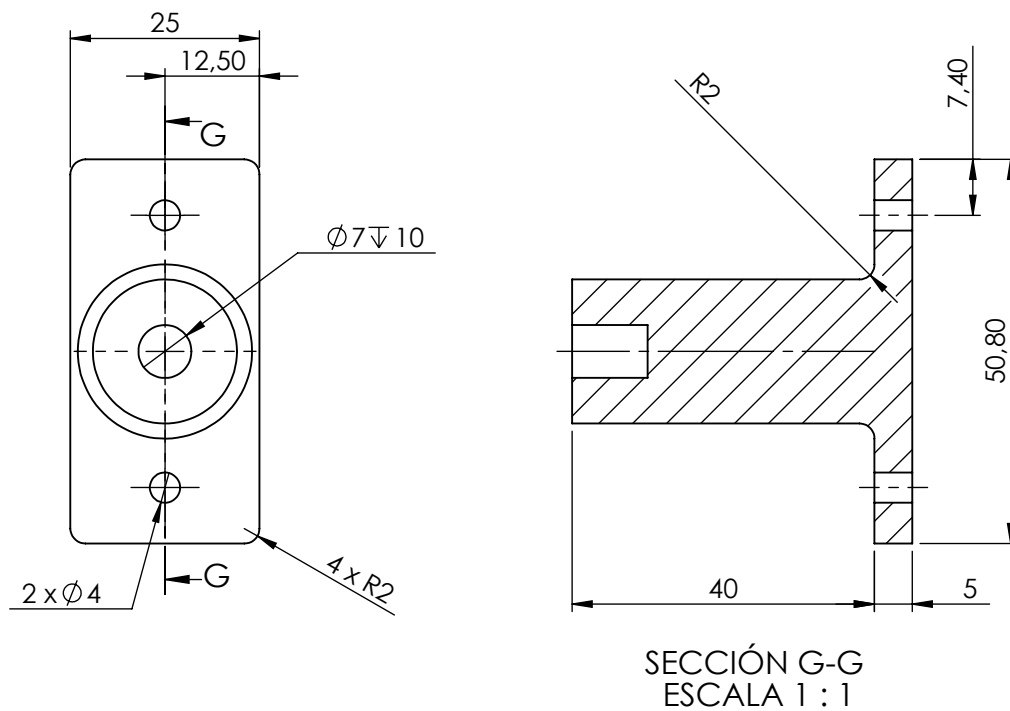
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:3	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 22 de 57	



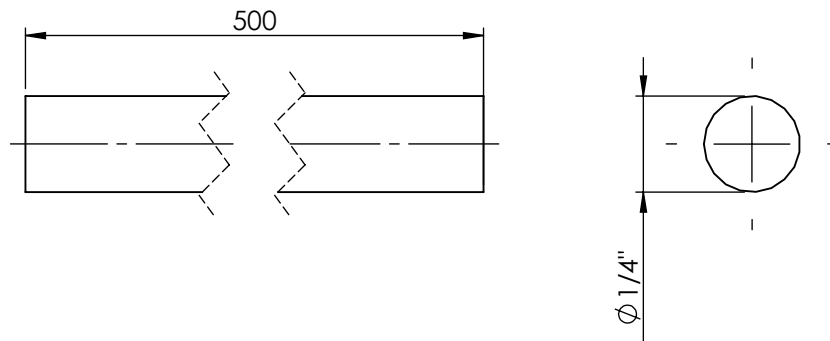
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 23 de 57	



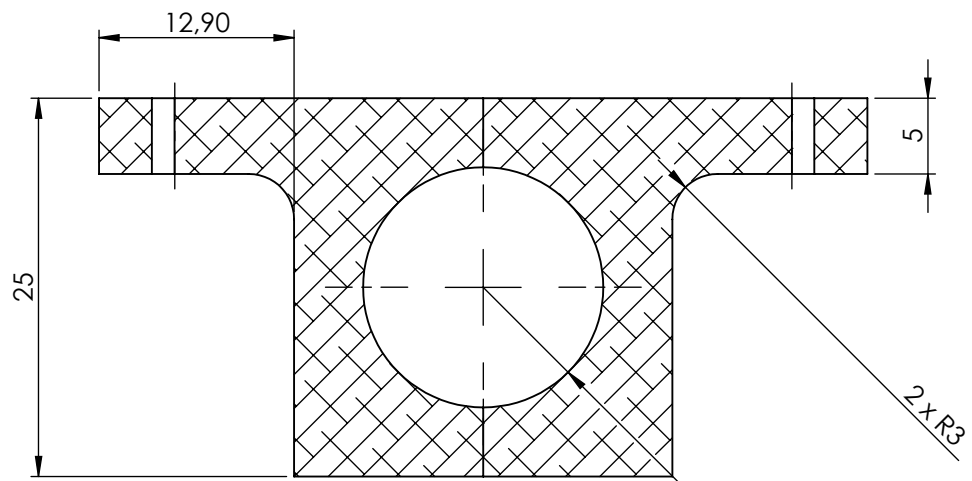
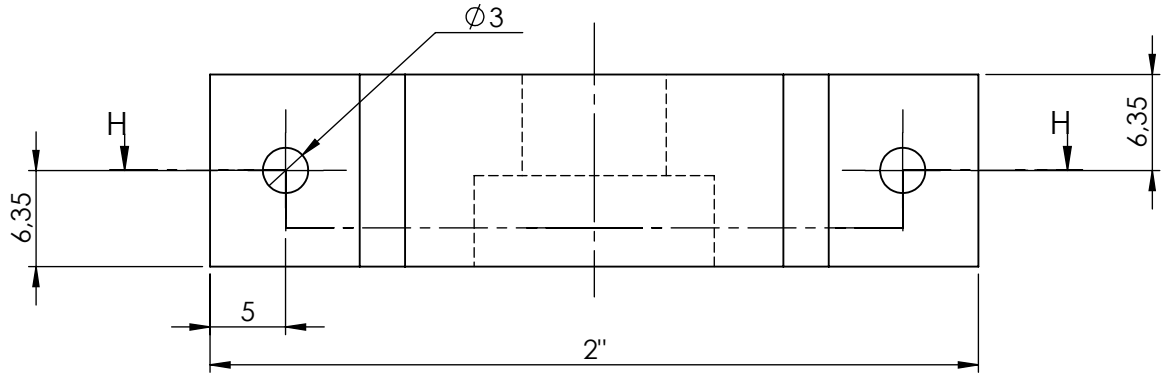
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 24 de 57	



	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 25 de 57	



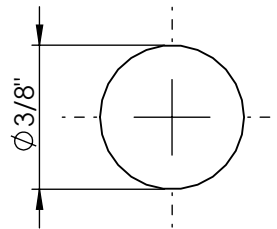
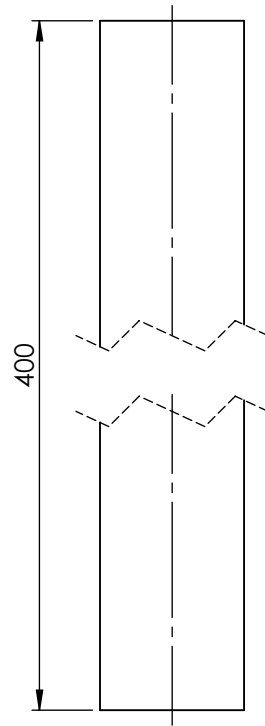
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
2:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas			Lamina 26 de 57



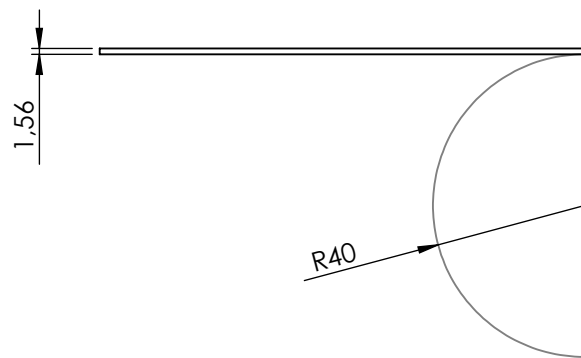
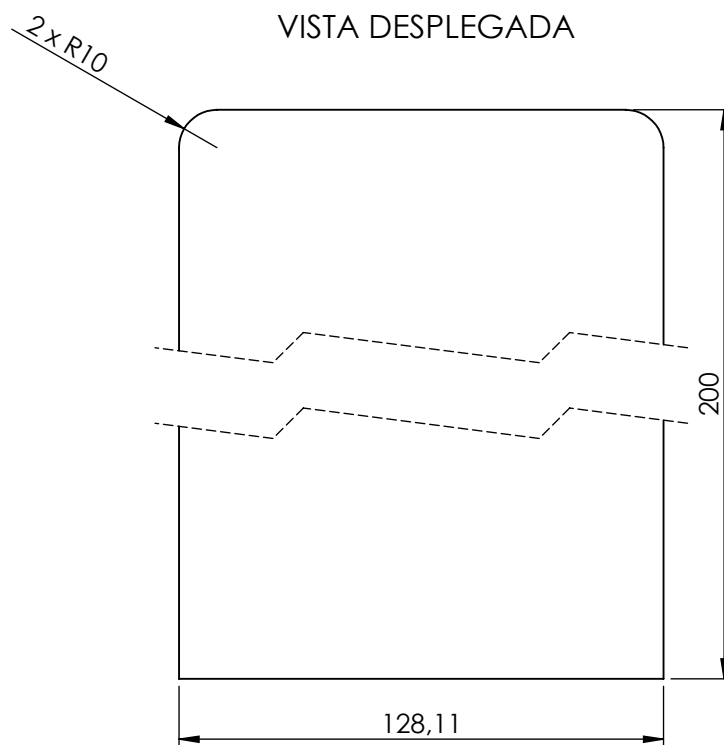
SECCIÓN H-H  
ESCALA 2 : 1

	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
2:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas			Lamina 27 de 57

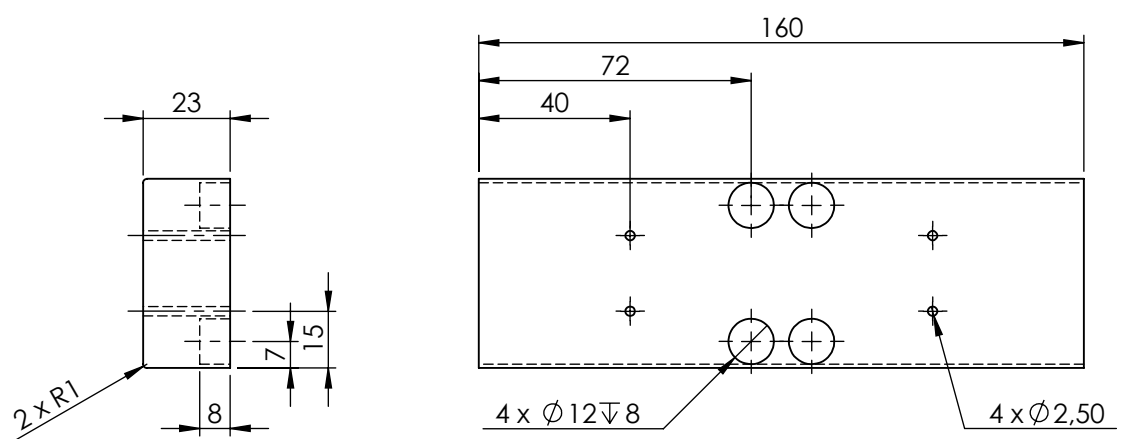




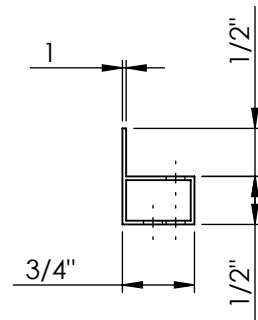
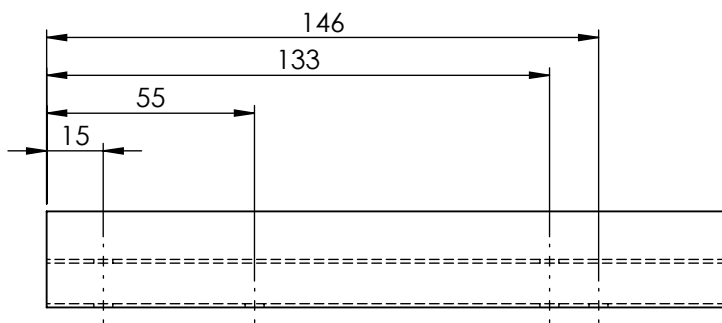
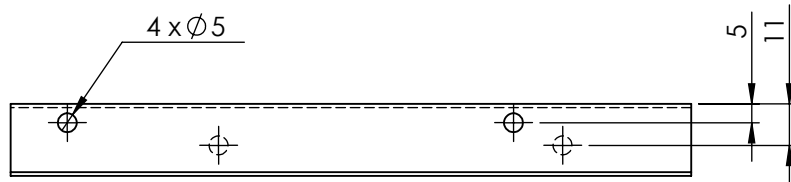
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
<b>2:1</b>	<b>Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas</b>		<b>Lamina 28 de 57</b>	




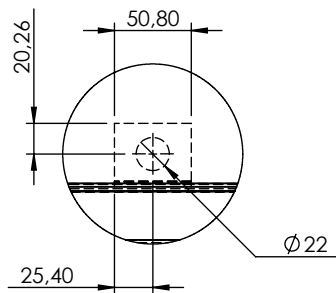
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Máquina Empacadora de Galletas		Lamina 29 de 57	



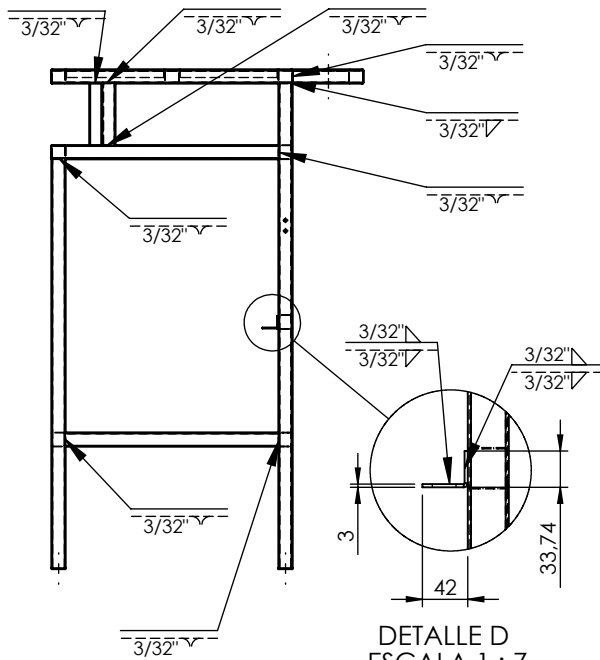
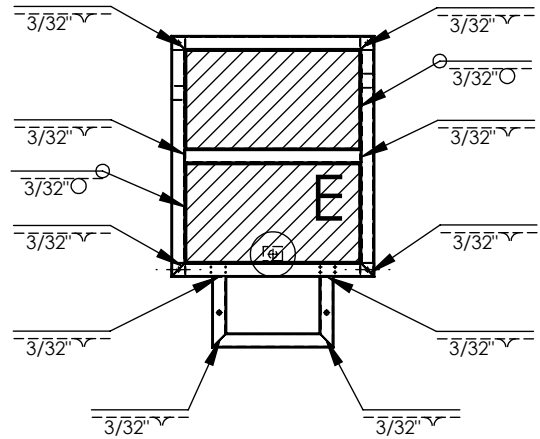
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 30 de 57	



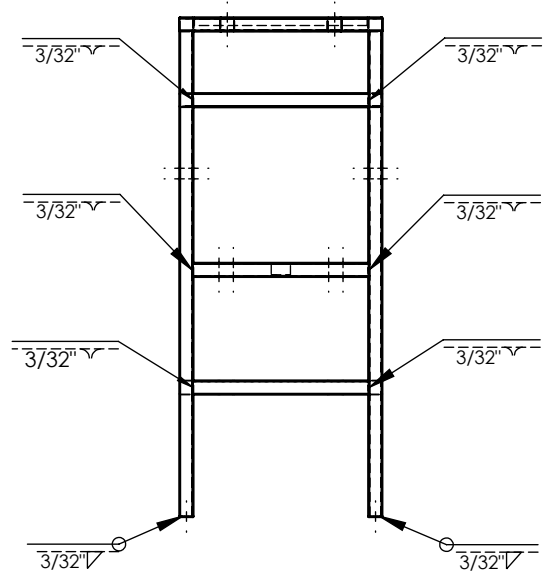
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 <b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 31 de 57	



