

**DISEÑO, SELECCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE UNA  
PREFORMADORA PARA CALZADO TUBULAR PARA LA EMPRESA SUELAS  
& TACONES RALLY**

**DINA MARCELA PINZÓN ARIZA  
CARLOS EDUARDO AYALA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

**DISEÑO, SELECCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE UNA  
PREFORMADORA PARA CALZADO TUBULAR PARA LA EMPRESA SUELAS  
& TACONES RALLY**

**DINA MARCELA PINZÓN ARIZA  
CARLOS EDUARDO AYALA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**DIRECTOR  
CARLOS BORRÁS PINILLA  
INGENIERO MECÁNICO**

**CODIRECTOR  
OMAR GÉLVEZ  
INGENIERO MECÁNICO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

## **DEDICATORIA**

Es esta dedicatoria se la doy a Dios, Virgen María y Espíritu Santo por darme salud, fortaleza y sabiduría para poder así termina mis estudios universitario

A mi mama Josefina Ayala por su colaboración incondicional como lo fue Flor Alba Castro por sus oraciones

A mi hermana y su familia brinda su apoyo

También a todas la familias que estuvieron aconsejándome y ayuda.

A empresa suela y tacones & rally por la ayuda que nos brindó para el proyecto

**CARLOS EDUARDO AYALA**

## **AGRADECIMIENTOS**

En especial mente este agradecimiento a DIOS y la santísima VIRGE MARIA por regálame una mamá tan buena como es Josefina Ayala, en su medio de humildad y esfuerzo me regalo educación; y Flor Alba “como le decimo nani ” que fue como una segunda madre para mí,

También agradezco con todas las personas que me acompañaron en esta etapa de proyecto de grado como son los Ingenieros Carlos Borrás, Omar Gelvez, Ricardo Jaimés y Henry Suárez por bríndanos su ayuda y asesoramiento, además el Señor Fredy Vargas por la colaboración del proyecto

También muy agradecido con Lina María, benjamín y Fernando por su colaboración y consejo, y a mi hermana carolina por su apoyo.

Un agradecimiento a todos los amigos que estuvieron ayudándome y aconsejado para poder así salir adelante esta carrera. Como también lo fueron doña Yolanda y don Fabio.

También brinda un gran agradecimiento a la empresa suela y tacones & rally en abirnos la puerta para poder así hacer el proyecto como lo fueron Don Gonzalo Angarita,

Una especial gratitud a Don Fabio e hijo, Arnulfo y Roberto que nos estuvieron ayudando, acompañando y aconsejándonos en la construcción de la máquina.

Quiero agradecer a mi compañera de proyecto Dina Pinzón por su apoyo durante el proceso del proyecto de grado

**CARLOS EDUARDO AYALA**

## DEDICATORIA

*A mi hijo Jorge Camilo y mi esposo Jorge por su compañía, su amor, su apoyo constante, su paciencia durante todo este proceso y por ser el pilar de esta gran logro.*

*A mis padres por brindarme apoyo, amor y acompañamiento, a mis hermanos y mi familia por ayudarme a lograr mis metas.*

*A todas las personas que de una manera u otra estuvieron presentes durante todo este proceso.*

*A la empresa Suelas y Tacones Rally por permitirme llevar a cabo este proyecto.*

*Dina Marcela Pinzón Ariza*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia, a mis padres Luz Amparo y Alberto por brindarme la posibilidad de formarme profesionalmente.

Agradezco a mi hijo y esposo por apoyarme durante el recorrido de este proceso.

Agradezco a los ingenieros Carlos Borrás y Omar Gelvez por su apoyo en el desarrollo de este proyecto, a todos los maestros que hicieron parte de mi paso por la universidad que de una manera u otra hicieron posible la culminación de esta etapa.

Agradezco al señor Gonzalo Angarita por permitirme la posibilidad de llevar a cabo este proyecto, y a los señores Fabio, Roberto, Arnulfo y demás compañeros que nos guiaron y apoyaron en este proyecto.

Agradezco a mi compañero de proyecto Carlos Ayala, y demás compañeros y amigos que pusieron interés y acompañamiento en este proceso.

*Dina Marcela Pinzón Ariza*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	22
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	24
1.2. JUSTIFICACIÓN PARA LA SOLUCIÓN .....	24
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.....	26
2.1. Objetivo General.....	26
2.2. Objetivos Específicos .....	26
3. GENERALIDADES .....	28
3.1. CALZADO .....	28
3.2. Preformadora de calzado.....	29
3.2.1. Alternativas para realizar una preformadora de calzado tubular.....	29
3.2.2. Descripción de la alternativa seleccionada .....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.3. Aspectos generales de una preformadora de calzado tubular.....	34
3.2.4. Sistemas que componen una preformadora de calzado tubular .....	35
3.3. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LAS CALDERAS .....	36
3.3.1. Clasificación de Calderas .....	37
3.3.2. Calderas de miniatura.....	37
3.3.3. Caldera Piro tubular .....	38
3.3.3.1. Componentes de una caldera piro tubular.....	39
3.4. PRINCIPIOS BÁSICOS DE REFRIGERACIÓN.....	40
3.4.1. Que es un refrigerador.....	40
3.4.2. Partes de un refrigerador:.....	42
3.5. GENERACIÓN DE CALOR POR ELECTRICIDAD .....	46
3.5.1. Resistencia Eléctrica: .....	47
3.5.2. Efecto calorífico por resistencias eléctricas .....	47
3.6. Mecanismos Neumáticos.....	47
3.6.1. Cilindros de simple efecto:.....	48