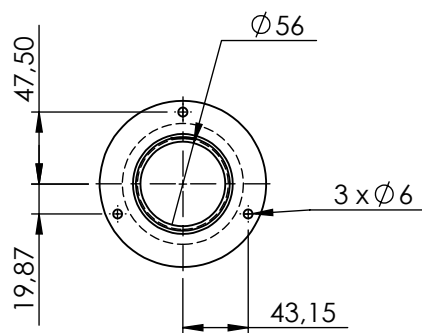
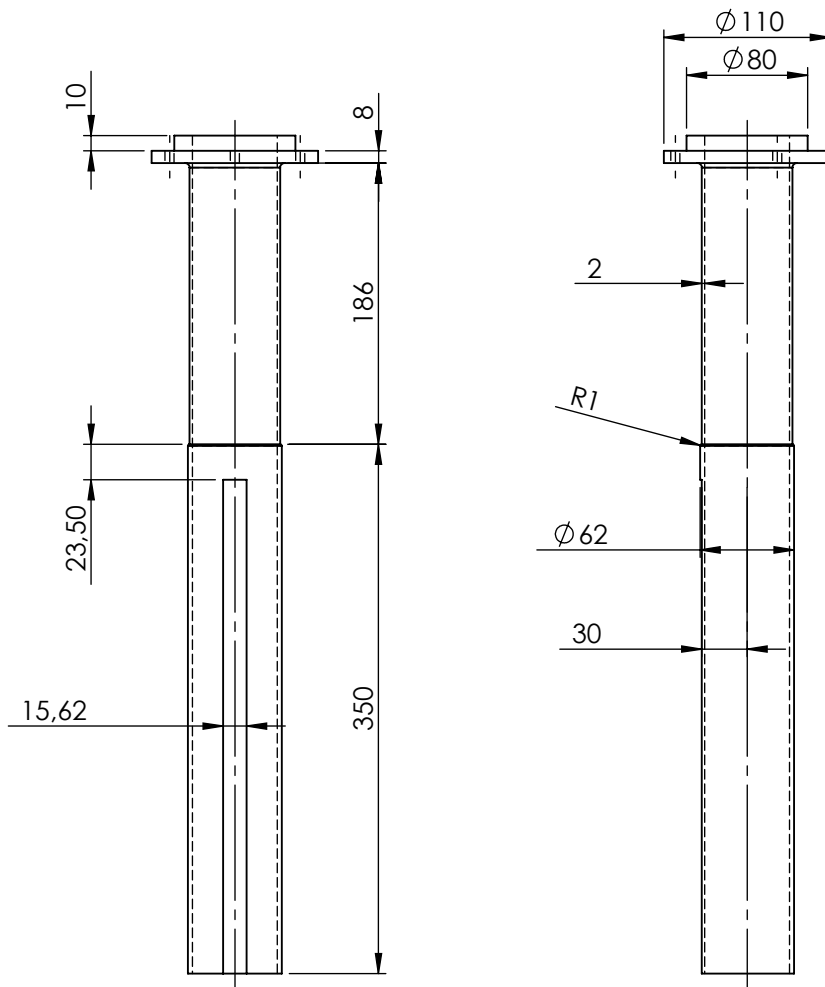
DETALLE E  
ESCALA 1 : 5



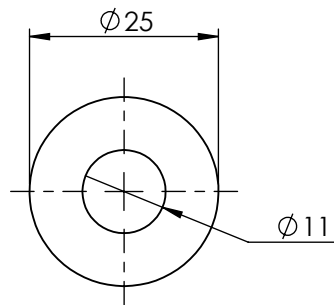
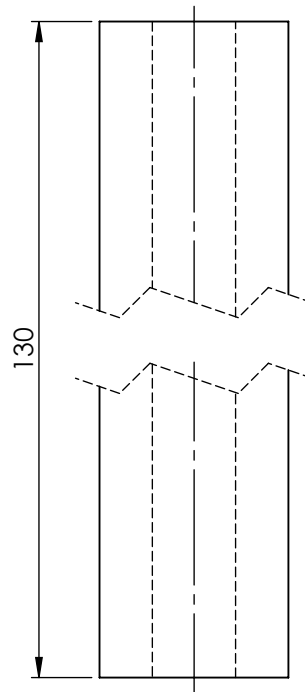
DETALLE D  
ESCALA 1 : 7



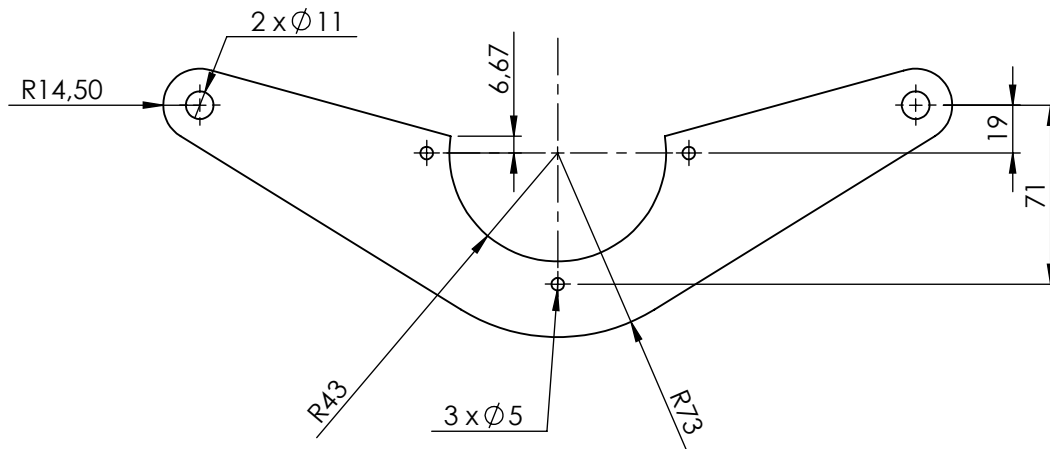
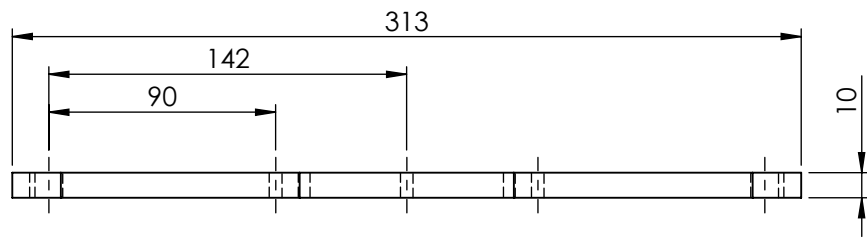
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:20	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 32 de 57	



	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:5	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 33 de 57	

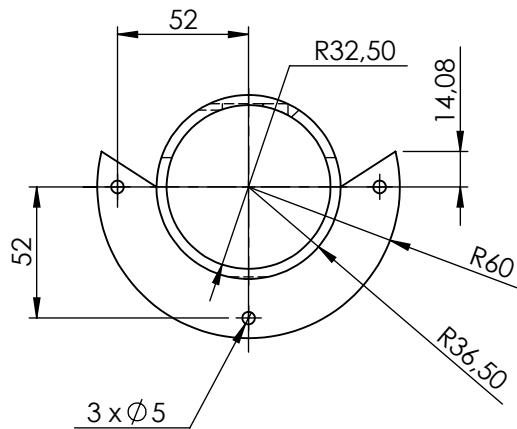
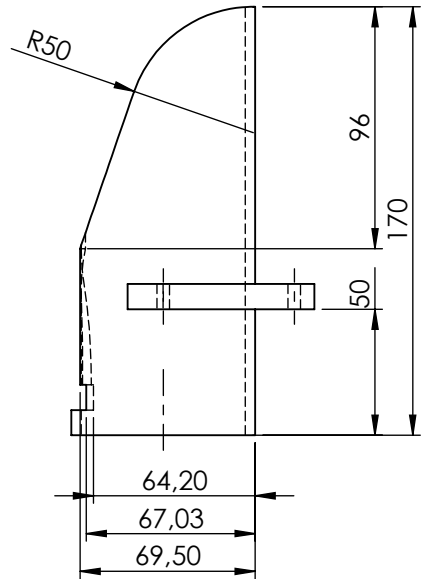
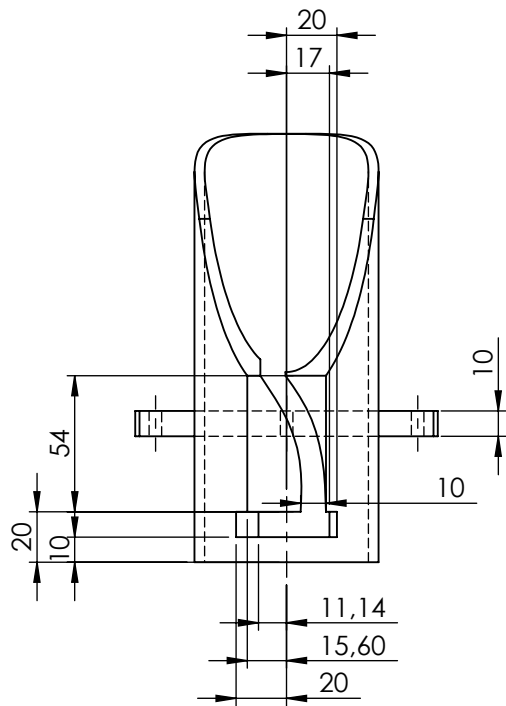


	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 34 de 57	

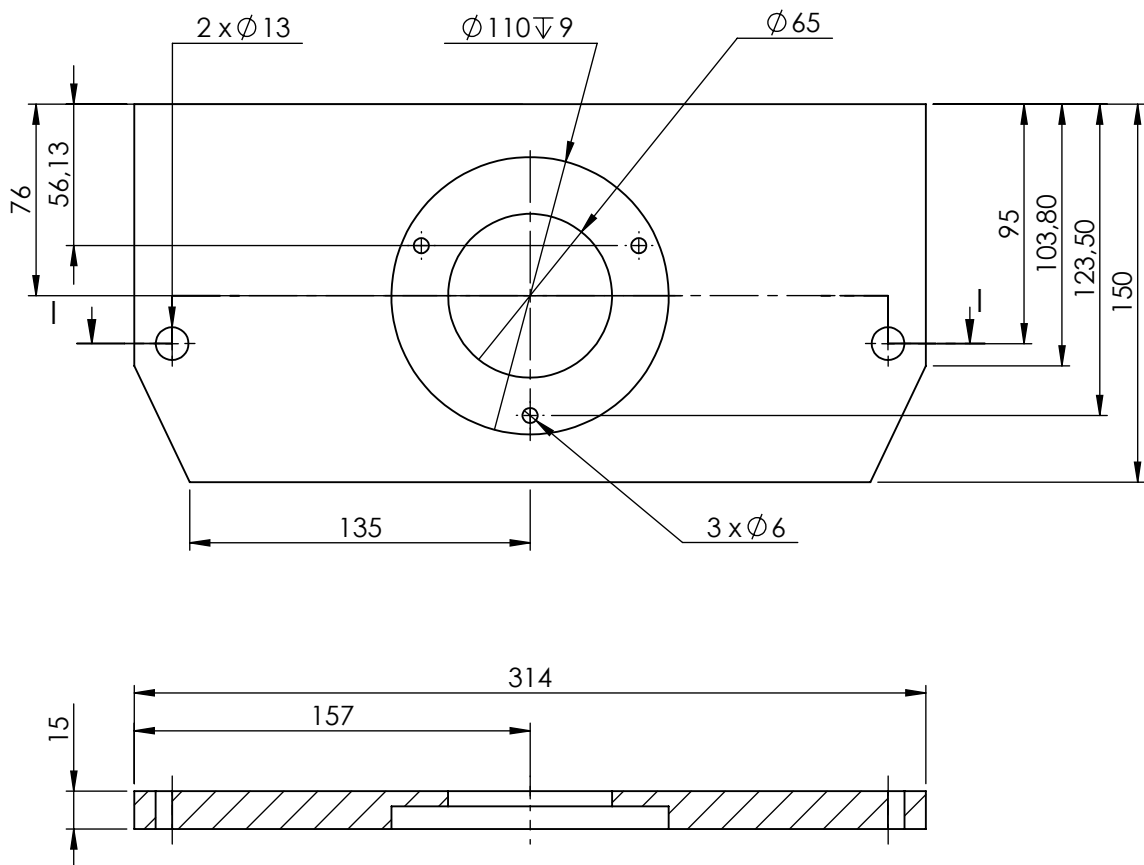


	Nombre	Fecha	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
Dibujó	Fabian Maldonado	5-XII-10		
Comprobó	Miguel Reyes	5-XII-10		
Norma	ISO	5-XII-10		
1:3	Prototipo de una Máquina Empacadora de Galletas		Lamina 35 de 57	



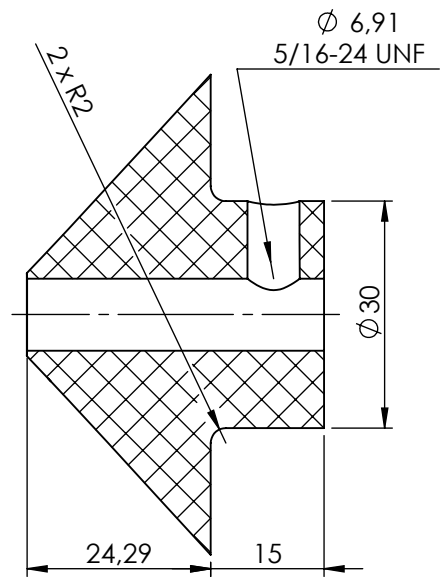
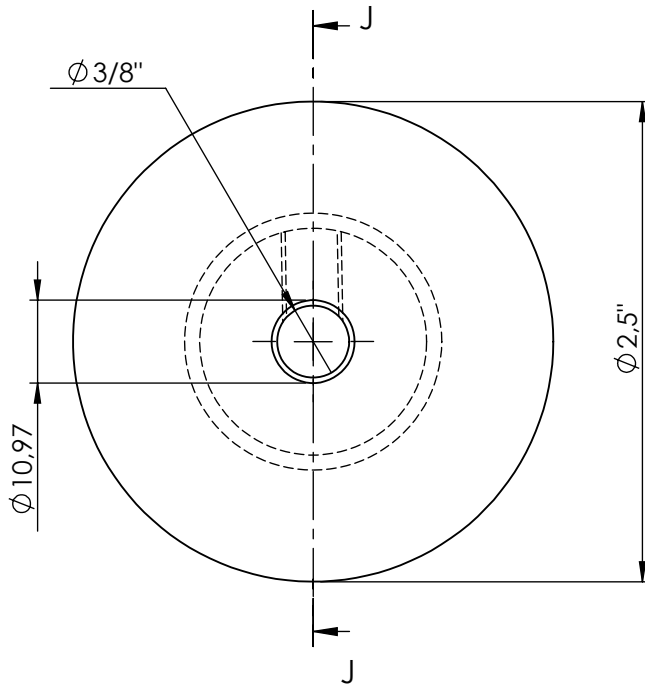


	Nombre	Fecha	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías
Dibujó	Fabian Maldonado	5-XII-10		Facultad de Ingeniería Mecánica
Comprobó	Miguel Reyes	5-XII-10		
Norma	ISO	5-XII-10		
1:3	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas			Lamina 36 de 57




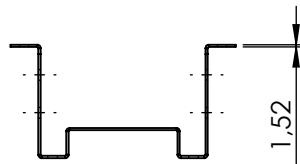
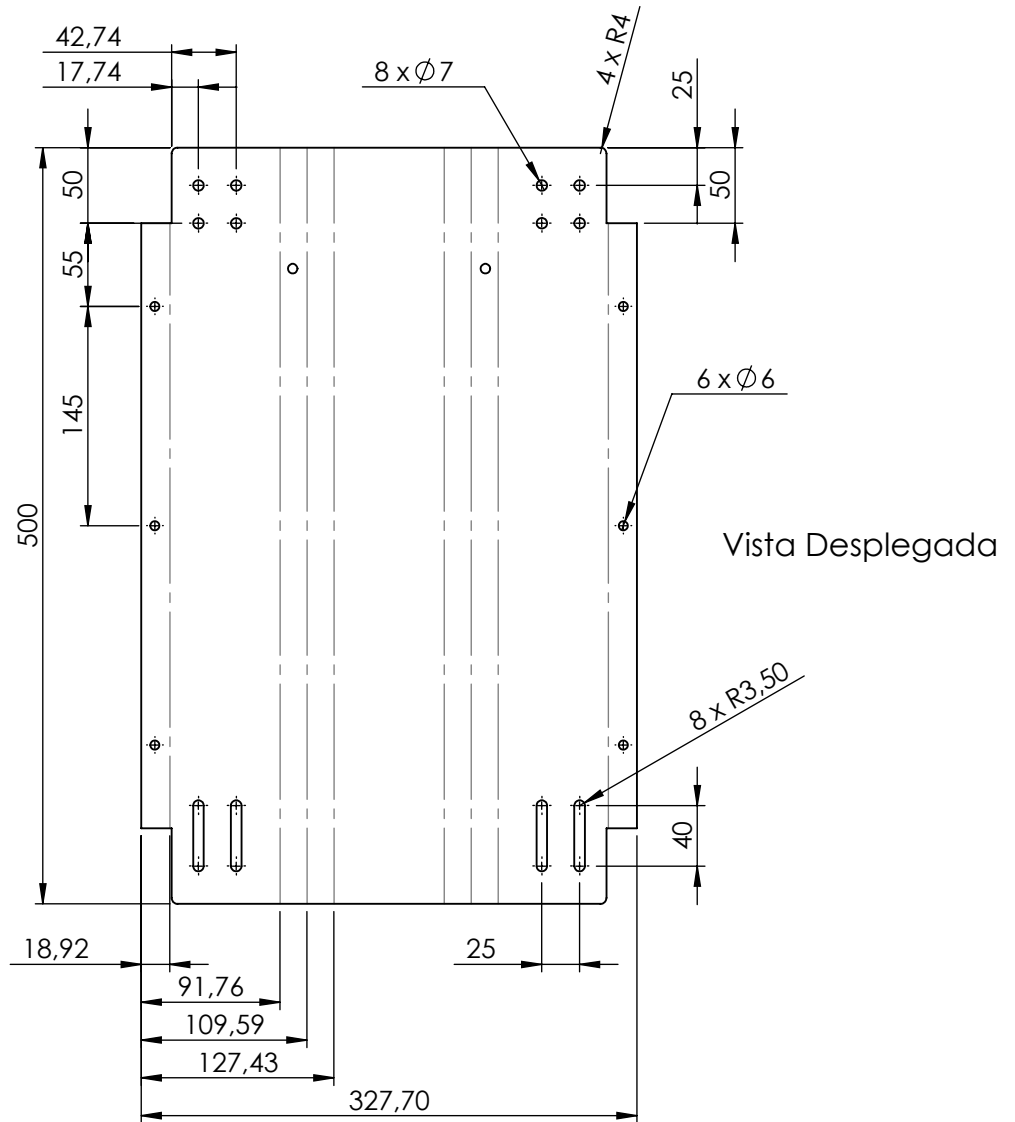
SECCIÓN I-I  
ESCALA 1 : 3