3.6.2. Cilindros de doble efecto:.....	48
<b>4. PROCESO DE DISEÑO DEL PROTOTIPO DE LA PREFORMADORA .....</b>	<b>50</b>
4.1. Diseño de la Estructura.....	51
4.2. Diseño de la Mini-Caldera .....	60
4.2.1. Diseño Térmico.....	60
4.2.1.1. Datos de entrada para el diseño térmico.....	61
4.2.1.2. Calor total requerido en la mini-caldera.....	62
4.2.1.3. Estequiometria de la combustión.....	64
4.2.1.4. Temperatura de llama adiabática.....	65
4.2.1.5. Calculo del área de transferencia de calor.....	66
4.2.2. Diseño Mecánico.....	72
4.2.2.1. Calculo del espesor del cuerpo de la caldera .....	73
4.2.2.2. Calculo de la presión del cuerpo de la caldera....¡Error! Marcador no definido.	
4.2.2.3. Calculo del espesor de los tubos de la caldera .....	74
4.2.2.4. Placa porta tubos .....	74
4.2.2.5. Calculo de la Brida.....¡Error! Marcador no definido.	
4.2.2.6. Simulación del cuerpo de la caldera.....	76
4.3. Diseño del Sistema de Refrigeración .....	80
4.4. Diseño del Sistema de Calentamiento.....	81
4.4.1. Calculo de las resistencias.....	81
4.4.2. Calculo de la fuerza del cilindro neumático.....	82
4.4.3. Diseño de Resortes de compresión.....	84
4.4.4. Diseño de las placas de aluminio .....	87
<b>5. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PREFORMADORA.....</b>	<b>89</b>
5.1. Construcción de la estructura metálica.....	89
5.1.1. Selección del tipo de material por resistencia al peso .....	90
5.1.2. Tipo de unión .....	90
5.2. Construcción de la Mini-Caldera.....	91
5.2.1. Selección de materiales .....	92
5.2.2. Proceso de Construcción .....	93

5.2.3. Recubrimiento de la caldera: .....	98
5.2.4. Sistema de control de vapor de la caldera:.....	100
5.3. Construcción del cuarto frio .....	101
5.4. Construcción del sistema de calentamiento .....	104
5.5. Caja de control de la Preformadora .....	111
6. CONDICIONES DE OPERACIÓN .....	113
7. PRUEBAS DE CAMPO .....	120
7.1. Prueba hidrostática en la caldera .....	120
7.2. Prueba de vapor .....	122
7.3. Prueba de las resistencias .....	123
7.4. Prueba del sistema neumático .....	124
8. CONCLUSIONES .....	126
9. RECOMENDACIONES .....	129
BIBLIOGRAFIA.....	130
ANEXOS.....	132

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Calzado Tubular .....	22
Figura 2. Proceso de producción de Calzado .....	28
Figura 3. Alternativa 1. Flujo de aire caliente .....	30
Figura 4. Alternativa 2. Flujo de vapor .....	31
Figura 5. Alternativa 3. Horno .....	32
Figura 6. Alternativa 4. Aspersores de agua .....	33
Figura 7. Mini-Caldera .....	35
Figura 8. Cuarto frio .....	36
Figura 9. Sistema de hormas .....	36
Figura 10. Caldera de miniatura.....	37
Figura 11. Caldera pirotubular .....	38
Figura 12. Casco de caldera.....	40
Figura 13. Refrigeradores .....	41
Figura 14. Funcionamiento de un refrigerador .....	41
Figura 15. Compresor .....	43
Figura 16. Condensador .....	44
Figura 17. Evaporador .....	44
Figura 18. Tubo de retorno .....	45
Figura 19. Tubería capilar.....	46
Figura 20. Filtro deshidratador .....	46
Figura 21. Cilindros de simple efecto.....	48
Figura 22. Cilindros de doble efecto .....	49
Figura 23. Preformadora de calzado tubular por selección de caldera .....	50
Figura 24. Diagrama de Corte, Vector y Momento de la estructura .....	51
Figura 25. Carga estática en Solidworks .....	52
Figura 26. Propiedades del material .....	52

Figura 27. Análisis de tensión de Von Mises .....	53
Figura 28. Análisis de desplazamientos.....	54
Figura 29. Análisis del factor de seguridad .....	55
Figura 30. Carga estática en Solidworks .....	56
Figura 31. Propiedades del material .....	56
Figura 32. Análisis de tensión de Von Mises .....	57
Figura 33. Análisis de desplazamientos.....	58
Figura 34. Análisis del factor de seguridad .....	59
Figura 35. Diseño Térmico de calderas .....	60
Figura 36. Datos de diseño de la caldera .....	61
Figura 37. Balance de energía en los tubos .....	67
Figura 38. Emisividad de los gases H <sub>2</sub> O y CO <sub>2</sub> a 1atm .....	68
Figura 39. Variación del Número local de Nusselt a lo largo de un tubo en flujo turbulento.....	69
Figura 40. Espesor del cuerpo de la caldera .....	73
Figura 41. Sección transversal de la tubería seleccionada.....	75
Figura 42. Carga estática en Solidworks .....	76
Figura 43. Análisis de Tensión de Von Mises .....	77
Figura 44. Análisis de Desplazamientos .....	78
Figura 45. Análisis del factor de seguridad .....	79
Figura 46. Esquema de eléctrico del sistema de resistencias .....	82
Figura 47. Fuerzas en cilindros neumáticos .....	83
Figura 48. Tipos de extremos de resortes de compresión .....	85
Figura 49. Placa soporte de cilindros y hormas .....	87
Figura 50. Placa de ajuste de hormas .....	87
Figura 51. Etapas del proceso de construcción .....	89
Figura 52. Estructura metálica .....	90
Figura 53. Construcción de la caldera .....	91
Figura 54. Proceso de mecanizado .....	94
Figura 55. Proceso de taladrado.....	94

Figura 56. Bridas taladradas .....	95
Figura 57. Casco doblado y soldado.....	95
Figura 58. Tubos de combustión.....	96
Figura 59. Casco y bridas .....	97
Figura 60. Ensamble de caldera .....	97
Figura 61. Caldera con tubería de control.....	98
Figura 62. Caldera recubierta con lana mineral .....	99
Figura 63. Caldera cubierta con lámina de acero .....	99
Figura 64. Sistema de control .....	100
Figura 65. Tubería de dispersión .....	101
Figura 66. Instalación de la lámina .....	102
Figura 67. Inyección de poliuretano .....	103
Figura 68. Bandejas del cuarto .....	103
Figura 69. Unidad de refrigeración.....	104
Figura 70. Hormas parte lateral .....	105
Figura 71. Hormas parte superior .....	105
Figura 72. Resistencias instaladas .....	106
Figura 73. Canal con sistema eléctrico .....	106
Figura 74. Placa soporte del cilindro.....	107
Figura 75. Resorte de compresión.....	107
Figura 76. Cuñas .....	108
Figura 77. Cuña ensamblada.....	108
Figura 78. Placa soporte y cuñas.....	108
Figura 79. Placa ajuste de talón.....	109
Figura 80. Instalación de placa, horma y cilindro .....	109
Figura 81. Sistema de hormas para talla 36 .....	110
Figura 82. Sistema montado .....	110
Figura 83. Sistema eléctrico completo .....	111
Figura 84. Caja de control.....	112
Figura 85. Preformadora de calzado tubular.....	114