Dibujó	Nombre Fabian Maldonado	Fecha 5-XII-10	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
Comprobó	Miguel Reyes	5-XII-10		
Norma	ISO	5-XII-10		
1:3	Prototipo de una Máquina Empacadora de Galletas		Lamina 37 de 57	

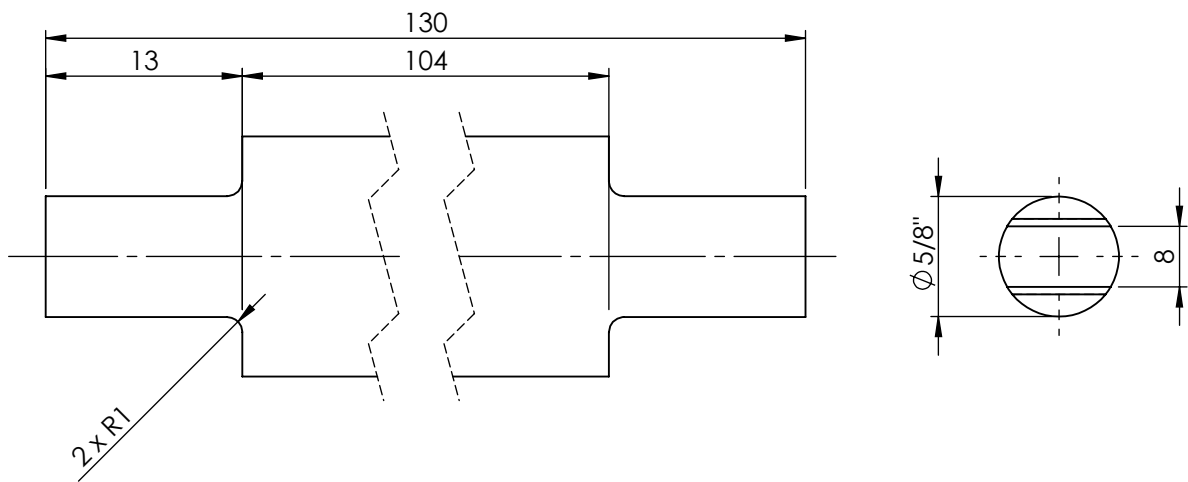


SECCIÓN J-J

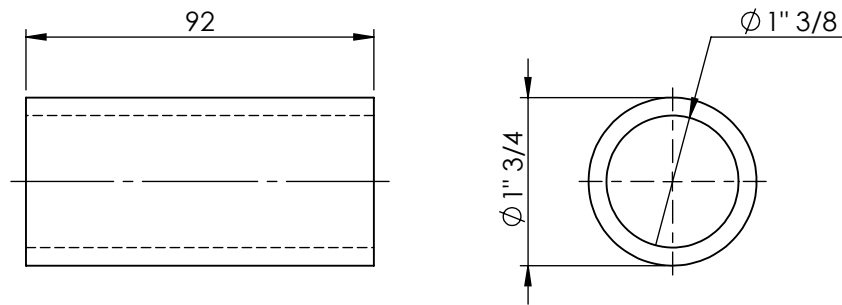
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas			Lamina 38 de 57



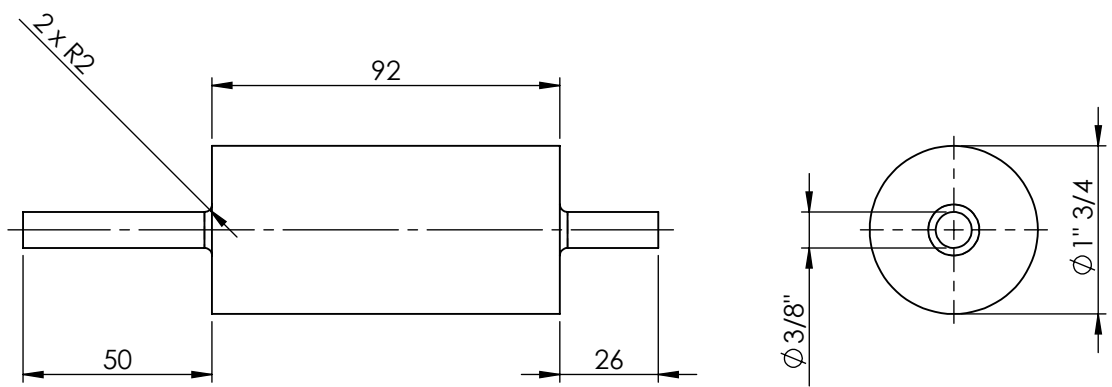
Dibujó	Nombre Fabian Maldonado	Fecha 5-XII-10		Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
Comprobó	Miguel Reyes	5-XII-10		
Norma	ISO	5-XII-10		
1:5	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 39 de 57	



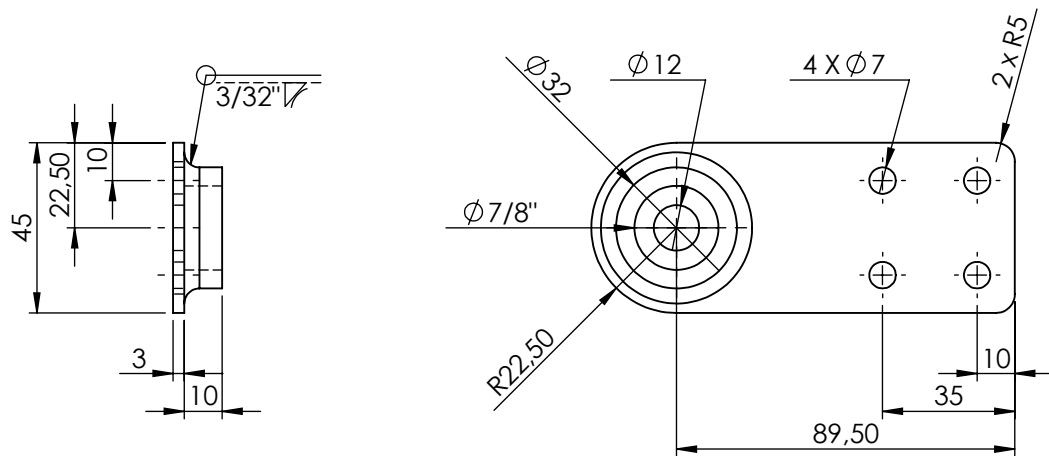
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
2:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 40 de 57	



	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 41 de 57	

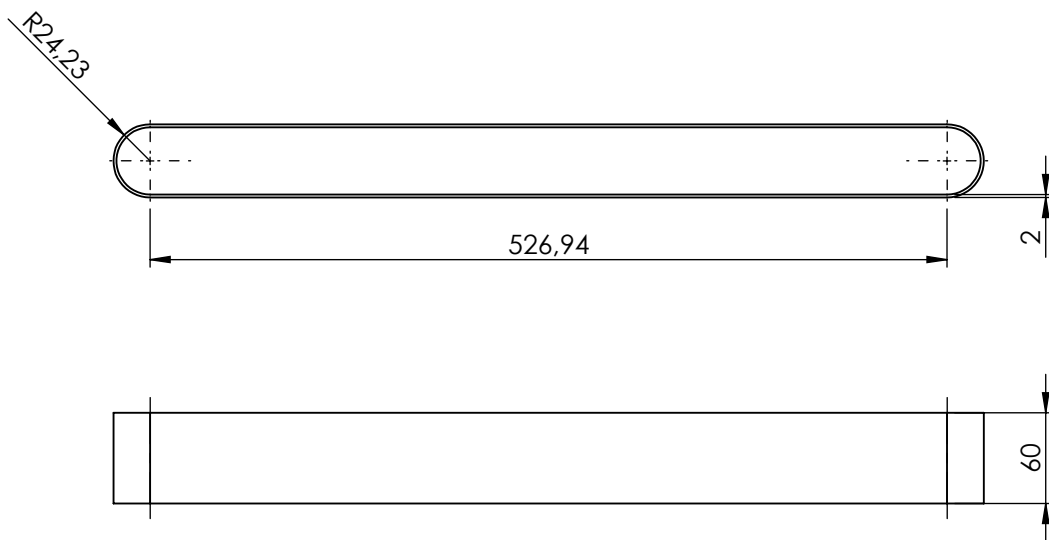


	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 42 de 57	

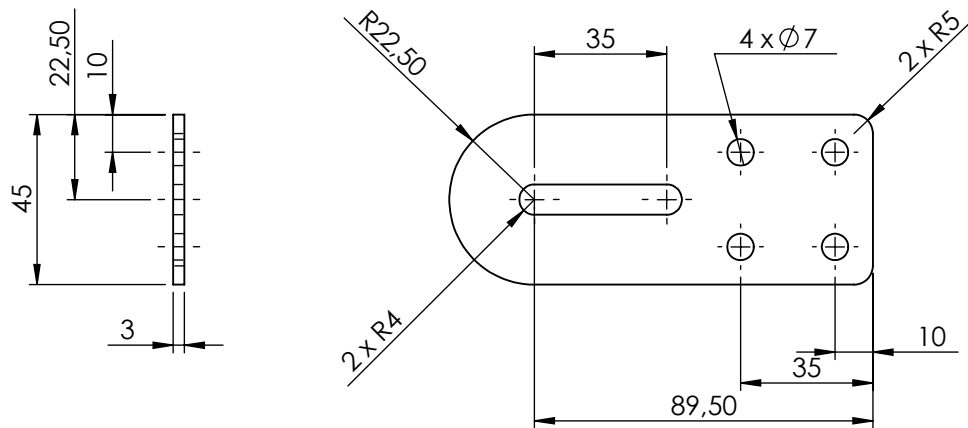



	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 43 de 57	

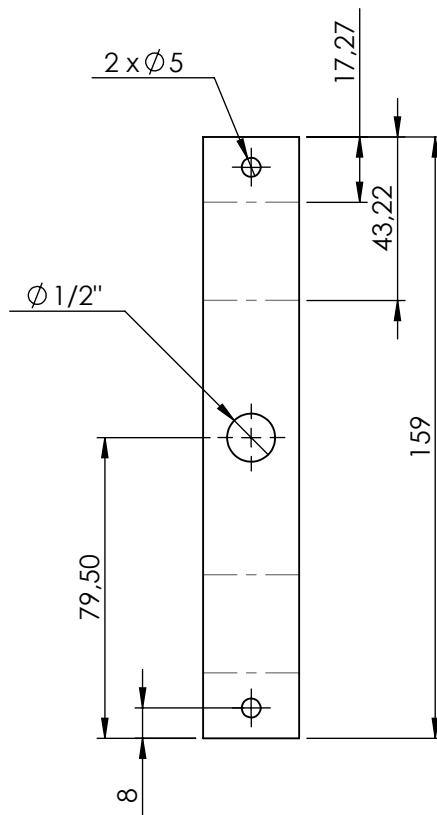




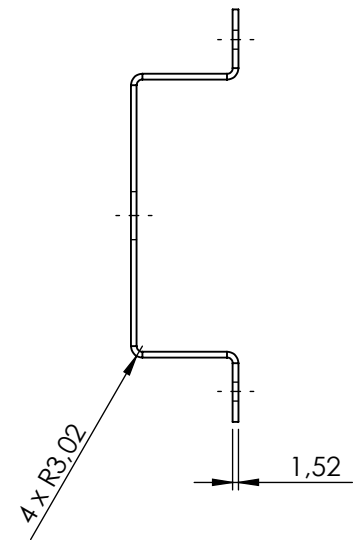
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:5	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 44 de 57	




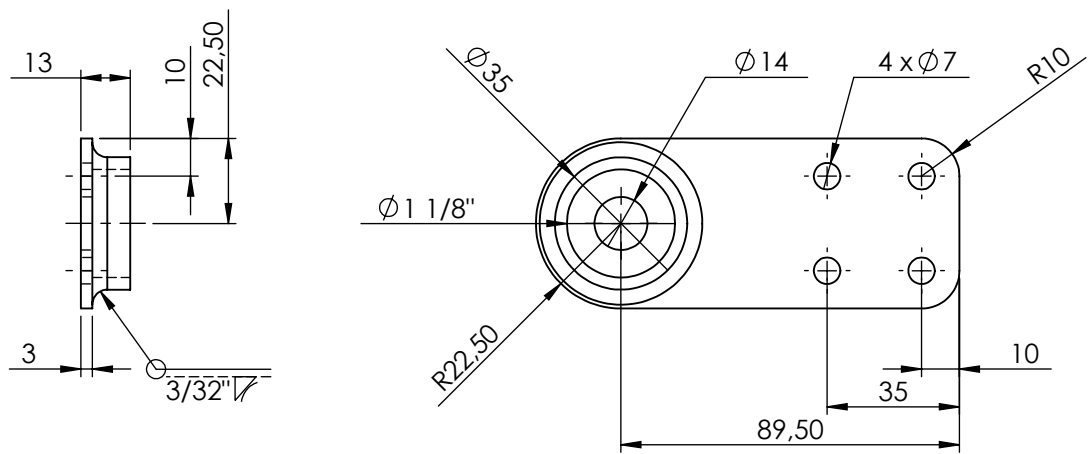
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 45 de 57	



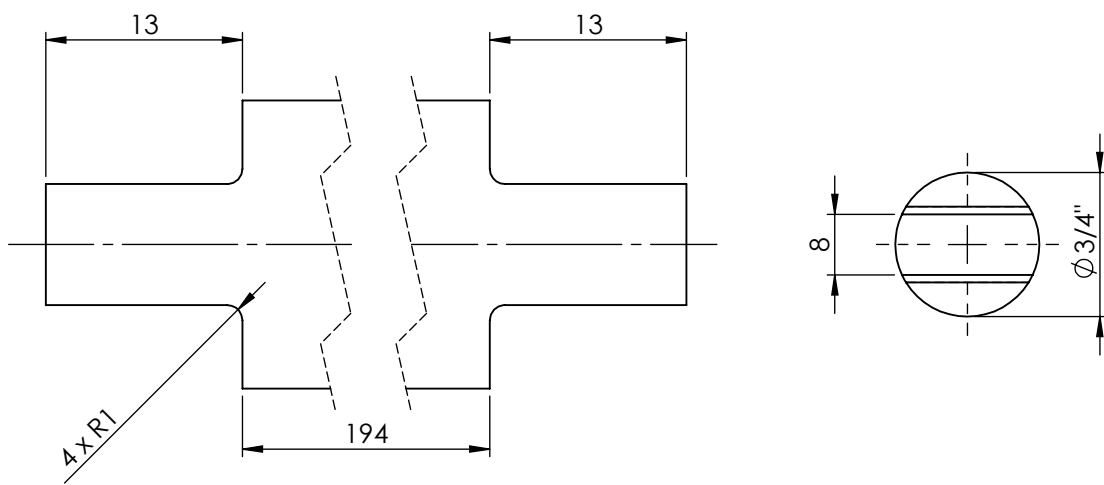
VISTA DESPLEGADA



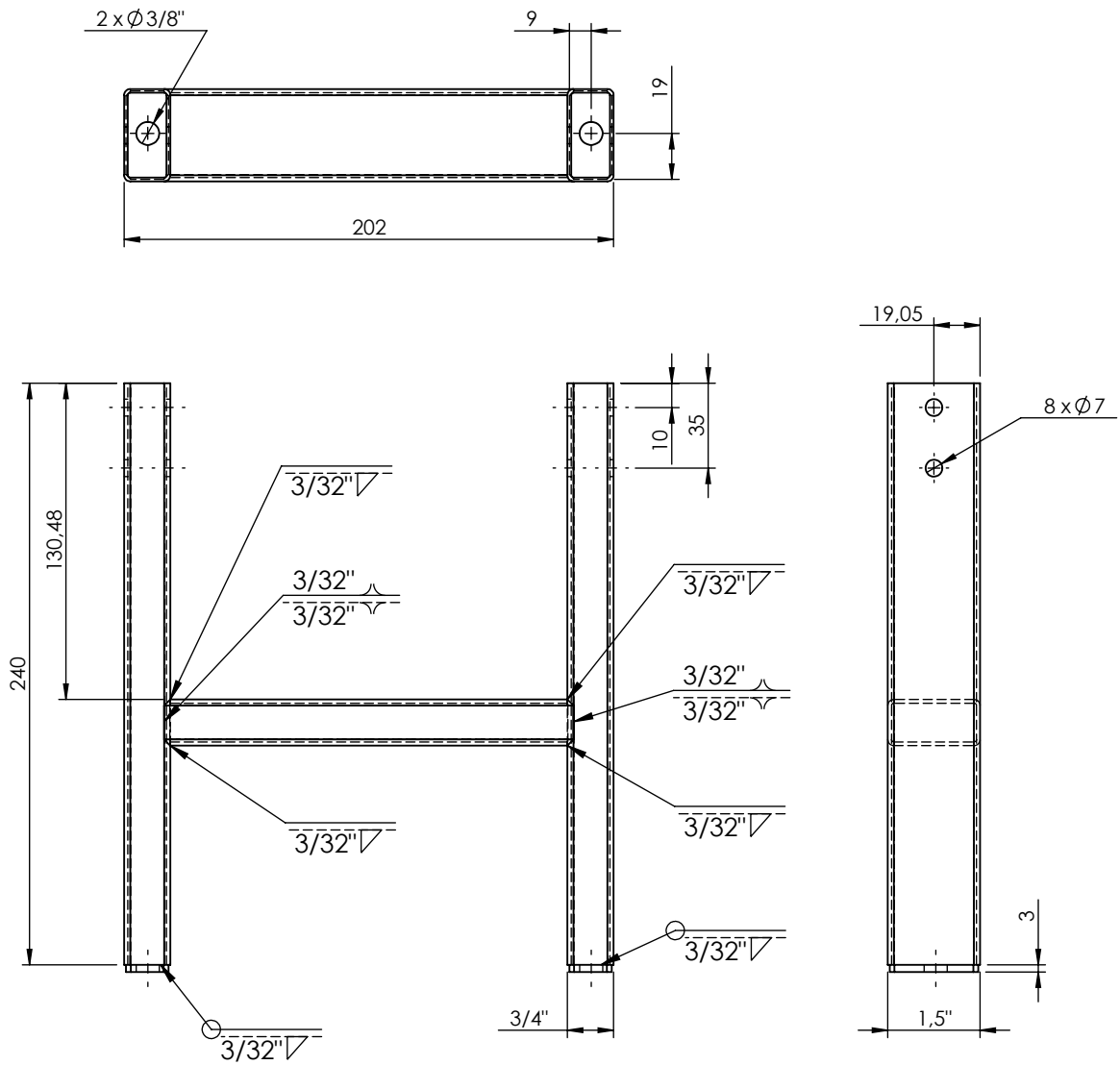
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 46 de 57	



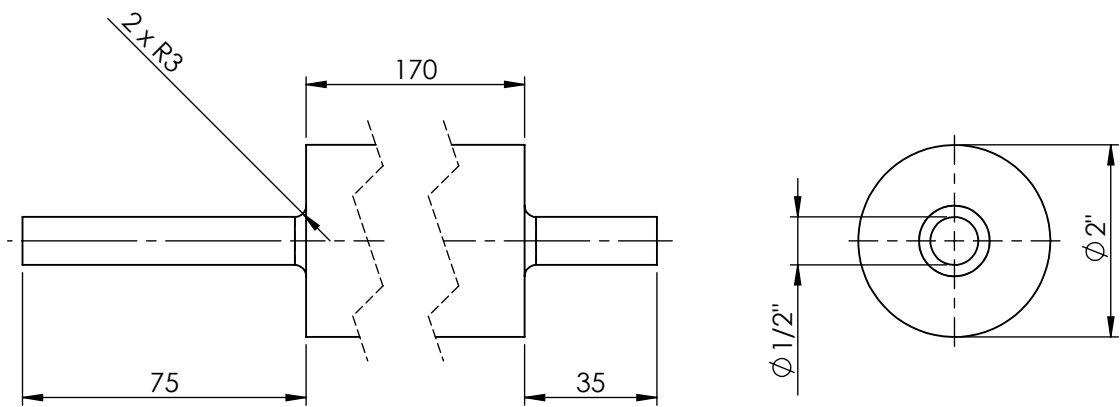
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 47 de 57	



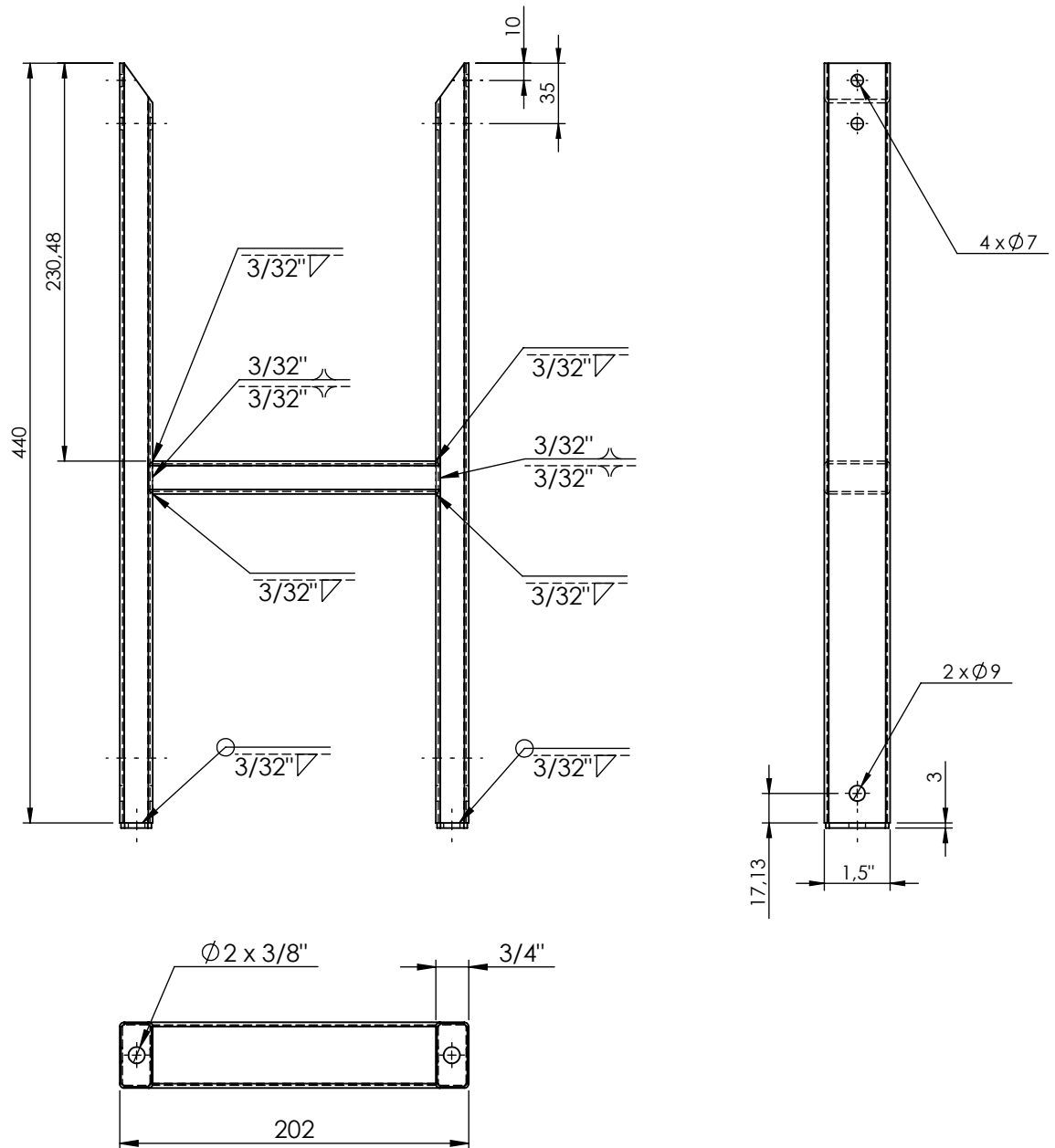
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
2:1	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 48 de 57	




	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:3	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 49 de 57	

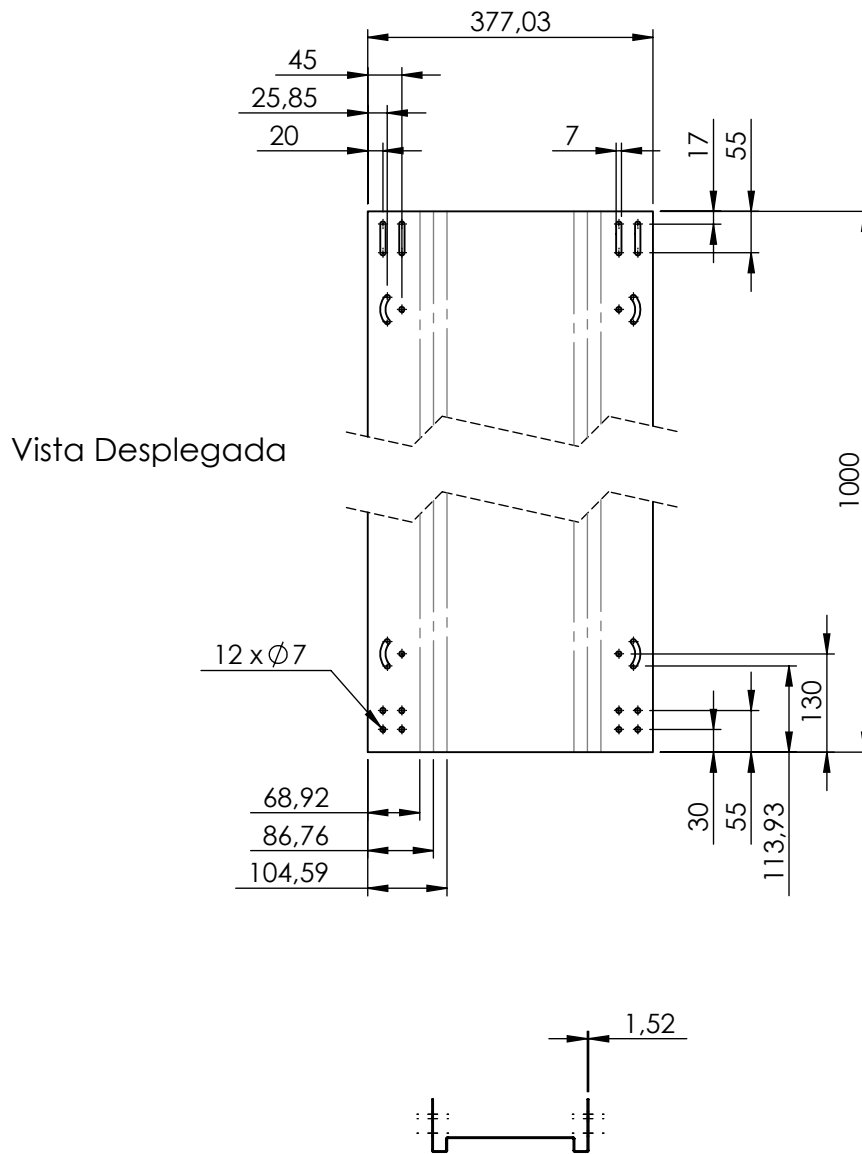


	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas			Lamina 50 de 57

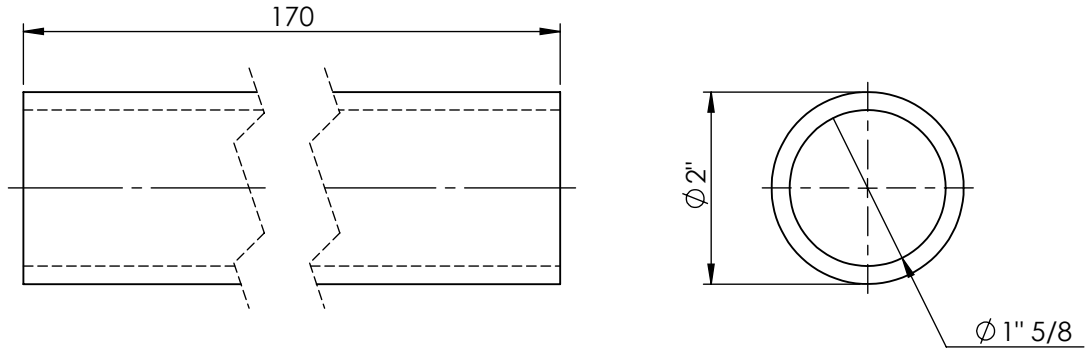


	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:4	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 51 de 57	

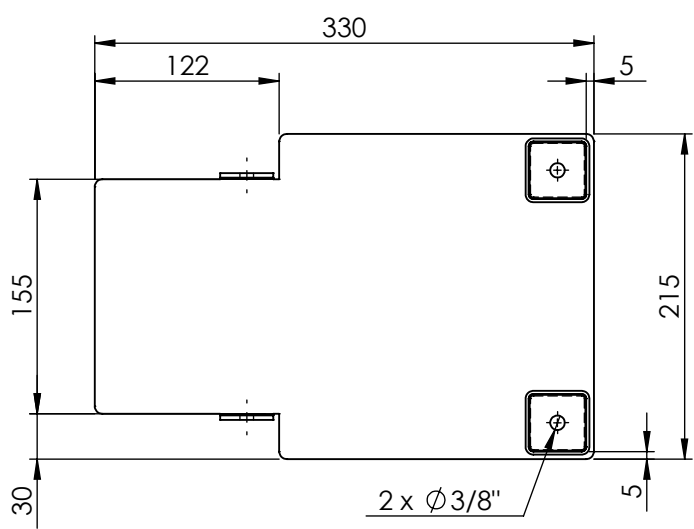
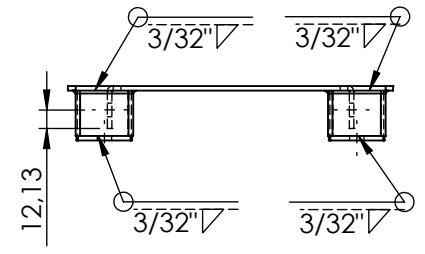
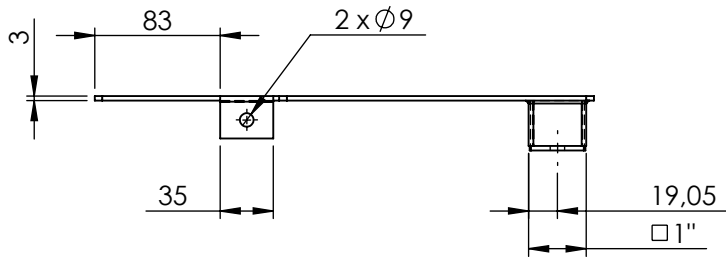




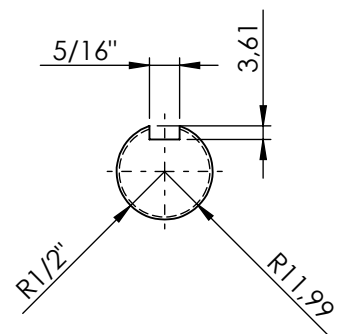
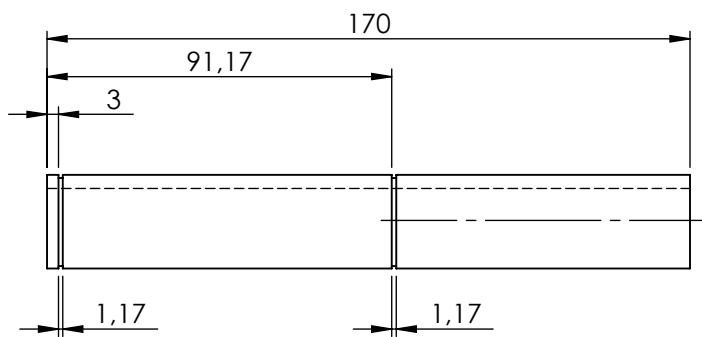
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:10	Prototipo de una Máquina Empacadora de Galletas		Lamina 52 de 57	



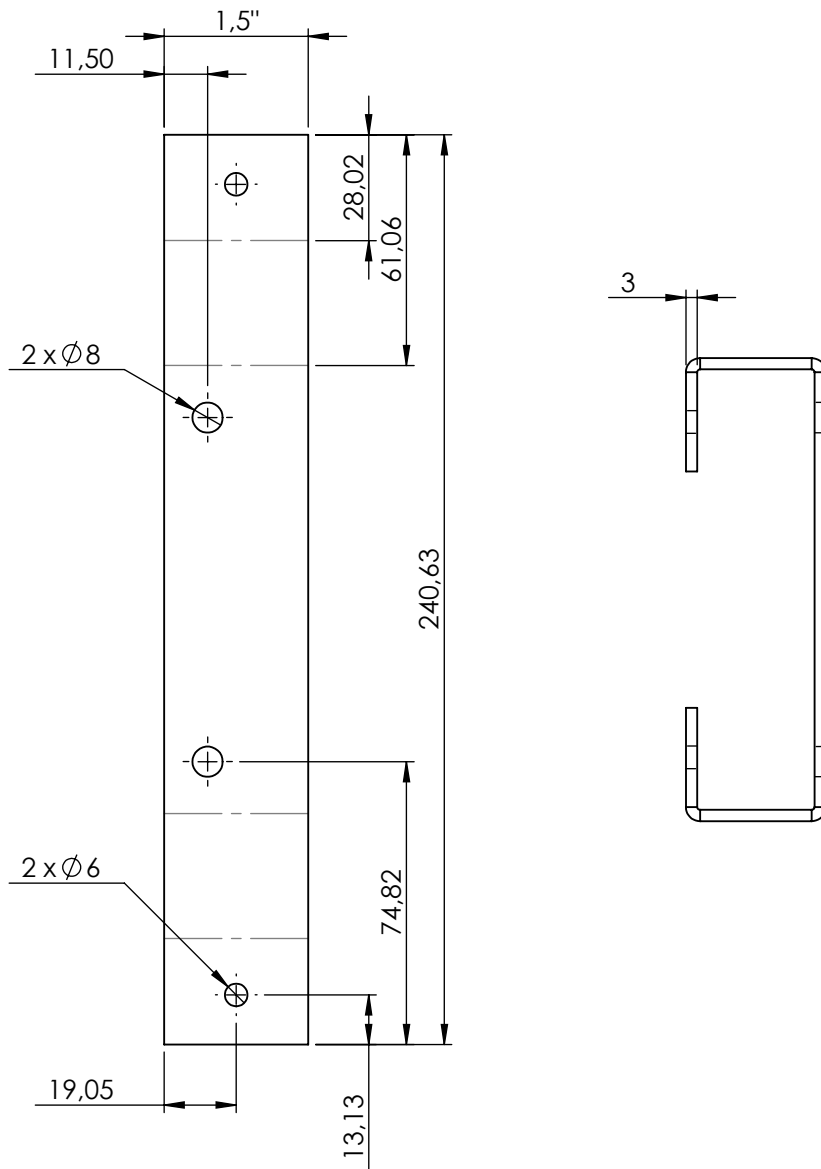
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 53 de 57	