Figura 86. Prueba hidrostática a 120 psi .....	121
Figura 87. Generación de vapor de la caldera .....	122
Figura 88. Caja de control.....	123
Figura 89. Prueba de fosforo .....	123
Figura 90. Prueba de resistencias eléctricas .....	124
Figura 91. Horma en estado inicial .....	125
Figura 92. Horma en estado final.....	125

## LISTAS DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación de Alternativas.....	34
Tabla 2. Propiedades del agua a Temperatura de saturación de 400K .....	70
Tabla 3. Longitud de los tubos .....	71
Tabla 4. Resistividad térmica de algunos materiales .....	81
Tabla 5. Fórmulas para calcular las dimensiones de resortes de compresión.....	85
Tabla 6. Especificaciones de partes y materiales de la caldera.....	92

## LISTAS DE ANEXOS

<b>ANEXO A.</b> Especificación de acero de construcción de la caldera.....	133
<b>ANEXO B.</b> Esfuerzos de tensión en bridas y casco.....	134
<b>ANEXO C.</b> Tabla de Datos del Cilindro neumático.....	138
<b>ANEXO D.</b> Tabla de Datos de la Válvula de seguridad.....	139
<b>ANEXO E.</b> Tabla de Datos del Termostato.....	141
<b>ANEXO F.</b> Tabla de Datos del Nivel.....	142
<b>ANEXO G.</b> Tabla de Datos del Termostato.....	142
<b>ANEXO H.</b> Tabla de Datos de Racores macho del sistema neumático.....	143
<b>ANEXO I.</b> Tabla de Datos de Conexiones en T del sistema neumático.....	143
<b>ANEXO J.</b> Tabla de Datos del Acople Tipo Y para el sistema neumático.....	143
<b>ANEXO K.</b> Tabla de Datos de la manguera.....	144
<b>ANEXO L.</b> Simbología eléctrica.....	145
<b>ANEXO M.</b> Soldadura para la construcción de la caldera.....	147
<b>ANEXO N.</b> Planos Norma ASME prueba hidrostática.....	148
<b>ANEXO O.</b> Resultados de pruebas de campo.....	150
<b>ANEXO P.</b> Planos constructivos de la Preformadora.....	151

## RESUMEN

**TITULO:**

DISEÑO, SELECCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE UNA PREFORMADORA PARA CALZADO TUBULAR PARA LA EMPRESA SUELAS & TACONES RALLY<sup>1</sup>

**AUTORES:**

DINA MARCELA PINZÓN ARIZA; CARLOS EDUARDO AYALA<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:**

Caldera pirotubular, generador de vapor, diseño y construcción, sistema de refrigeración, sistemas de calentamiento por resistencias eléctricas, calzado tubular.

**DESCRIPCIÓN:**

Este documento tiene por objeto establecer los parámetros de diseño y construcción del prototipo de una maquina preformadora de calzado tubular la cual será utilizada para la producción de calzado en la empresa Suelas & Tacones Rally de Bucaramanga, con el fin de mejorar los tiempos en los procesos de producción y la calidad del calzado.

Esta máquina genera grandes beneficios a la producción de la empresa, ya que aumenta la productividad diaria de calzado, permite que el calzado sea de mejor calidad y con mejores acabados. La máquina consta de tres componentes principales, los cuales son: un sistema de generación de vapor por medio de una mini-caldera de tipo pirotubular construida bajo las normas ASME de diseño y construcción de calderas; selección de un cuarto frio construido por un sistema de refrigeración de aire frio y seco; y un sistema de calentamiento de suelas mediante resistencias eléctricas y control de temperatura.

El prototipo de esta máquina busca unificar tres procesos del calzado en un solo sitio de trabajo, reduciendo así tiempos muertos. Mediante la preformadora se realiza el trabajo de envejecimiento, se realiza la expansión de las fibras del cuero y el enfriamiento del calzado. Esto favorece de forma aceptable a la empresa ya que genera una disminución en el tiempo de producción, disminuye espacios de trabajo, y logra alcanzar una buena calidad al finalizar el proceso.

---

<sup>1</sup> Proyecto de grado

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico – Mecánica. Escuela de Ingeniería Mecánica. Carlos Borrás Pinilla, Ph.D, Msc.

## ABSTRACT

**TITLE:**

DESIGN, SELECTION AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE OF PREFORMADORA OF TUBULAR SHOES SUELAS & TACONES RALLY<sup>3</sup>

**AUTHOR:**

DINA MARCELA PINZÓN ARIZA; CARLOS EDUARDO AYALA<sup>4</sup>

**KEYWORDS:**

Boiler fire, steam generator, design and construction, cooling system, heating by electric heating systems, tubular shoe.

**DESCRIPTION:**

This document establishes the parameters of design and construction of the prototype of a machine preformadora of tubular shoes which will be used for the production of footwear SUELAS & TACONES RALLY from Bucaramanga Company, in order to improve the times in production processes and quality footwear.

This machine generates significant benefits to the company's production, since it increases the daily output of footwear, which makes shoes with best quality and best finishes.

The machine consists of three main components, which are: a system of generation of steam by means of a small-boiler of type fire built taking into account the standards of design and construction of ASME boilers; selection of a cold room built for a cooling of cold air and dry; and a system of heating of soles by means of electrical heating and temperature control.

The prototype of this machine seeks to unify three processes footwear on a single workstation, thus reducing downtime. By performing aging work is performed, the expansion of the leather fibers and cooling the footwear is made. This favors a manner acceptable to the company and that leads to reduced production time decreases workspaces, and manages to achieve good quality at the end of the process.

---

<sup>3</sup> Graduation Project

<sup>4</sup> Faculty of Physics – Mechanic. School of Mechanic Engineering. Carlos Borrás Pinilla, Ph.D, Msc.

## INTRODUCCION

La implementación de nuevas tecnologías en la industria del calzado en Bucaramanga nunca ha sido un atractivo para las empresas, ya que la participación en inversión es muy baja debido a que hay una conformidad sobre los métodos utilizados actualmente por medio de los cuales se realiza el proceso de preformado del calzado.

**Figura 1. Calzado Tubular**



Fuente: Catálogo Calza Arte

Este proyecto busca crear el prototipo de una máquina preformadora de calzado tubular que opaque los procesos implementados por la empresa, por medio de esta máquina, se busca poder controlar el proceso de calentamiento, reducir tiempos en el proceso de producción, brindarle seguridad al operario al realizar estos procedimientos, aumentar el proceso de producción del calzado y finalmente motivar al sector del calzado a invertir en tecnología, mostrando resultados que garanticen un cambio favorable.

La construcción de esta máquina está enfocada en la producción de vapor mediante el diseño de una mini-caldera de tipo pirotubular y la producción de calor mediante un sistema eléctrico para calentar el calzado, los demás accesorios o equipos instalados son para lograr que el trabajo se realice de una manera más segura y efectiva. Esta construcción se realiza bajo las normas establecidas en la construcción del equipo, normas ASME para construcción de recipientes cilíndricos.

## **1. FORMULACION DEL PROBLEMA**

### **1.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA**

Durante el proceso de formado de calzado las fibras del cuero son estiradas y preformadas en una horma quedando tensas, al retirarlas de la horma se produce un efecto resorte lo que hace que las fibras regresen a su estado original pero causando así deformación en el calzado. Para evitar que el calzado se vea deforme y desgastado se realiza un proceso al cuero conocido como “envejecimiento”, el cual consiste en pasar las fibras del cuero en estado de tensión por una cámara en donde se les aplica un baño de vapor para lograr relajar la tensión de las fibras.

Desde sus inicios en el año 1990 la empresa SUELAS & TACONES RALLY ubicada en el centro de Bucaramanga realiza este proceso dando baños de agua caliente al cuero de forma intermitente para relajar la tensión de las fibras, luego es montado en la horma en la cual se inicia el proceso de preformado mediante golpes suaves, a su vez se deja reposar el cuero a temperatura ambiente, consiguiendo así que se minimice la tendencia a recuperar su forma original al ser retirado de la horma.

Otro método utilizado por algunas empresas en Bucaramanga para desarrollar el proceso de envejecimiento es mediante una olla de aluminio en donde pone a hervir agua con una tapa con perforaciones por donde sale el vapor y sobre la tapa se pone el zapato para recibir el baño de vapor; posteriormente mediante una secadora de pelo aplican aire seco caliente. Estos procesos rudimentarios son muy utilizados en la industria del calzado sin embargo se tiene un alto costo en la inversión en hormas y el proceso resulta muy lento.

### **1.2. JUSTIFICACION PARA LA SOLUCION**

Observando las necesidades de la empresa SUELAS & TACONES RALLY, se busca crear e implementar una maquina preformadora de calzado tubular, con el fin de producir calzado que cumpla con los estándares de calidad requeridos por la empresa, donde el proceso de envejecimiento se realice reduciendo costos y tiempo en la producción, lo que permitirá generar beneficios en diversos campos como los son:

- En el sector comercial se busca un aumento en ventas de calzado debido a que se mejora la calidad y la vida útil del producto, también se reducen los tiempos de producción generando un mayor lote de producido.
- El sector del calzado en el campo tecnológico a nivel regional no ha jugado un papel importante ya que la inversión en tecnología es muy poca, estas empresas recurren a los procesos rudimentarios en la producción, este proyecto busca incentivar la industria del calzado a innovar los procesos de fabricación con la finalidad de generar mayor producción.
- El proceso que se lleva actualmente en las empresas durante el envejecimiento genera un riesgo en los empleados ya que en la producción los operarios se ven expuestos a accidentes por quemaduras, este riesgo se busca minimizar ya que el agua hirviendo o el vapor no se va a manipular directamente.

## 2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

### 2.1. Objetivo General

Fortalecer los aspectos que se encuentran plasmados en la misión de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, enfocados en la innovación del desarrollo tecnológico, para la solución de problemas en la industria del calzado, realizando el prototipo de una maquina preformadora tubular, con el fin de implementarla en un proceso de confección y moldeado, para lograr un producto que cumpla con los estándares de calidad requeridos por el mercado.

### 2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Diseñar y construir el prototipo de una maquina preformadora de calzado tubular con la finalidad de acelerar el proceso de envejecimiento con capacidad de acondicionar 3 pares de zapato por minuto. Para lo cual se deberá:
- ✓ Diseñar y construir una estructura de acero para el soporte de la máquina, con dimensiones de 120x75x55 cm La estructura presenta los siguientes requerimientos:
- ✓ Diseñar y construir una mini-caldera de tipo piro-tubular basado en las normas que se encuentran vigentes en el código ASME sección V, con las siguientes características técnicas:
  - Masa de vapor de 0,4 kg/min
  - Presión de trabajo de 241.32 Kpa (35 psi)
  - Temperatura de trabajo de 127°C
- ✓ Calcular y seleccionar un sistema de refrigeración de aire frio y seco, a una temperatura de -5°C y a una humedad relativa de 70% respectivamente, con el fin de garantizar la confección y moldeado del calzado.