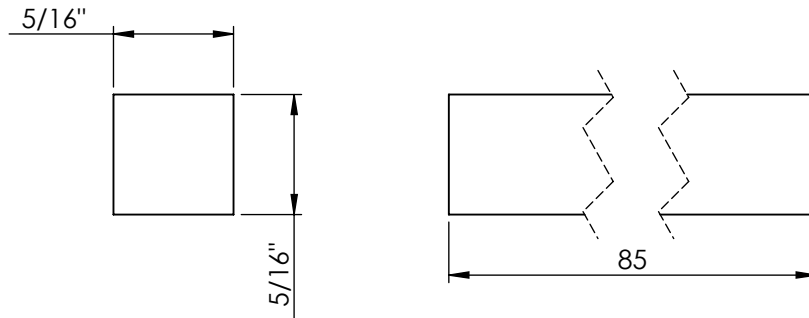
Dibujó	Nombre	Fecha	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías
Fabian Maldonado	5-XII-10			Facultad de Ingeniería Mecánica
Miguel Reyes	5-XII-10			
ISO	5-XII-10			
1:5	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas			Lamina 54 de 57



	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>UPB</b> Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas		Lamina 55 de 57	



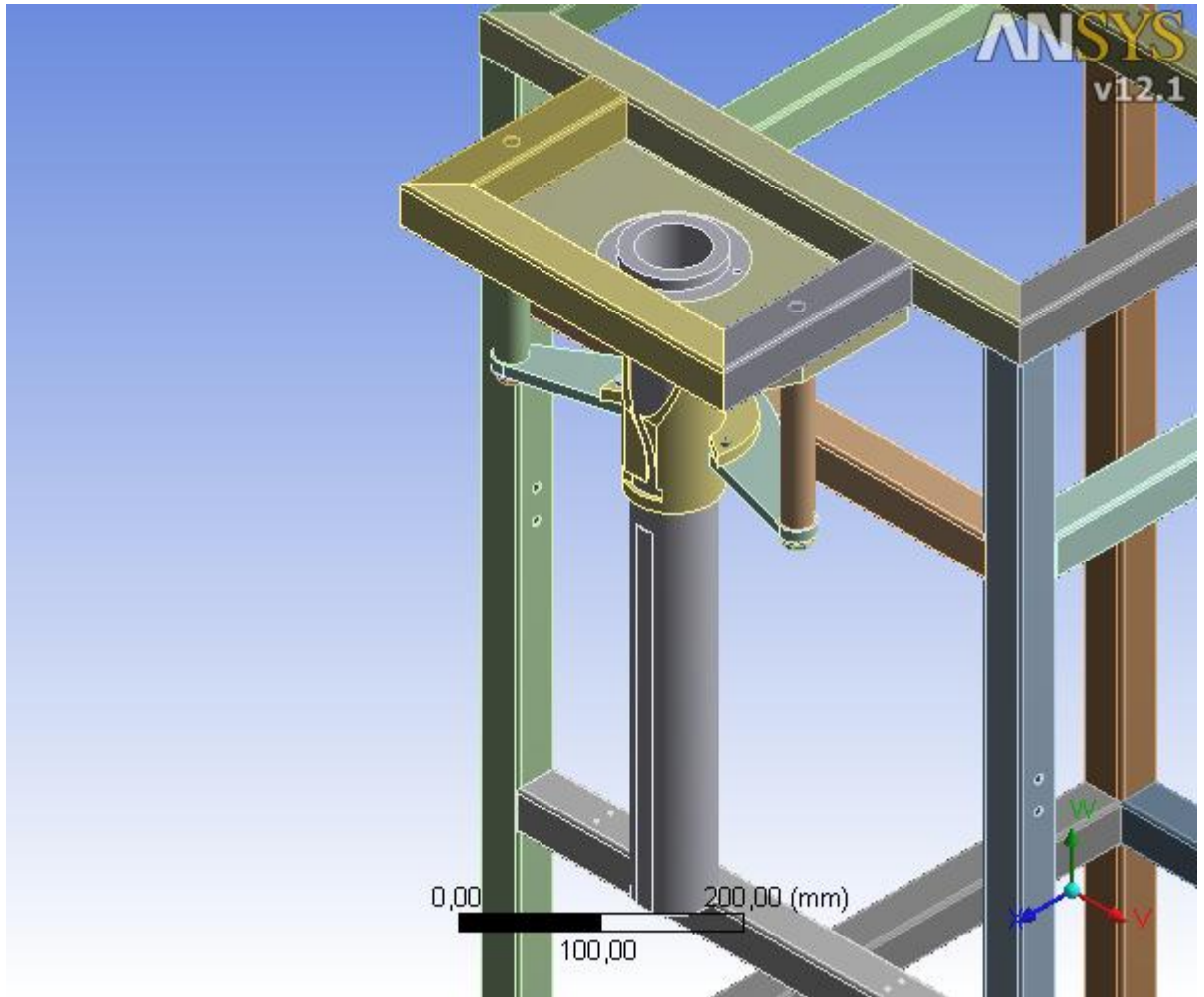
	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
1:2	Prototipo de una Máquina Empacadora de Galletas		Lamina 56 de 57	



	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	 Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Escuela de Ingenierías Facultad de Ingeniería Mecánica
<b>Dibujó</b>	Fabian Maldonado	5-XII-10		
<b>Comprobó</b>	Miguel Reyes	5-XII-10		
<b>Norma</b>	ISO	5-XII-10		
<b>2:1</b>	<b>Prototipo de una Maquina Empacadora de Galletas</b>		<b>Lamina 57 de 57</b>	



# Project



# Contents

- [Units](#)
- [Model \(B4\)](#)
  - [Geometry](#)
    - [Parts](#)
  - [Coordinate Systems](#)
  - [Connections](#)
    - [Contact Regions](#)
  - [Mesh](#)
    - [Mesh Controls](#)
  - [Static Structural \(B5\)](#)
    - [Analysis Settings](#)
    - [Standard Earth Gravity](#)
    - [Loads](#)
    - [Solution \(B6\)](#)
      - [Solution Information](#)
      - [Results](#)
      - [Stress Tool](#)
        - [Safety Factor](#)
- [Material Data](#)
  - [Structural Steel](#)
  - [Stainless Steel](#)

## Units

**TABLE 1**

Unit System	Metric (mm, kg, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

## Model (B4)

### Geometry

**TABLE 2**  
**Model (B4) > Geometry**

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Source	C:\Users\Fabian Maldonado\Documents\Proyecto de grado (Prototipo de una maquina empacadora de galletas)\Simulación\Simulación estática estructural\Geometría para el analisis.x_t
Type	Parasolid



Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Part Color
<b>Bounding Box</b>	
Length X	538,1 mm
Length Y	1322, mm
Length Z	825,1 mm
<b>Properties</b>	
Volume	3,6105e+006 mm <sup>3</sup>
Mass	28,27 kg
Scale Factor Value	1,
<b>Statistics</b>	
Bodies	40
Active Bodies	40
Nodes	121864
Elements	54820
Mesh Metric	None
<b>Preferences</b>	
Import Solid Bodies	Yes
Import Surface Bodies	Yes
Import Line Bodies	No
Parameter Processing	Yes
Personal Parameter Key	DS
CAD Attribute Transfer	No
Named Selection Processing	No
Material Properties Transfer	No
CAD Associativity	Yes
Import Coordinate Systems	No
Reader Save Part File	No
Import Using Instances	Yes
Do Smart Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\Fabian Maldonado\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Enclosure and	Yes

Symmetry  
Processing

**TABLE 3**  
**Model (B4) > Geometry > Parts**

Object Name	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)
State	Meshed				
<b>Graphics Properties</b>					
Visible	Yes				
Transparency	1				
<b>Definition</b>					
Suppressed	No				
Stiffness Behavior	Flexible				
Coordinate System	Default Coordinate System				
Reference Temperature	By Environment				
<b>Material</b>					
Assignment	Structural Steel				
Nonlinear Effects	Yes				
Thermal Strain Effects	Yes				
<b>Bounding Box</b>					
Length X	468, mm	38,1 mm			36,88 mm
Length Y	38,1 mm	1284, mm			3, mm
Length Z	38,1 mm			36,88 mm	
<b>Properties</b>					
Volume	80786 mm <sup>3</sup>	2,2389e+005 mm <sup>3</sup>			3812,9 mm <sup>3</sup>
Mass	0,63417 kg	1,7576 kg			2,9931e-002 kg
Centroid X	-10,994 mm	239, mm	-261, mm		239,01 mm -260,99 mm
Centroid Y	-62,045 mm	-72,514 mm			-714,49 mm
Centroid Z	206,5 mm			-393,5 mm	
Moment of Inertia Ip1	282,32 kg-mm <sup>2</sup>	2,4074e+005 kg-mm <sup>2</sup>			3,5146 kg-mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	11456 kg-mm <sup>2</sup>	782,83 kg-mm <sup>2</sup>			6,9843 kg-mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	11455 kg-mm <sup>2</sup>	2,4073e+005 kg-mm <sup>2</sup>			3,5146 kg-mm <sup>2</sup>
<b>Statistics</b>					
Nodes	6322	8437	7869		411
Elements	2992	4592	4211		48
Mesh Metric	None				

**TABLE 4**  
**Model (B4) > Geometry > Parts**

Object Name	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)
State	Meshed				
<b>Graphics Properties</b>					
Visible	Yes				
Transparency	1				
<b>Definition</b>					
Suppressed	No				
Stiffness Behavior	Flexible				
Coordinate System	Default Coordinate System				
Reference Temperature	By Environment				
<b>Material</b>					
Assignment	Structural Steel				
Nonlinear Effects	Yes				
Thermal Strain Effects	Yes				
<b>Bounding Box</b>					
Length X	36,88 mm		468, mm	38,1 mm 468, mm	
Length Y	3, mm		38,1 mm		468, mm
Length Z	36,88 mm		38,1 mm	568, mm	38,1 mm

Properties					
Volume	3812,9 mm <sup>3</sup>		80786 mm <sup>3</sup>	98524 mm <sup>3</sup>	81031 mm <sup>3</sup>
Mass	2,9931e-002 kg		0,63417 kg	0,77341 kg	0,6361 kg
Centroid X	239,01 mm	-260,99 mm	-10,994 mm	-260,99 mm	-10,994 mm
Centroid Y	-714,49 mm			-372,99 mm	
Centroid Z	206,5 mm			-93,5 mm	-393,5 mm
Moment of Inertia Ip1	3,5146 kg-mm <sup>2</sup>		282,27 kg-mm <sup>2</sup>	20581 kg-mm <sup>2</sup>	283,03 kg-mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	6,9843 kg-mm <sup>2</sup>		11455 kg-mm <sup>2</sup>	20582 kg-mm <sup>2</sup>	11496 kg-mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	3,5146 kg-mm <sup>2</sup>		11454 kg-mm <sup>2</sup>	344,19 kg-mm <sup>2</sup>	11496 kg-mm <sup>2</sup>
Statistics					
Nodes	425	411	6278	4454	3964
Elements	50	48	2958	2212	1967
Mesh Metric	None				

**TABLE 5**  
**Model (B4) > Geometry > Parts**

Object Name	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>
State	Meshed				
Graphics Properties					
Visible	Yes				
Transparency	1				
Definition					
Suppressed	No				
Stiffness Behavior	Flexible				
Coordinate System	Default Coordinate System				
Reference Temperature	By Environment				
Material					
Assignment	Structural Steel				
Nonlinear Effects	Yes				
Thermal Strain Effects	Yes				
Bounding Box					
Length X	38,1 mm				
Length Y	38,1 mm	1084, mm		38,1 mm	
Length Z	568, mm	38,1 mm		190,05 mm	
Properties					
Volume	98524 mm <sup>3</sup>	1,8916e+005 mm <sup>3</sup>		29212 mm <sup>3</sup>	29211 mm <sup>3</sup>
Mass	0,77341 kg	1,4849 kg		0,22932 kg	0,22931 kg
Centroid X	239,01 mm	-260,99 mm	239,01 mm	-154,33 mm	132,34 mm
Centroid Y	-372,99 mm	-172,24 mm	-172,23 mm	587,01 mm	587, mm
Centroid Z	-93,5 mm		-393,5 mm		309,75 mm
Moment of Inertia Ip1	20579 kg-mm <sup>2</sup>	1,4489e+005 kg-mm <sup>2</sup>	1,449e+005 kg-mm <sup>2</sup>	625,41 kg-mm <sup>2</sup>	625,39 kg-mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	20580 kg-mm <sup>2</sup>	661,31 kg-mm <sup>2</sup>	661,34 kg-mm <sup>2</sup>	624,25 kg-mm <sup>2</sup>	624,22 kg-mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	344,12 kg-mm <sup>2</sup>	1,4489e+005 kg-mm <sup>2</sup>	1,449e+005 kg-mm <sup>2</sup>	100,65 kg-mm <sup>2</sup>	100,64 kg-mm <sup>2</sup>
Statistics					
Nodes	4467	6900	6444	3408	3463
Elements	2220	3617	3315	1593	1628
Mesh Metric	None				

**TABLE 6**  
**Model (B4) > Geometry > Parts**

Object Name	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>
State	Meshed				
Graphics Properties					
Visible	Yes				
Transparency	1				
Definition					
Suppressed	No				
Stiffness Behavior	Flexible				
Coordinate	Default Coordinate System				

System					
Reference Temperature	By Environment				
<b>Material</b>					
Assignment	Structural Steel				
Nonlinear Effects	Yes				
Thermal Strain Effects	Yes				
<b>Bounding Box</b>					
Length X	468, mm	38,1 mm			468, mm
Length Y	38,1 mm	168, mm		38,1 mm	
Length Z	38,1 mm		603,05 mm		38,1 mm
<b>Properties</b>					
Volume	81031 mm <sup>3</sup>	28554 mm <sup>3</sup>		1,0171e+005 mm <sup>3</sup>	81013 mm <sup>3</sup>
Mass	0,63609 kg	0,22415 kg		0,79845 kg	0,63595 kg
Centroid X	-10,993 mm	239,01 mm	-260,99 mm	-261,38 mm	-10,994 mm
Centroid Y	587,01 mm	487,01 mm		387, mm	387,01 mm
Centroid Z	-93,5 mm	-293,5 mm	-261,5 mm	-102,89 mm	206,5 mm
Moment of Inertia Ip1	283,03 kg-mm <sup>2</sup>	546,97 kg-mm <sup>2</sup>	547, kg-mm <sup>2</sup>	22739 kg-mm <sup>2</sup>	283,04 kg-mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	11496 kg-mm <sup>2</sup>	99,764 kg-mm <sup>2</sup>	99,783 kg-mm <sup>2</sup>	22739 kg-mm <sup>2</sup>	11496 kg-mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	11496 kg-mm <sup>2</sup>	547,41 kg-mm <sup>2</sup>	547,44 kg-mm <sup>2</sup>	354,95 kg-mm <sup>2</sup>	11496 kg-mm <sup>2</sup>
<b>Statistics</b>					
Nodes	3972	3412	3377	4619	3959
Elements	1975	1631	1612	2310	1964
Mesh Metric	None				

**TABLE 7**  
**Model (B4) > Geometry > Parts**

Object Name	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>
State	Meshed				
<b>Graphics Properties</b>					
Visible	Yes				
Transparency	1				
<b>Definition</b>					
Suppressed	No				
Stiffness Behavior	Flexible				
Coordinate System	Default Coordinate System				
Reference Temperature	By Environment				
<b>Material</b>					
Assignment	Structural Steel				
Nonlinear Effects	Yes				
Thermal Strain Effects	Yes				
<b>Bounding Box</b>					
Length X	38,1 mm	322,1 mm	538,1 mm		38,1 mm
Length Y	38,1 mm				
Length Z	603,05 mm	38,1 mm		638,1 mm	
<b>Properties</b>					
Volume	1,0171e+005 mm <sup>3</sup>	49663 mm <sup>3</sup>	87435 mm <sup>3</sup>		1,0492e+005 mm <sup>3</sup>
Mass	0,79843 kg	0,38986 kg	0,68637 kg		0,82364 kg
Centroid X	239,39 mm	-10,994 mm			239,75 mm
Centroid Y	387,01 mm	587,01 mm	387,01 mm	587,01 mm	
Centroid Z	-102,89 mm	395,07 mm	-394,39 mm	207,39 mm	-93,5 mm
Moment of Inertia Ip1	22739 kg-mm <sup>2</sup>	172,65 kg-mm <sup>2</sup>	305,1 kg-mm <sup>2</sup>		25040 kg-mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	22739 kg-mm <sup>2</sup>	2789,2 kg-mm <sup>2</sup>	14584 kg-mm <sup>2</sup>		25040 kg-mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	354,96 kg-mm <sup>2</sup>	2790,2 kg-mm <sup>2</sup>	14584 kg-mm <sup>2</sup>		366,32 kg-mm <sup>2</sup>
<b>Statistics</b>					
Nodes	4740	1657	1945	1898	2035
Elements	2393	248	275	264	300
Mesh Metric	None				