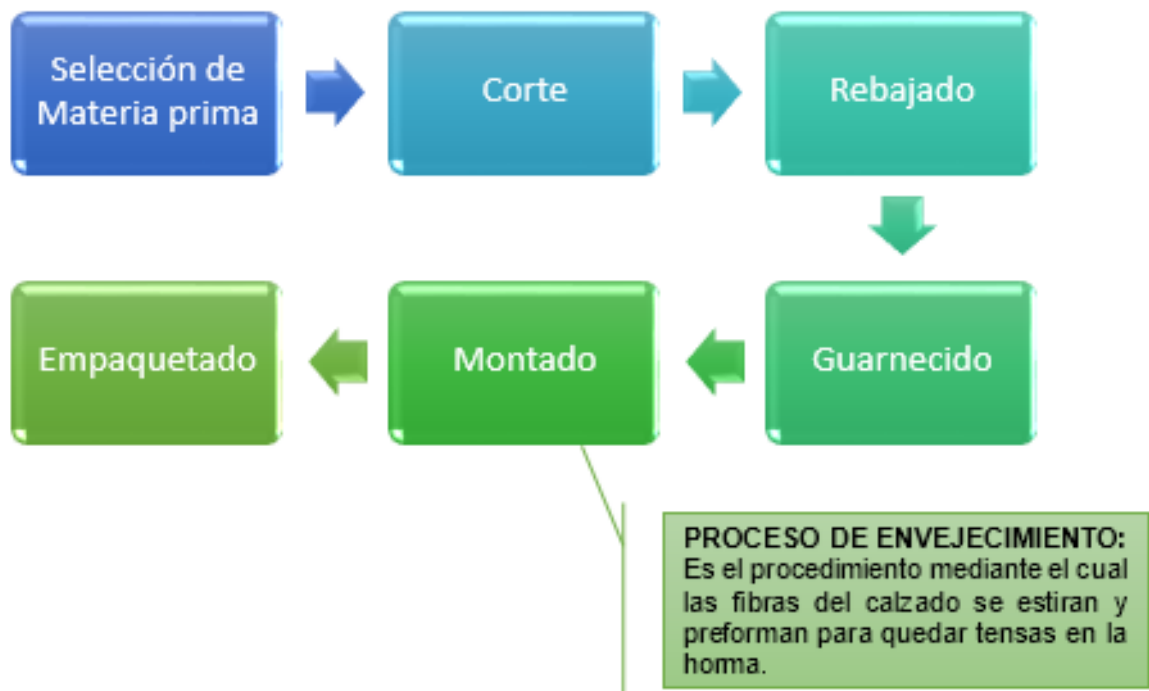
- ✓ Seleccionar e instalar un sistema de calentamiento de hormas mediante resistencias eléctricas, con capacidad de resistir altas y bajas temperaturas, 120°C y 80°C respectivamente, con el fin de realizar el proceso de calentado de la capellada del calzado para completar el proceso de preformado.
- ✓ Realizar un manual de especificaciones técnicas y de mantenimiento para el prototipo de la maquina preformadora de calzado tubular.
- ✓ Realizar pruebas finales al prototipo de la maquina preformadora de calzado tubular con el fin de verificar que se cumplan los objetivos planteados anteriormente.

### 3. GENERALIDADES

#### 3.1. Calzado

La fabricación de calzado se puede realizar mediante los métodos artesanales o industriales, en ambos procedimientos aunque de forma distinta se siguen los siguientes pasos fundamentales<sup>5</sup>:

**Figura 2. Proceso de producción de Calzado**



<sup>5</sup> Wikipedia. Proceso del calzado <<http://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador>>[Citado en 10 de Febrero de 2015]

**Corte:** El corte se puede realizar de tres formas o métodos diferentes, el corte manual, utilizando un utensilio manual para cortar el cuero usando un patrón. Otro método es por medio de máquinas automáticas de corte, el troquelado, usadas para el corte del forro interior del zapato y cueros para la capellada; por último otro método actual y moderno es el corte computarizado mediante laser el cual utiliza un software para la configuración y ubicación de las piezas en el cuero.

**Rebajado:** durante este procedimiento se rectifica el corte realizado anteriormente.

**Guarnecido:** este procedimiento consta de la unión de los cortes mediante la costura.

**Montado:** se realiza mediante una horma, que sirve de modelo de pie, a la hora de encajar las partes del zapato (capellada, talón, suela, etc.). El montado quizás sea la parte más mecanizada del sector del calzado. El proceso exacto del montado (unión de la parte de piel del zapato con la suela), se hace con una máquina llamada "máquina de montado".

**Empaquetado:** El envasado en cajas de papel, es también manual. El zapato se introduce por pares en cajas de cartón. Se le incluyen las etiquetas reglamentarias, códigos de barras para facilitar la venta en los comercios.

### **3.2. Preformadora de calzado**

Una preformadora es una máquina cuyo objetivo es dar forma casi definitiva a la parte posterior del calzado, esta operación también se denomina formación de los contrafuertes, este proceso se realiza justo antes del montaje de los extremos en una cadena de fabricación de calzado.

#### **3.2.1. Alternativas para realizar una preformadora de calzado tubular**

Teniendo en cuenta los siguientes criterios más significativos en el momento de seleccionar, los cuales son: de construcción, de

automatización y control, de seguridad y de portabilidad; se plantean una serie de alternativas para la solución del problema.

✓ **Alternativa 1: Flujo de aire caliente**

Se utiliza un canal mediante el cual fluye aire que es calentado mediante resistencias eléctricas y desplazado mediante ventiladores.

**Viabilidad del uso de flujo de aire caliente:** es viable pero solo para realizar el trabajo en una sola horma, y no es viable para varias hormas ya que el sistema de flujo de aire se vuelve difícil de controlar.

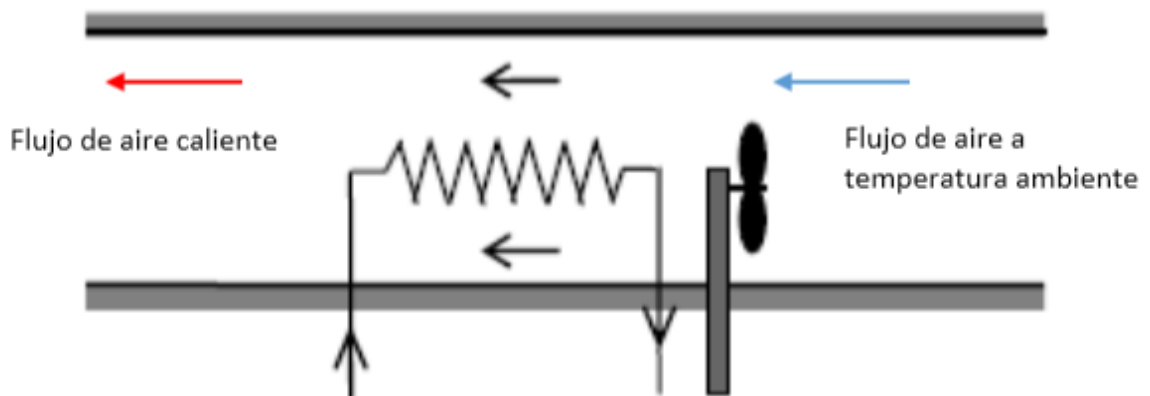
**Facilidad de la construcción:** su construcción es fácil pero sería de gran tamaño.