**TABLE 8**  
**Model (B4) > Geometry > Parts**

Object Name	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Estructura(Predeterminado&lt;Como mecanizada&gt;)</i>	<i>Hex Cap Screw_AM(B18.2.3.1M - Hex cap screw, M12 x 1.75 x 50 --30N)</i>	<i>Hex Cap Screw_AM(B18.2.3.1M - Hex cap screw, M12 x 1.75 x 50 --30N)</i>	<i>Flat Washer Regular_AM(B18.22M - Plain washer, 10 mm, regular)</i>
State	Meshed				
<b>Graphics Properties</b>					
Visible	Yes				
Transparency	1				
<b>Definition</b>					
Suppressed	No				
Stiffness Behavior	Flexible				
Coordinate System	Default Coordinate System				
Reference Temperature	By Environment				
<b>Material</b>					
Assignment	Structural Steel				
Nonlinear Effects	Yes				
Thermal Strain Effects	Yes				
<b>Bounding Box</b>					
Length X	538,1 mm	38,1 mm	20,785 mm	28, mm	
Length Y	38,1 mm		57,76 mm	2,8 mm	
Length Z	38,1 mm	638,1 mm	18, mm	28, mm	
<b>Properties</b>					
Volume	87435 mm <sup>3</sup>	1,0492e+005 mm <sup>3</sup>	7793,7 mm <sup>3</sup>	1452,2 mm <sup>3</sup>	
Mass	0,68637 kg	0,82364 kg	6,118e-002 kg	1,14e-002 kg	
Centroid X	-10,994 mm	-261,74 mm	-152,99 mm	131,01 mm	
Centroid Y	587,01 mm		427,05 mm	411,56 mm	
Centroid Z	-394,39 mm	-93,5 mm	320, mm		
Moment of Inertia Ip1	305,1 kg·mm <sup>2</sup>	25040 kg·mm <sup>2</sup>	1,529 kg·mm <sup>2</sup>	1,2641 kg·mm <sup>2</sup>	
Moment of Inertia Ip2	14584 kg·mm <sup>2</sup>	25040 kg·mm <sup>2</sup>	20,042 kg·mm <sup>2</sup>	0,63942 kg·mm <sup>2</sup>	
Moment of Inertia Ip3	14584 kg·mm <sup>2</sup>	366,32 kg·mm <sup>2</sup>	20,042 kg·mm <sup>2</sup>	0,63942 kg·mm <sup>2</sup>	
<b>Statistics</b>					
Nodes	1898	2010	679	318	
Elements	264	312	307	39	
Mesh Metric	None				

**TABLE 9**  
**Model (B4) > Geometry > Parts**

Object Name	<i>Flat Washer Regular_AM(B18.22M - Plain washer, 10 mm, regular)</i>	<i>Socket Head Cap Screw_AM(B18.3.1M - 5 x 0.8 x 20 Hex SHCS -- 20NHX)</i>	<i>Socket Head Cap Screw_AM(B18.3.1M - 5 x 0.8 x 20 Hex SHCS -- 20NHX)</i>	<i>Socket Head Cap Screw_AM(B18.3.1M - 5 x 0.8 x 20 Hex SHCS -- 20NHX)</i>	<i>Cilindro vertical del cuello doblador</i>
State	Meshed				
<b>Graphics Properties</b>					
Visible	Yes				
Transparency	1				
<b>Definition</b>					
Suppressed	No				
Stiffness Behavior	Flexible				

Coordinate System	Default Coordinate System			
Reference Temperature	By Environment			
<b>Material</b>				
Assignment	Structural Steel			Stainless Steel
Nonlinear Effects	Yes			
Thermal Strain Effects	Yes			
<b>Bounding Box</b>				
Length X	28, mm	8,5 mm		25, mm
Length Y	2,8 mm	25, mm		130, mm
Length Z	28, mm	8,5 mm		25, mm
<b>Properties</b>				
Volume	1452,2 mm <sup>3</sup>	630,63 mm <sup>3</sup>		51459 mm <sup>3</sup>
Mass	1,14e-002 kg	4,9505e-003 kg		0,39881 kg
Centroid X	-152,99 mm	41,006 mm	-10,994 mm	-62,994 mm
Centroid Y	411,56 mm	427,64 mm		487,96 mm
Centroid Z	320, mm	301, mm	249, mm	301, mm
Moment of Inertia Ip1	1,2641 kg·mm <sup>2</sup>	2,7903e-002 kg·mm <sup>2</sup>		573,44 kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	0,63942 kg·mm <sup>2</sup>	0,29086 kg·mm <sup>2</sup>		36,348 kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	0,63942 kg·mm <sup>2</sup>	0,29086 kg·mm <sup>2</sup>		573,44 kg·mm <sup>2</sup>
<b>Statistics</b>				
Nodes	318	1622		1716
Elements	39	921		273
Mesh Metric	None			

**TABLE 10**  
**Model (B4) > Geometry > Parts**

Object Name	<i>Cilindro vertical del cuello doblador</i>	<i>Soporte del cuello doblador</i>	<i>tubo del cuello</i>	<i>tubo</i>	<i>soporte tubo</i>
State	Meshed				
<b>Graphics Properties</b>					
Visible	Yes				
Transparency	1				
<b>Definition</b>					
Suppressed	No				
Stiffness Behavior	Flexible				

Coordinate System	Default Coordinate System				
Reference Temperature	By Environment				
<b>Material</b>					
Assignment	Stainless Steel				Structural Steel
Nonlinear Effects	Yes				
Thermal Strain Effects	Yes				
<b>Bounding Box</b>					
Length X	25, mm	313, mm	120, mm	110, mm	314, mm
Length Y	130, mm	10, mm	170, mm	554, mm	15, mm
Length Z	25, mm	106,5 mm	96,5 mm	110, mm	150, mm
<b>Properties</b>					
Volume	51459 mm <sup>3</sup>	1,3128e+005 mm <sup>3</sup>	1,5016e+005 mm <sup>3</sup>	3,406e+005 mm <sup>3</sup>	5,8132e+005 mm <sup>3</sup>
Mass	0,39881 kg	1,0174 kg	1,1638 kg	2,6397 kg	4,5634 kg
Centroid X	131,01 mm	-10,994 mm	-11,063 mm	-10,994 mm	
Centroid Y	487,96 mm	417,96 mm	442,72 mm	339,16 mm	560,18 mm
Centroid Z	320, mm	285,46 mm	287,63 mm	300,77 mm	298,12 mm
Moment of Inertia Ip1	573,44 kg·mm <sup>2</sup>	708,5 kg·mm <sup>2</sup>	2500,2 kg·mm <sup>2</sup>	87684 kg·mm <sup>2</sup>	9475, kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	36,348 kg·mm <sup>2</sup>	7955,1 kg·mm <sup>2</sup>	1515,1 kg·mm <sup>2</sup>	2735,2 kg·mm <sup>2</sup>	51106 kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	573,44 kg·mm <sup>2</sup>	7263,6 kg·mm <sup>2</sup>	2902,5 kg·mm <sup>2</sup>	87700 kg·mm <sup>2</sup>	41805 kg·mm <sup>2</sup>
<b>Statistics</b>					
Nodes	1716	768	2139	7895	1584
Elements	273	90	980	3966	736
Mesh Metric	None				

## Coordinate Systems

**TABLE 11**  
**Model (B4) > Coordinate Systems > Coordinate System**

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Type	Cartesian
Ansys System Number	0,
<b>Origin</b>	
Origin X	0, mm
Origin Y	0, mm
Origin Z	0, mm
<b>Directional Vectors</b>	

X Axis Data	[ 1, 0, 0, ]
Y Axis Data	[ 0, 1, 0, ]
Z Axis Data	[ 0, 0, 1, ]

## Connections

**TABLE 12**  
**Model (B4) > Connections**

Object Name	Connections
State	Fully Defined
<b>Auto Detection</b>	
Generate Contact On Update	Yes
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0,
Tolerance Value	4,1217 mm
Face/Face	Yes
Face/Edge	No
Edge/Edge	No
Priority	Include All
Group By	Bodies
Search Across	Bodies
Revolute Joints	Yes
Fixed Joints	Yes
<b>Transparency</b>	
Enabled	Yes

**TABLE 13**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	Contact Region	Contact Region 2	Contact Region 3	Contact Region 4	Contact Region 5
State	Fully Defined				
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	12 Faces		1 Face		5 Faces
Target	5 Faces		1 Face		11 Faces
Contact Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
Target Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
<b>Definition</b>					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
<b>Advanced</b>					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				



Update Stiffness	Never
Pinball Region	Program Controlled

**TABLE 14**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	Contact Region 6	Contact Region 7	Contact Region 8	Contact Region 9	Contact Region 10
State	Fully Defined				
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	5 Faces		7 Faces	6 Faces	1 Face
Target	11 Faces		4 Faces		1 Face
Contact Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
Target Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
<b>Definition</b>					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
<b>Advanced</b>					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Pinball Region	Program Controlled				

**TABLE 15**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	Contact Region 11	Contact Region 12	Contact Region 13	Contact Region 14	Contact Region 15
State	Fully Defined				
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact		5 Faces			6 Faces
Target	11 Faces	12 Faces		11 Faces	4 Faces
Contact Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
Target Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
<b>Definition</b>					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
<b>Advanced</b>					
Formulation	Pure Penalty				

Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Never
Pinball Region	Program Controlled

**TABLE 16**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	Contact Region 16	Contact Region 17	Contact Region 18	Contact Region 19	Contact Region 20
State	Fully Defined				
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	7 Faces	1 Face		11 Faces	
Target	4 Faces	1 Face		5 Faces	
Contact Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
Target Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
<b>Definition</b>					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
<b>Advanced</b>					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Pinball Region	Program Controlled				

**TABLE 17**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	Contact Region 21	Contact Region 22	Contact Region 23	Contact Region 24	Contact Region 25
State	Fully Defined				
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	10 Faces	11 Faces	6 Faces	7 Faces	
Target	5 Faces		4 Faces		
Contact Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
Target Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
<b>Definition</b>					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				

<b>Advanced</b>	
Formulation	Pure Penalty
Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Never
Pinball Region	Program Controlled

**TABLE 18**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	Contact Region 26	Contact Region 27	Contact Region 28	Contact Region 29	Contact Region 30
State	Fully Defined				
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	6 Faces	9 Faces	12 Faces	2 Faces	5 Faces
Target	4 Faces	9 Faces	5 Faces	1 Face	5 Faces
Contact Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
Target Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)		soporte tubo		Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)
<b>Definition</b>					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
<b>Advanced</b>					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Pinball Region	Program Controlled				

**TABLE 19**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	Contact Region 31	Contact Region 32	Contact Region 33	Contact Region 34	Contact Region 35
State	Fully Defined				
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	11 Faces		2 Faces	10 Faces	11 Faces
Target	5 Faces		1 Face	5 Faces	

Contact Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)		
Target Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)	soporte tubo	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)
<b>Definition</b>			
Type	Bonded		
Scope Mode	Automatic		
Behavior	Symmetric		
Suppressed	No		
<b>Advanced</b>			
Formulation	Pure Penalty		
Normal Stiffness	Program Controlled		
Update Stiffness	Never		
Pinball Region	Program Controlled		

**TABLE 20**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	<i>Contact Region 36</i>	<i>Contact Region 37</i>	<i>Contact Region 38</i>	<i>Contact Region 39</i>	<i>Contact Region 40</i>
State	Fully Defined				
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	11 Faces	12 Faces		4 Faces	6 Faces
Target	5 Faces			4 Faces	6 Faces
Contact Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
Target Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)				
<b>Definition</b>					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
<b>Advanced</b>					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Pinball Region	Program Controlled				

**TABLE 21**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	<i>Contact Region 41</i>	<i>Contact Region 42</i>	<i>Contact Region 43</i>	<i>Contact Region 44</i>	<i>Contact Region 45</i>
State	Fully Defined				

Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	6 Faces	4 Faces	6 Faces	4 Faces	8 Faces
Target	6 Faces	4 Faces	6 Faces	4 Faces	2 Faces
Contact Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)			Hex Cap Screw_AM(B18.2.3.1M - Hex cap screw, M12 x 1.75 x 50 -- 30N)	
Target Bodies	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)			Flat Washer Regular_AM(B18.22M - Plain washer, 10 mm, regular)	
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
Advanced					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Pinball Region	Program Controlled				

**TABLE 22**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	Contact Region 46	Contact Region 47	Contact Region 48	Contact Region 49	Contact Region 50
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	1 Face		8 Faces	1 Face	8 Faces
Target	1 Face		2 Faces	1 Face	2 Faces
Contact Bodies	Hex Cap Screw_AM(B18.2.3.1M - Hex cap screw, M12 x 1.75 x 50 --30N)				
Target Bodies	Cilindro vertical del cuello doblador	Soporte del cuello doblador	Flat Washer Regular_AM(B18.22M - Plain washer, 10 mm, regular)	Cilindro vertical del cuello doblador	Soporte del cuello doblador
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
Advanced					
Formulation	Pure Penalty				
Normal	Program Controlled				

Stiffness	
Update Stiffness	Never
Pinball Region	Program Controlled

**TABLE 23**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	<i>Contact Region 51</i>	<i>Contact Region 52</i>	<i>Contact Region 53</i>	<i>Contact Region 54</i>	<i>Contact Region 55</i>
State	Fully Defined				
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	1 Face		3 Faces	1 Face	
Target	1 Face		2 Faces	1 Face	
Contact Bodies	Flat Washer Regular_AM(B18.22M - Plain washer, 10 mm, regular)		Socket Head Cap Screw_AM(B18.3.1M - 5 x 0.8 x 20 Hex SHCS -- 20NHX)		
Target Bodies	Soporte del cuello doblador			tubo del cuello	Soporte del cuello doblador
<b>Definition</b>					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
<b>Advanced</b>					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Pinball Region	Program Controlled				

**TABLE 24**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	<i>Contact Region 56</i>	<i>Contact Region 57</i>	<i>Contact Region 58</i>	<i>Contact Region 59</i>	<i>Contact Region 60</i>
State	Fully Defined				
<b>Scope</b>					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	3 Faces	1 Face	3 Faces	1 Face	
Target	2 Faces	1 Face	2 Faces	1 Face	
Contact Bodies	Socket Head Cap Screw_AM(B18.3.1M - 5 x 0.8 x 20 Hex SHCS -- 20NHX)			Cilindro vertical del cuello doblador	
Target Bodies	tubo del cuello	Soporte del cuello doblador	tubo del cuello	Soporte del cuello doblador	soporte tubo

<b>Definition</b>	
Type	Bonded
Scope Mode	Automatic
Behavior	Symmetric
Suppressed	No
<b>Advanced</b>	
Formulation	Pure Penalty
Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Never
Pinball Region	Program Controlled

**TABLE 25**  
**Model (B4) > Connections > Contact Regions**

Object Name	<i>Contact Region 61</i>	<i>Contact Region 62</i>	<i>Contact Region 63</i>	<i>Contact Region 65</i>
State	Fully Defined			
<b>Scope</b>				
Scoping Method	Geometry Selection			
Contact	1 Face			4 Faces
Target	1 Face			3 Faces
Contact Bodies	Cilindro vertical del cuello doblador		Soporte del cuello doblador	tubo
Target Bodies	Soporte del cuello doblador	soporte tubo	tubo del cuello	soporte tubo
<b>Definition</b>				
Type	Bonded			
Scope Mode	Automatic			
Behavior	Symmetric			
Suppressed	No			
<b>Advanced</b>				
Formulation	Pure Penalty			
Normal Stiffness	Program Controlled			
Update Stiffness	Never			
Pinball Region	Program Controlled			

## **Mesh**

**TABLE 26**  
**Model (B4) > Mesh**

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
<b>Defaults</b>	

Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
<b>Sizing</b>	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	0,502510 mm
<b>Inflation</b>	
Use Automatic Tet Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
<b>Advanced</b>	
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
<b>Pinch</b>	
Pinch Tolerance	Please Define
Generate on Refresh	No
<b>Statistics</b>	
Nodes	121864
Elements	54820
Mesh Metric	None

**TABLE 27**  
**Model (B4) > Mesh > Mesh Controls**

Object Name	<i>Automatic Method</i>	<i>Automatic Method 2</i>	<i>Automatic Method 3</i>
State	Fully Defined		
<b>Scope</b>			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	1 Body	3 Bodies	
<b>Definition</b>			
Suppressed	No		
Method	Automatic		
Element Midside Nodes	Use Global Setting		