**Seguridad:** debe tener control de temperatura para evitar que el canal de aire se queme.

**Control:** utiliza un ventilador que induce aire y permite controlar el caudal suministrado.

**Portabilidad:** El traslado del equipo queda limitado por el tamaño.

**Figura 3. Alternativa 1. Flujo de aire caliente**



Fuente: Yunus Cengel, Transferencia de Calor

✓ **Alternativa 2: Flujo de vapor**

Se utiliza una mini-caldera pirotubular (ver Anexo A) para generar vapor de agua.

**Viabilidad del uso de flujo de vapor:** es viable ya que mediante el uso de agua potable se genera vapor para varias hormas que se ubican según el requerimiento.

**Facilidad de construcción:** La construcción es más compleja pero el diseño se acomoda al espacio disponible.

**Seguridad:** debe tener control de presión.

**Control:** el control se realiza utilizando una válvula de seguridad (ver Anexo B) la cual se debe abrir si la presión se eleva por encima del valor de trabajo ajustado.

**Portabilidad:** el traslado del equipo queda limitado por el peso y por la conexión a gas.

**Figura 4. Alternativa 2. Flujo de vapor**



Fuente: Catalogo Argane

✓ **Alternativa 3: Horno**

Se utiliza el calor generado por el horno para realizar el proceso.

**Viabilidad del uso de un horno:** es viable porque se tiene un control preciso de la temperatura, pero no es viable porque el consumo en potencia es elevado.

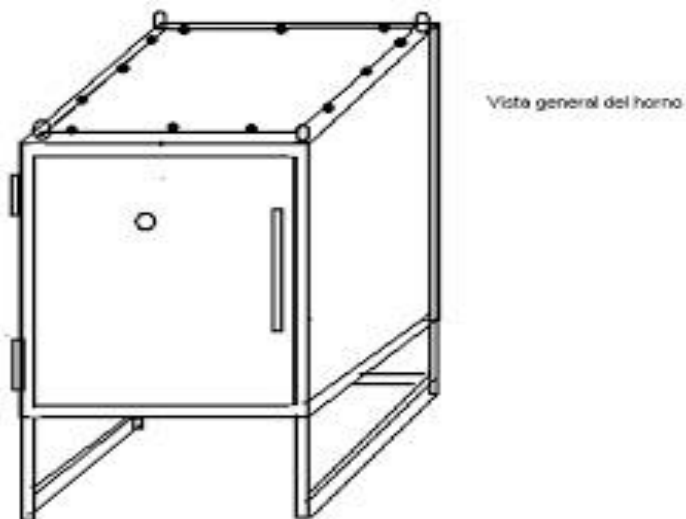
**Facilidad de construcción:** su construcción es más compleja pero el tamaño es favorable.

**Seguridad:** debe tener aislamiento térmico para evitar accidentes de quemaduras.

**Control:** se debe implementar control de temperatura en el sistema.

**Portabilidad:** su traslado se ve limitado por su tamaño y peso.

**Figura 5. Alternativa 3. Horno**



Fuente: [http://elblogdebenxamin.blogspot.com/2009\\_11\\_01\\_archive.html](http://elblogdebenxamin.blogspot.com/2009_11_01_archive.html)

✓ **Alternativa 4: Aspersores de agua**

Se utiliza agua desmineralizada que es rociada directamente en el calzado.

Variabilidad del uso de la biomasa: no es viable por su costo ya que solo opera con agua desmineralizada.

**Facilidad de construcción:** el diseño es complejo debido a que requiere diseño de tanque para almacenamiento.

**Seguridad:** se debe tener en cuenta en control de flujo de agua.

**Control:** se debe tener control del caudal de agua que fluye hacia los aspersores.

**Portabilidad:** su traslado se ve limitado por el tanque de almacenamiento de agua mineralizada.

**Figura 6. Alternativa 4. Aspersores de agua**



Fuente: <http://es.slideshare.net/armaceti1217/tecnologia-de-montado>

### 3.2.2. Evaluación de alternativas

Criterios de selección de 1 a 5, donde 1 es el más bajo y 5 el más alto.

**Tabla 1. Evaluación de Alternativas**

ALTERNATIVAS	VIABILIDAD DE USO	FACILIDAD DE CONSTRUCCION	SEGURIDAD	CONTROL	PORTABILIDAD	ACUMULADO
1. FLUJO DE AIRE CALIENTE	2	3	4	5	1	15
2. FLUJO DE VAPOR	5	2	5	5	2	19
3. HORNO	3	1	3	4	1	12
4. ASPERSORES DE AGUA	1	2	3	4	1	11

**3.2.3. Descripción de la alternativa seleccionada** La alternativa seleccionada es la numero 2 en la cual se utiliza una caldera para generar el vapor requerido, el diseño se plantea según la necesidad de vapor de trabajo, es una máquina de tamaño mediano, se tiene un control de presión lo que hace que el trabajo y la operación de la maquina sea más segura, es la selección más eficiente desde el punto de vista de producción de vapor, además el diseño de esta selección hace que sea posible que dos o tres operarios trabajen en la misma máquina, con el fin de aumentar la producción de calzado. Este diseño hace posible que se puedan trabajar 3 pares de hormas al mismo tiempo.

**3.2.4. Aspectos generales de una preformadora de calzado tubular**

Una preformadora de calzado tubular mejora y acelera el proceso de producción del calzado; mejora debido al proceso de envejecimiento que se le realiza al calzado. Esta máquina está compuesta por 3 sistemas fundamentales los cuales se encargan de acelerar en gran cantidad el proceso de producción.