## Static Structural (B5)

**TABLE 28**  
**Model (B4) > Analysis**

Object Name	Static Structural (B5)
State	Solved
<b>Definition</b>	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	ANSYS Mechanical
<b>Options</b>	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

**TABLE 29**  
**Model (B4) > Static Structural (B5) > Analysis Settings**

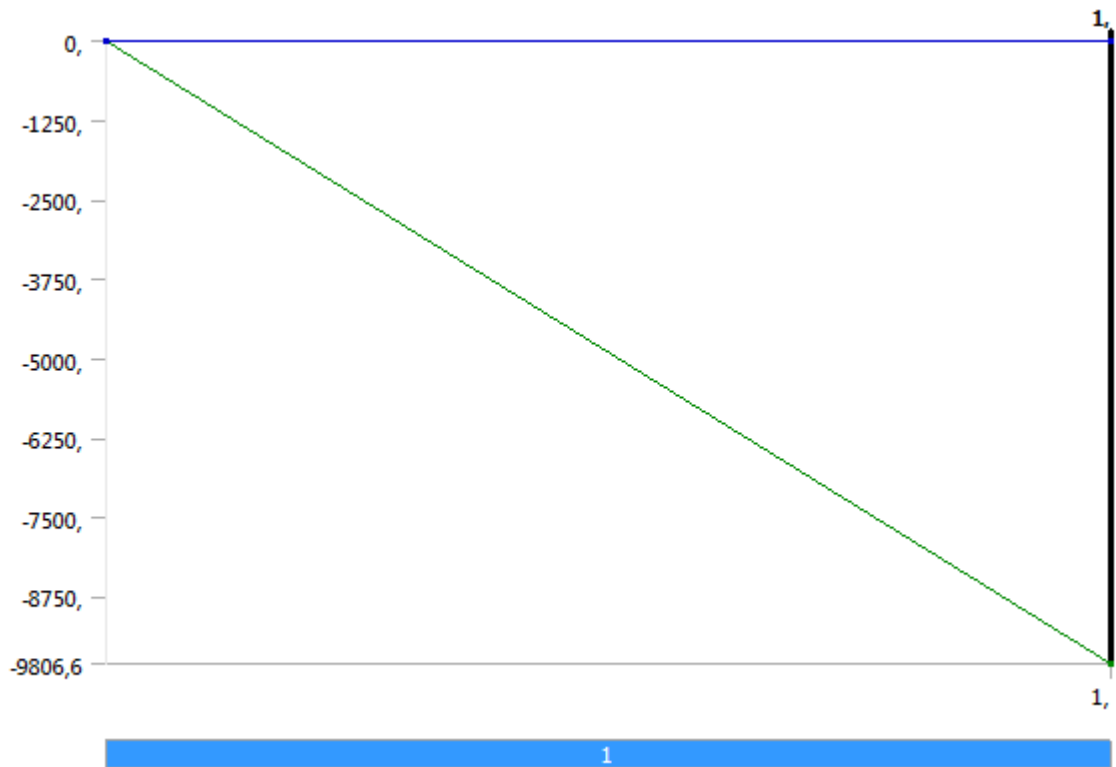
Object Name	Analysis Settings
State	Fully Defined
<b>Step Controls</b>	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
<b>Solver Controls</b>	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
<b>Nonlinear Controls</b>	
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
<b>Output Controls</b>	
Calculate Stress	Yes
Calculate Strain	Yes
Calculate Contact	No
Calculate Results At	All Time Points
<b>Analysis Data Management</b>	

Solver Files Directory	C:\Users\Fabian Maldonado\Documents\Proyecto de grado (Prototipo de una maquina empacadora de galletas)\Simulación\Simulación estática estructural\Simulación estática estructural_files\dp0\SYSMECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save ANSYS db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mmm

**TABLE 30**  
**Model (B4) > Static Structural (B5) > Accelerations**

Object Name	<i>Standard Earth Gravity</i>
State	Fully Defined
<b>Scope</b>	
Geometry	All Bodies
<b>Definition</b>	
Coordinate System	Global Coordinate System
X Component	-0, mm/s <sup>2</sup> (ramped)
Y Component	-9806,6 mm/s <sup>2</sup> (ramped)
Z Component	-0, mm/s <sup>2</sup> (ramped)
Suppressed	No
Direction	-Y Direction

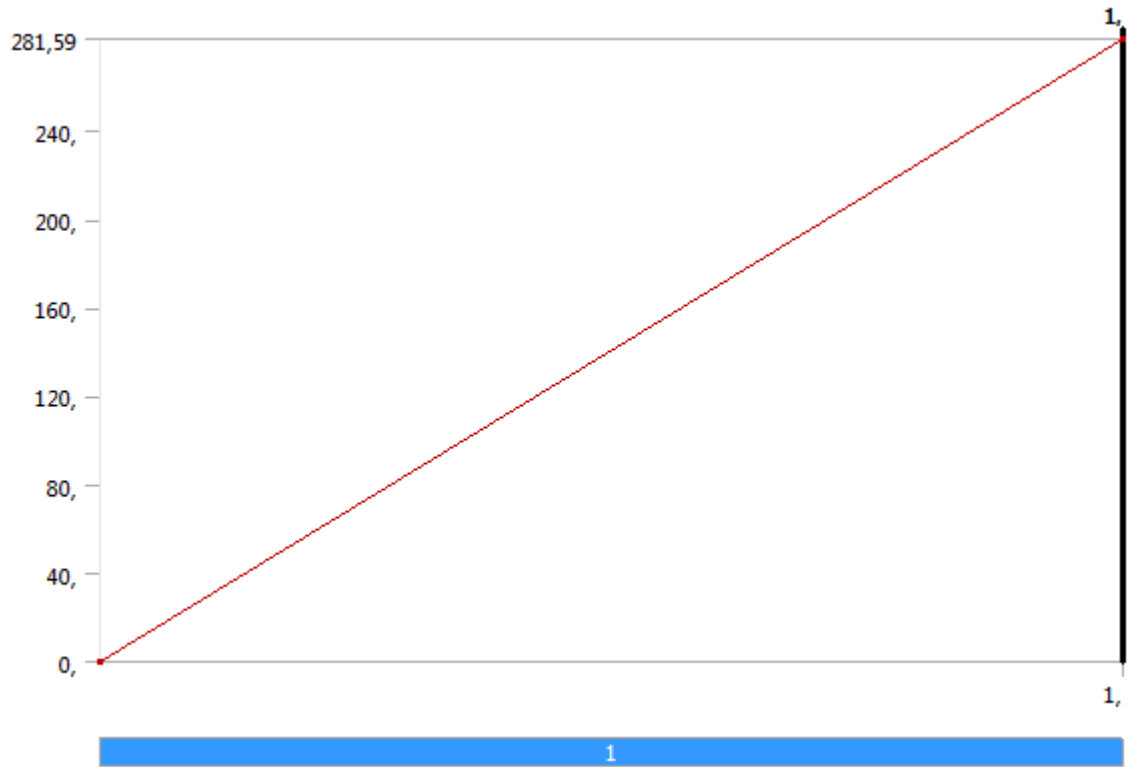
**FIGURE 1**  
**Model (B4) > Static Structural (B5) > Standard Earth Gravity**



**TABLE 31**  
**Model (B4) > Static Structural (B5) > Loads**

Object Name	<i>Force</i>	<i>Fixed Support</i>	<i>Frictionless Support</i>	<i>Fixed Support 2</i>
State	Fully Defined			
<b>Scope</b>				
Scoping Method	Geometry Selection			
Geometry	1 Face	2 Faces		6 Faces
<b>Definition</b>				
Type	Force	Fixed Support	Frictionless Support	Fixed Support
Define By	Vector			
Magnitude	281,59 N (ramped)			
Direction	Defined			
Suppressed	No			

**FIGURE 2**  
**Model (B4) > Static Structural (B5) > Force**



**Solution (B6)**

**TABLE 32**  
**Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution**

Object Name	<i>Solution (B6)</i>
State	Solved
<b>Adaptive Mesh Refinement</b>	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,

**TABLE 33**  
**Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Solution Information**

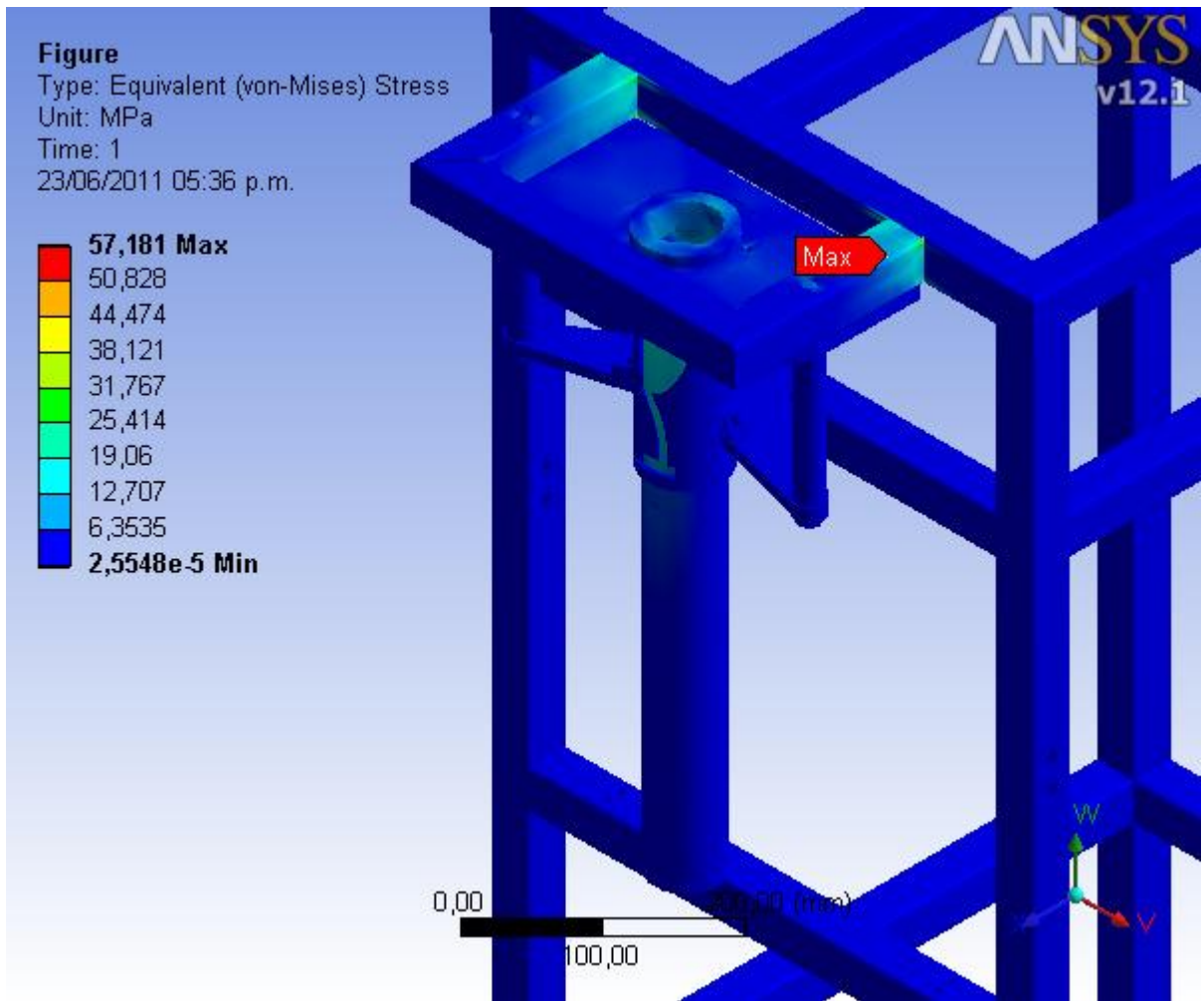
Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
<b>Solution Information</b>	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All

**TABLE 34**  
**Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Results**

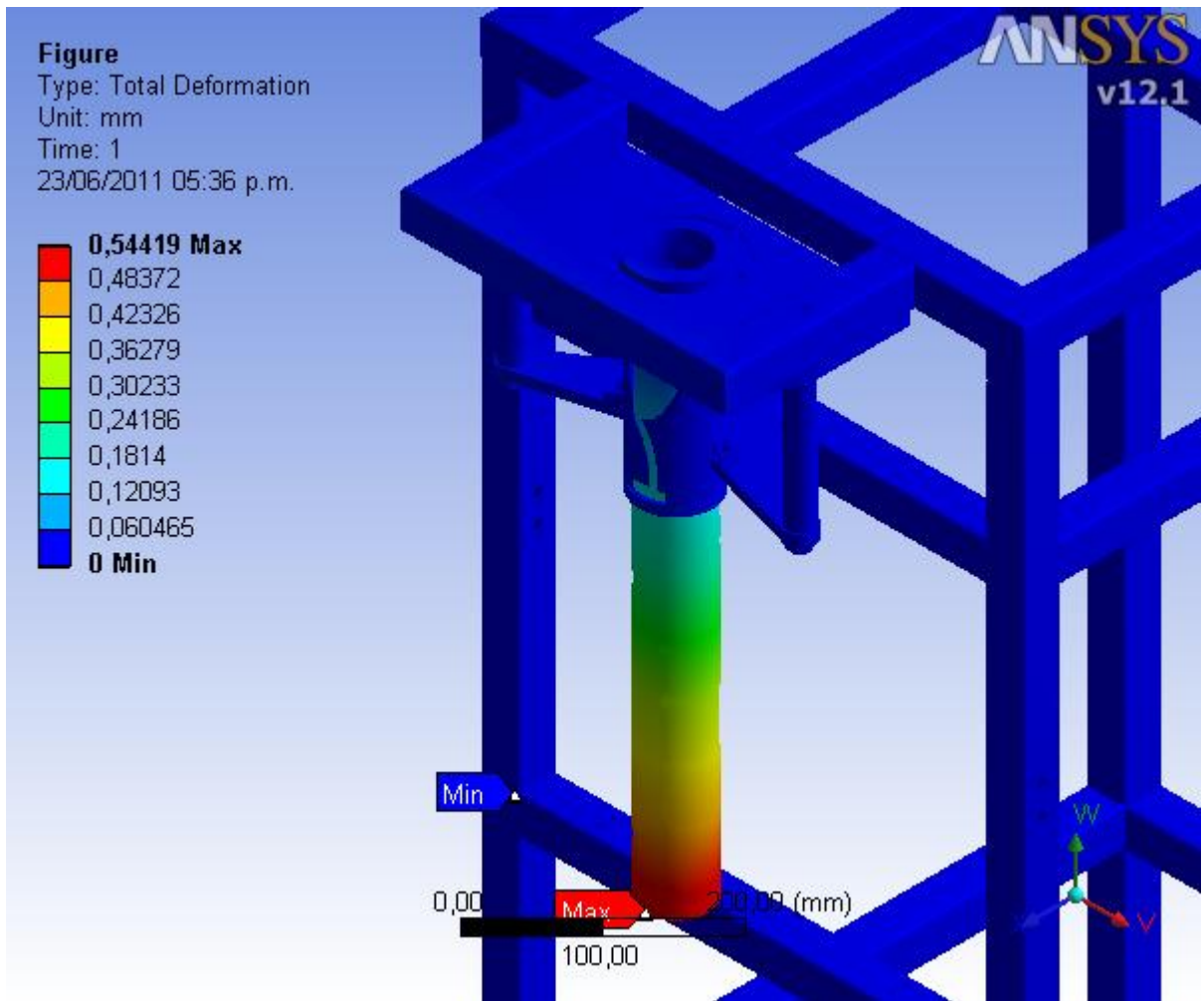
Object	<i>Equivalent Stress</i>	<i>Total</i>	<i>Maximum Shear Stress</i>
--------	--------------------------	--------------	-----------------------------

Name			Deformation
State	Solved		
<b>Scope</b>			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	All Bodies		
<b>Definition</b>			
Type	Equivalent (von-Mises) Stress	Total Deformation	Maximum Shear Stress
By	Time		
Display Time	Last		
Calculate Time History	Yes		
Identifier			
<b>Integration Point Results</b>			
Display Option	Averaged		Averaged
<b>Results</b>			
Minimum	2,5548e-005 MPa	0, mm	1,3991e-005 MPa
Maximum	57,181 MPa	0,54419 mm	32,477 MPa
Minimum Occurs On	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)		
Maximum Occurs On	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)	tubo	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)
<b>Information</b>			
Time	1, s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		

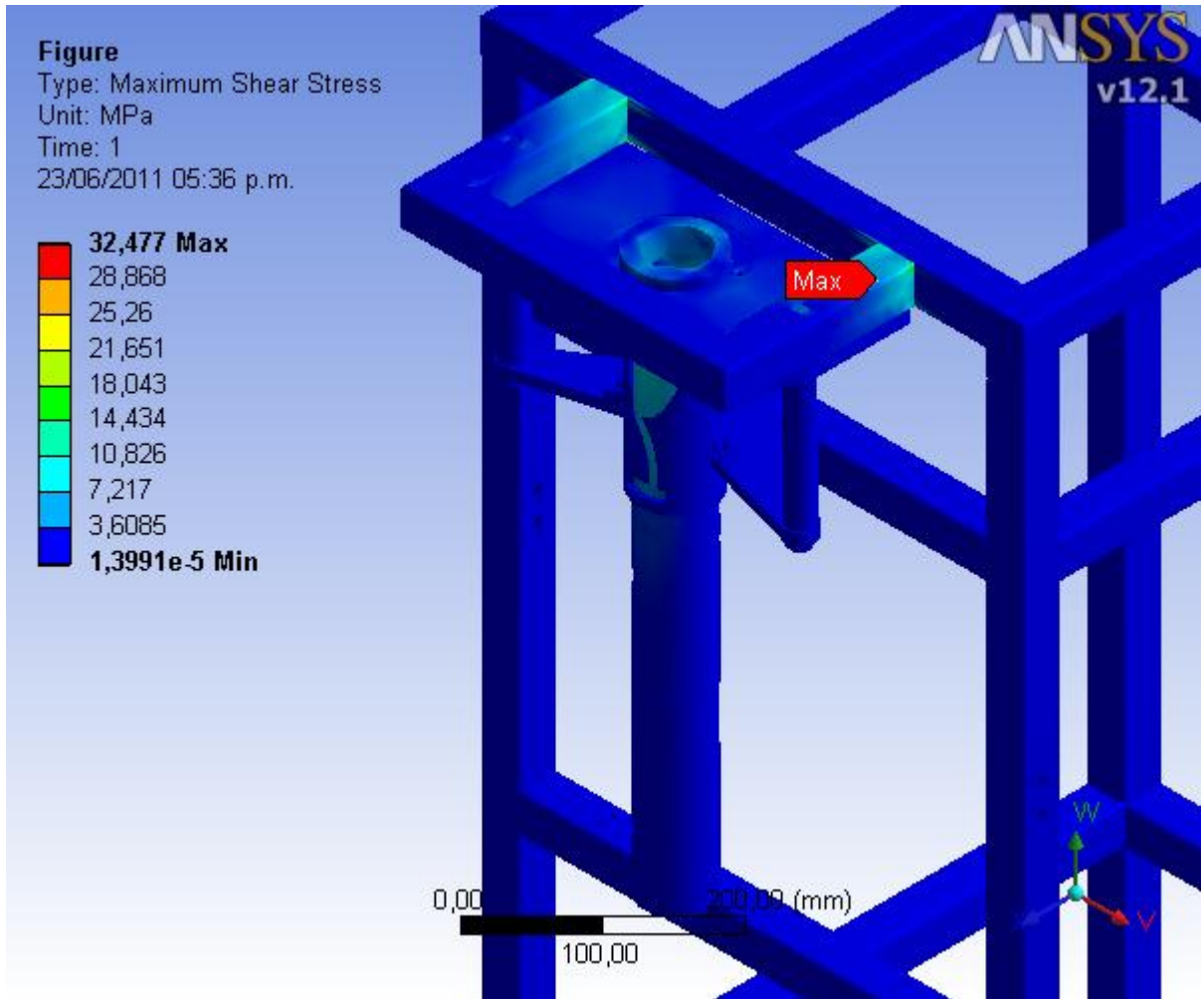
**FIGURE 3**  
**Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Equivalent Stress > Figure**



**FIGURE 4**  
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Total Deformation > Figure



**FIGURE 5**  
Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Maximum Shear Stress > Figure



**TABLE 35**  
**Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Stress Safety Tools**

Object Name	<i>Stress Tool</i>
State	Solved
<b>Definition</b>	
Theory	Max Equivalent Stress
Stress Limit Type	Tensile Yield Per Material

**TABLE 36**  
**Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Stress Tool > Results**

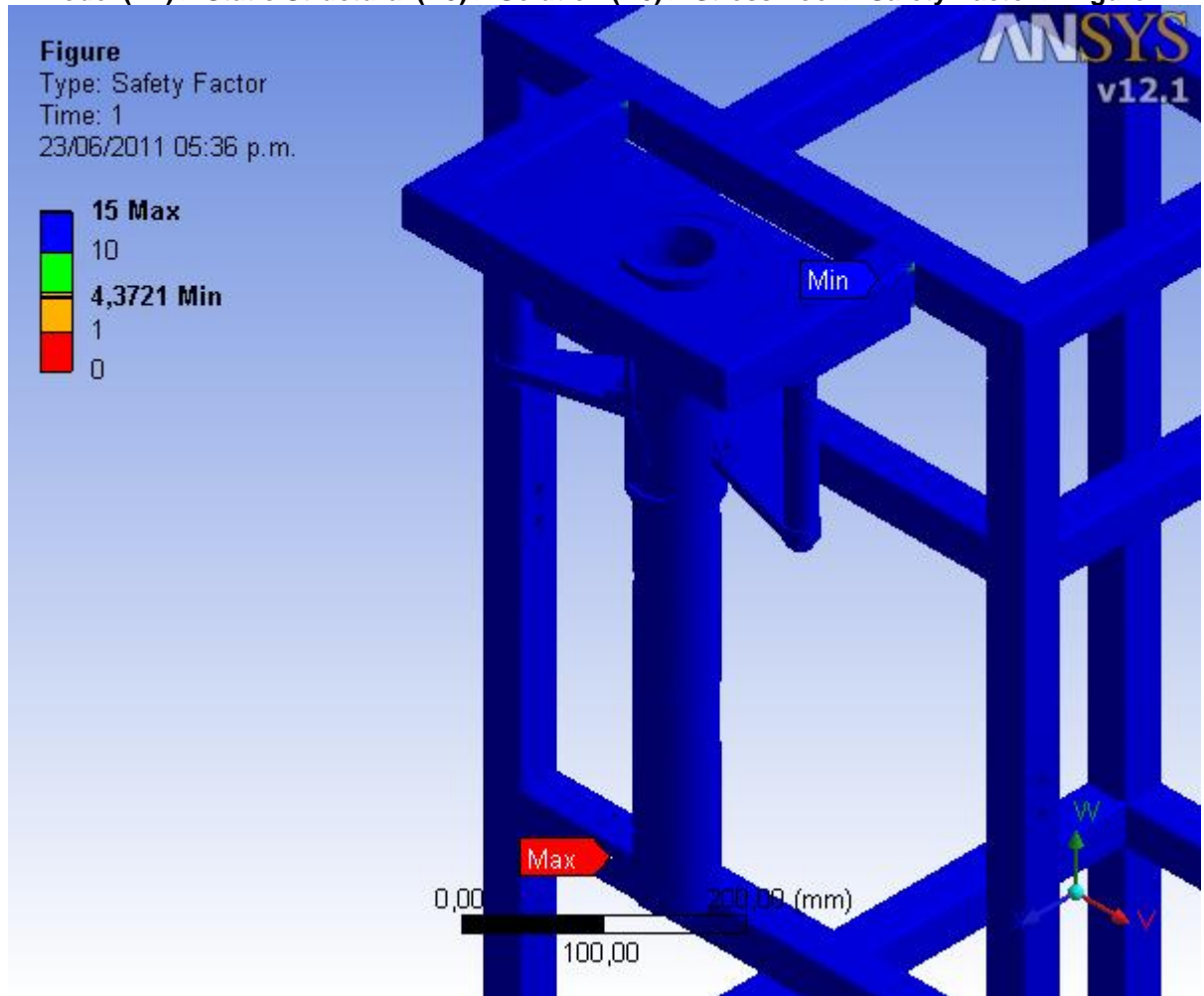
Object Name	<i>Safety Factor</i>
State	Solved
<b>Scope</b>	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
<b>Definition</b>	
Type	Safety Factor



By	Time
Display Time	Last
Calculate Time History	Yes
Identifier	
<b>Integration Point Results</b>	
Display Option	Averaged
<b>Results</b>	
Minimum	4,3721
Minimum Occurs On	Estructura(Predeterminado<Como mecanizada>)
<b>Information</b>	
Time	1, s
Load Step	1
Substep	1
Iteration Number	1

**FIGURE 6**

**Model (B4) > Static Structural (B5) > Solution (B6) > Stress Tool > Safety Factor > Figure**



# Material Data

## Structural Steel

**TABLE 37**  
**Structural Steel > Constants**

Density	7.85e-006 kg mm <sup>-3</sup>
Coefficient of Thermal Expansion	1.2e-005 C <sup>-1</sup>
Specific Heat	4.34e+005 mJ kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Thermal Conductivity	6.05e-002 W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Resistivity	1.7e-004 ohm mm

**TABLE 38**  
**Structural Steel > Compressive Ultimate Strength**

Compressive Ultimate Strength MPa
0

**TABLE 39**  
**Structural Steel > Compressive Yield Strength**

Compressive Yield Strength MPa
250

**TABLE 40**  
**Structural Steel > Tensile Yield Strength**

Tensile Yield Strength MPa
250

**TABLE 41**  
**Structural Steel > Tensile Ultimate Strength**

Tensile Ultimate Strength MPa
460

**TABLE 42**  
**Structural Steel > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion**

Reference Temperature C
22

**TABLE 43**  
**Structural Steel > Alternating Stress Mean Stress**

Alternating Stress MPa	Cycles	Mean Stress MPa
3999	10	0
2827	20	0
1896	50	0
1413	100	0
1069	200	0
441	2000	0
262	10000	0

214	20000	0
138	1.e+005	0
114	2.e+005	0
86.2	1.e+006	0

**TABLE 44**  
**Structural Steel > Strain-Life Parameters**

Strength Coefficient MPa	Strength Exponent	Ductility Coefficient	Ductility Exponent	Cyclic Strength Coefficient MPa	Cyclic Strain Hardening Exponent
920	-0.106	0.213	-0.47	1000	0.2

**TABLE 45**  
**Structural Steel > Isotropic Elasticity**

Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
	2.e+005	0.3	1.6667e+005	76923

**TABLE 46**  
**Structural Steel > Isotropic Relative Permeability**

Relative Permeability
10000

## *Stainless Steel*

**TABLE 47**  
**Stainless Steel > Constants**

Density	7.75e-006 kg mm <sup>-3</sup>
Coefficient of Thermal Expansion	1.7e-005 C <sup>-1</sup>
Specific Heat	4.8e+005 mJ kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Thermal Conductivity	1.51e-002 W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Resistivity	7.7e-004 ohm mm

**TABLE 48**  
**Stainless Steel > Compressive Ultimate Strength**

Compressive Ultimate Strength MPa
0

**TABLE 49**  
**Stainless Steel > Compressive Yield Strength**

Compressive Yield Strength MPa
207

**TABLE 50**  
**Stainless Steel > Tensile Yield Strength**

Tensile Yield Strength MPa
207

**TABLE 51**  
**Stainless Steel > Tensile Ultimate Strength**

Tensile Ultimate Strength MPa
586

**TABLE 52**  
**Stainless Steel > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion**

Reference Temperature C
22

**TABLE 53**  
**Stainless Steel > Isotropic Elasticity**

Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
	1.93e+005	0.31	1.693e+005	73664

**TABLE 54**  
**Stainless Steel > Isotropic Relative Permeability**

Relative Permeability
1

## Anexo D, Instrumentación electrónica

Fuente de alimentación PS307 5A, 6ES7307-1EA00-0AA0

Magnitudes de entrada	
Tensión de entrada	
Valor nominal	120V/230V AC
Frecuencia de red	
Valor nominal	50 Hz o 60 Hz
Rango admisible	de 47 Hz a 63 Hz
Intensidad de entrada nominal	
A 120V	2ª
A 230V	1ª
Magnitudes de salida	
Tensión de salida	
Valor nominal	24 V DC
Rango admisible	24 V $\pm$ 5 %, soporta funcionamiento en vacío
Duración del arranque	Máx. 2,5 s
Intensidad de salida	
Valor nominal	5 A, no conectable en paralelo
Protección contra cortocircuitos	electrónica, no precisa rearme de 1,1 a 1,3 x IN
Rizado residual	Máx. 150 mVpp
Magnitudes características	
Dimensionamiento del aislamiento	
Tensión nominal de aislamiento (24 V resp. L1)	250V AC
Ensayado con	2800V DC
Rendimiento	87%
Potencia absorbida	138w
Potencia disipada	Tip. 18w
Dimensiones y Peso	
Dimensionamiento del aislamiento	
Dimensiones A x A x P (mm)	80 x 125 x 120
Peso	Aprox. 40g

## Pantalla táctil SIMATIC TP 177B PN/DP

<b>Tensión de alimentación</b>	
Tensión de alimentación	24 V DC
Rango permitido	+18 V a +30 V DC
Tipo de corriente	DC
<b>Memoria</b>	
Tipo	Flash/RAM
Memoria de usuario	2048 kbytes de memoria de usuario
Configuración	
Herramienta de configuración	WinCC flexible Compact a partir de versión 2005
<b>Display</b>	
Tipo de display	STN, 256 Farben
Tipo de display	STN
Tamaño	5,7 pulgadas (120 mm x 90 mm)
Diagonal de pantalla	5,7 in
Resolución (An x Al en píxeles)	320 x 240
Resolución de imagen horizontal	320
Resolución de imagen vertical	240
Tipo de color	Colores
<b>Modo de operación</b>	
Elementos de mando	Pantalla táctil
<b>Interfaz</b>	
Interfaz	RS232 opcional, 1 x RS422, 1 x RS485, 1 x Ethernet (RJ45) (máx. 12 Mbits/s)
Nº de interfaz/según RS 485	1
Slot para tarjeta CF	No
Slot para tarjeta Multi Media	1 x Slot para tarjeta Multi Media
Interfaz USB	1 x USB
Interfaz Ethernet industrial	1 x Ethernet (RJ45)
LED de estado Industrial Ethernet	1
Interfaz especiales	No
<b>Sistemas operativos</b>	
Sistema operativo	Windows CE
<b>Procesador</b>	
Procesador	RISC 32 bits, 200 MHz
Tipo de procesador	RISC 32 bits
<b>Elementos mecánicos</b>	
Tipo de caja (frente)	Plástico
Sistema de sujeción	Mordazas de fijación
<b>Dimensiones</b>	
Frente de la caja (An x Al)	212 mm x 156 mm
Hueco de montaje/profundidad del equipo (An x Al/P)	198 mm x 142 mm/46 mm de profundidad del equipo

## Switch SCALANCE X208 6GK5208-0BA10-2AA3

Tasa de transmisión	
Tasa 1	10Mbits/s
Tasa 2	100Mbits/s
Tensión de alimentación	
Tipo	DC
Valor	24V
Rango admisible, valor inferior	18V
Rango admisible, valor superior	32V
Consumo	
Corriente	0,185 <sup>a</sup>
Pérdidas	
Potencia activa disipada típ.	3,84w
Dimensiones y peso	
Ancho	60mm
Alto	125mm
Profundidad	124mm
Peso neto	0,78kg

## PLC Simatic S7-200, CPU 226 AC/DC/RELE

Función	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP, CPU 224XPsi	CPU 226
Dimensiones físicas (mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120,5 x 80 x 62	140 x 80 x 62	190 x 80 x 62
Memoria del programa: con edición en runtime sin edición en runtime	4096 bytes 4096 bytes	4096 bytes 4096 bytes	8192 bytes 12288 bytes	12288 bytes 16384 bytes	16384 bytes 24576 bytes
Memoria de datos	2048 bytes	2048 bytes	8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Memoria de backup	50 horas (típ.)	50 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)
E/S integradas Digitales Analógicas	6 E/4 S	8 E/6 S	14 E/10 S	14 E/10 S 2 E/1 S	24 E/16 S
Módulos de ampliación	0 módulos	2 módulos <sup>1</sup>	7 módulos <sup>1</sup>	7 módulos <sup>1</sup>	7 módulos <sup>1</sup>
Contadores rápidos Fase simple  Dos fases	4 a 30 kHz  2 a 20 kHz	4 a 30 kHz  2 a 20 kHz	6 a 30 kHz  4 a 20 kHz	4 a 30 kHz 2 a 200 kHz 3 a 20 kHz 1 a 100 kHz	6 a 30 kHz  4 a 20 kHz
Salidas de impulsos (DC)	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 100 kHz	2 a 20 kHz
Potenciómetros analógicos	1	1	2	2	2
Reloj de tiempo real	Cartucho	Cartucho	Incorporado	Incorporado	Incorporado
Puertos de comunicación	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
Aritmética en coma flotante	Sí				
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E / 128 S)				
Velocidad de ejecución booleana	0.22 microsegundos/operación				

<sup>1</sup> Es preciso calcular la corriente necesaria para determinar cuánta energía puede suministrar la CPU S7-200 a la configuración deseada. Si se excede la corriente necesaria para la CPU, es posible que no se pueda conectar el número máximo de módulos. Consulte el anexo A para más información acerca de los requisitos de alimentación de la CPU y de los módulos de ampliación, así como el anexo B para calcular la corriente necesaria.

## Sensores Magnéticos

Tipo Red Switch con LED



Descripción	Código : ACS1G		
	Ref. : CS1-G		
Contacto	Normalmente abierto	Rango de voltaje	5 ~ 240V AC / DC
Indicador	con Led superior	Rango de corriente	AC 5 ~ 40 mA
Temperatura	0 a 60 °C ~ 32 a 140 °F		DC 5 ~ 50 mA
Protección	IP 67	Tiempo de respuesta	0,3 ms

## Sensores Magnéticos

Tipo Red Switch con LED



Descripción	Código : ACS1U
	Ref. : CS1-U
Contacto	Normalmente abierto
Indicador	con Led superior
Temperatura	0 a 60 °C ~ 32 a 140 °F
Protección	IP 67
Rango de voltaje	5 ~ 380V AC, 5 ~ 240V DC
Rango de corriente	AC 5 ~ 50 mA, DC 5 ~ 60 mA
Resistencia a la vibración	10 ~ 50 Hz
Tiempo de respuesta	1 ms
Longitud de Cable	2 Mts.