### 3.2.5. Sistemas que componen una preformadora de calzado tubular

Son tres componentes principales las que conforman el sistema de la preformadora. El primero es un sistema de generación de vapor, el cual se obtiene mediante la construcción de una mini caldera de tipo piro-tubular con control de flujo por válvulas, el cual tiene el objetivo de realizar el proceso de envejecimiento del calzado, mediante un baño de vapor realizado antes de ser montado. El segundo sistema se trata de un cuarto frío, el cual se encarga de bajar la temperatura del calzado para una mejor manipulación. El tercer y último sistema se trata de generar calor a través de unas hormas fabricadas en aluminio, la transferencia de calor se da de la siguiente manera, las resistencias eléctricas producen el calor que se transfiere a la horma y ésta a su vez la transfiere al corte del calzado (previamente montado en la horma); las hormas acá construidas tienen un mecanismo neumático que aprovechando el calentamiento expande el calzado tanto horizontal como verticalmente.

**Figura 7. Mini-Caldera**



**Figura 8. Cuarto frio**



**Figura 9. Sistema de hormas**



### **3.3. Principios básicos de las calderas**

El termino caldera se aplica a un dispositivo para generar vapor para fuerza, procesos industriales o calefacción; o agua caliente para calefacción o uso general. A la caldera se le considera como un productor de vapor e términos generales. Las calderas son diseñadas para transmitir el calor procedente de una fuente externa a un fluido contenido dentro de la misma caldera<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> SHIELD, Carl D. Caldera; tipos, características y funciones. Compañía editorial continental S.A. México 1976

### 3.3.1. Clasificación de Calderas

Algunos tipos de calderas no pueden quedar considerados dentro de las clasificaciones usuales. Se construyen siguiendo un principio completamente diferente o también como una mera modificación de los tipos normales. Estas calderas comprenden los siguientes tipos:

Calderas de tamaños o materiales especiales, tales como la caldera de miniatura y la caldera de tubos de cobre, calderas de baja presión o para calefacción.

Calderas para condiciones especiales de combustible, como la caldera de magazín, que tiene un compartimiento de almacenamiento para antracita.

Calderas basadas en principios completamente diferentes, como el generador de vapor de peróxido de hidrogeno.

### 3.3.2. Calderas de miniatura

El término miniatura se aplica a las calderas de presión alimentadas por fuego, que no sobrepasan los siguientes límites:

**Figura 10. Caldera de miniatura**



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/mini-type-household-steam-boiler-with-direct-manufacture-624601574.html>

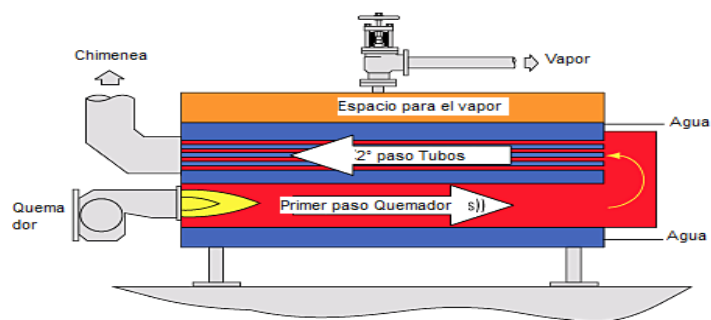
- Diámetro interior del cuerpo cilíndrico: 406mm (16in)
- Volumen bruto, excluyendo la chaqueta con el aislamiento térmico; 0,1415m<sup>3</sup> (5pies<sup>3</sup>)
- Superficie de calefacción de agua: 1,858 m<sup>2</sup> (20pies<sup>2</sup>)
- Presión máxima de trabajo permitida: 7kg/cm<sup>2</sup> (100psi)

La construcción de estas calderas se rige por una sección especial (sección V) del código ASME para calderas y tanques de presión.

### 3.3.3. Caldera Piro tubular

Las calderas piro tubulares están provistas de unos tubos a través de los cuales (en su interior) circulan los gases de combustión, estando rodeados de agua por el exterior. Los tubos se instalan normalmente en la parte inferior de un cilindro, debajo del nivel de agua, de manera que nunca estén secos<sup>7</sup>.

**Figura 11. Caldera piro tubular**



Fuente: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/leccion\\_34](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/leccion_34)

<sup>7</sup> Forestales. Calderas [online]<<http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termo2p/refrig.html>>[Citado en 10 de Febrero de 2015]

### 3.3.3.1. Componentes de una caldera pirotubular

En forma general una caldera pirotubular está constituida por cuatro componentes fundamentales, los cuales son: quemador, haz de tubos, casco y chimenea.

**Quemador;** es el elemento de la caldera encargado de suministrar y acondicionar el combustible para mezclarlo con el aire y obtener una buena combustión.

**Haz de tubos;** es el elemento de la caldera por el cual van los gases productos de la combustión que a su vez servirán para producir el vapor al contacto con el agua (intercambio de calor), deben ser de un material resistente a altas temperaturas y con una buena conductividad térmica.

**Casco;** es el elemento de la caldera que contiene en su interior el haz de tubos y al mismo tiempo el agua requerida para la producción de vapor, el casco es diseñado según la presión requerida para trabajo, siendo sus dimensiones más importantes el diámetro y el espesor, generalmente es de un material resistente a altas temperaturas y altas presiones.

**Figura 12. Casco de caldera**



**Chimenea;** es la encargada de evacuar los gases producto de la combustión al exterior.

### **3.4. Principios básicos de Refrigeración**

Se sabe por experiencia propia que el calor fluye en la dirección de las temperaturas decrecientes; esto es, de las regiones de alta temperatura a las de baja. Dicho proceso de transferencia de calor ocurre en la naturaleza sin que se requiera la participación de algún dispositivo. El proceso inverso, sin embargo no sucede por sí solo. La transferencia de calor de una región de temperatura baja a otra de alta temperatura requiere dispositivos especiales llamados refrigeradores.

#### **3.4.1. Que es un refrigerador**

Un refrigerador es un dispositivo cuyo objetivo es extraer calor de un cuerpo a una cierta temperatura y cederlo a otro que se encuentra a una temperatura superior. Para ello utiliza una sustancia de trabajo bien sea vapor de agua, aire o un gas refrigerante; que realiza una serie de

transformaciones termodinámicas de forma cíclica, para que pueda funcionar de forma continua, como sucede con las maquinas térmicas<sup>8</sup>.

**Figura 13. Refrigeradores**



Fuente: Catalogo refrigerador vertical Infrico

**Figura 14. Funcionamiento de un refrigerador**



Fuente: <http://partesdeunrefrigerador.blogspot.com/2012/06/partes-de-un-refrigerador-manejo-de.html>

---

<sup>8</sup> Refrigeración. Tipos. <<http://partesdeunrefrigerador.blogspot.com/2012/06/partes-de-un-refrigerador-manejo-de.html>>[Citado en 10 de Febrero de 2015]

Representación esquemática y Funcionamiento de un refrigerador:

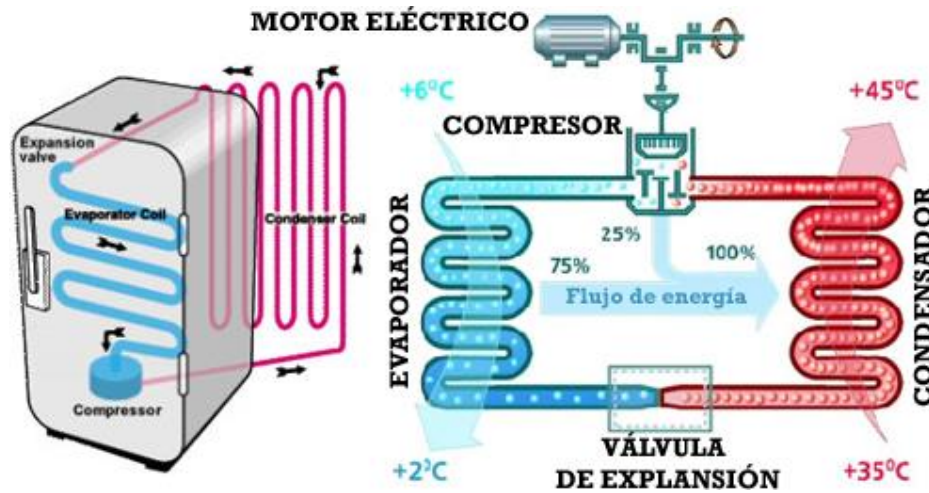
- Absorbe una cantidad de calor  $Q_2$  de un foco frío a una temperatura  $T_2$
- Consume una cantidad de calor  $W$
- Cede una cantidad de calor  $Q_1$  a un foco caliente a una temperatura  $T_1$

### 3.4.2. Partes de un refrigerador:

Un refrigerador está conformado por cinco partes básicas, las cuales son:

**El compresor:** Es una máquina de fluidos que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. El propósito del compresor es comprimir el refrigerante que sale del evaporador y de esta manera aumentar su temperatura creando una diferencia de temperatura que permita la transferencia térmica del área refrigerada, hacia el exterior. Además, permitir la circulación en el circuito. El compresor recibe el refrigerante que sale del evaporador a baja presión y realiza un intercambio de energía a través de la acción mecánica, el trabajo ejercido es transferido al refrigerante que pasa por él, convirtiéndose en energía de flujo aumentando su presión y temperatura.

Figura 15. Compresor

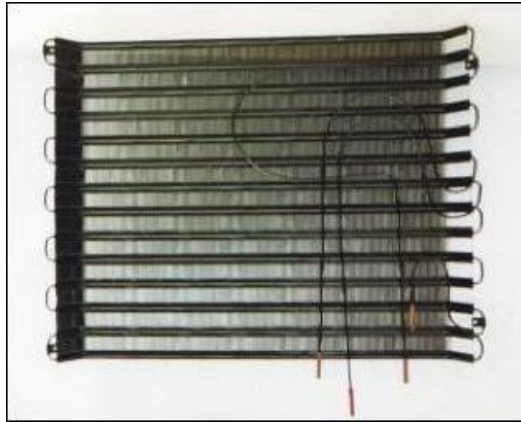


Fuente: [http://manualesobrelanevera.blogspot.com/2011\\_05\\_01\\_archive.html](http://manualesobrelanevera.blogspot.com/2011_05_01_archive.html)

**Condensador:** La función del condensador es transformar en su interior el gas refrigerante comprimido en el compresor en líquido refrigerante. En el interior del condensador el gas refrigerante pierde el calor que absorbió durante el proceso de su evaporación desde el espacio a enfriar, así como también hace entrega del calor absorbido durante su circulación a través de la línea de retorno al compresor y el calor absorbido durante el fenómeno de compresión en el interior del compresor.

Debido a esta entrega o pérdida de calor y a la elevada presión a que se lo somete, el gas se condensa y constituye una fuente de agente refrigerante en estado líquido en condiciones de ser entregado repetidamente en el interior de un equipo de refrigeración, produciendo en consecuencia el efecto de enfriamiento buscado.

**Figura 16. Condensador**



Fuente: <http://fisica-alperit.blogspot.com/2013/05/por-que-cuesta-abrir-la-puerta-del.html>

**Evaporador:** El evaporador o intercambiador de calor, es donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo.

**Figura 17. Evaporador**



Fuente: <http://fisica-alperit.blogspot.com/2013/05/por-que-cuesta-abrir-la-puerta-del.html>

**Tubo de Retorno:** La función del tubo de retorno es regresar el gas refrigerante al compresor para volver a usarlo y volver a hacer el ciclo de refrigeración.

**Figura 18. Tubo de retorno**



Fuente: <http://fisica-alperit.blogspot.com/2013/05/por-que-cuesta-abrir-la-puerta-del.html>

**Tubo Capilar:** Un tubo capilar es una conducción de fluido muy estrecha y de pequeña sección circular. Su nombre se origina por la similitud con el espesor del cabello. Es en estos tubos que se da el efecto de capilaridad. Este tubo consiste en un tubo de pequeño diámetro (generalmente de cobre), que actúa reteniendo el flujo de líquido refrigerante, la expansión se realiza a su salida al conectarlo al tubo que va hacia el evaporador.

**Figura 19. Tubería capilar**



Fuente: <http://fisica-alperit.blogspot.com/2013/05/por-que-cuesta-abrir-la-puerta-del.html>

**Filtro deshidratador:** Sirve para que el sistema de refrigeración esté libre de humedad, en su interior contiene silica la cual retiene la humedad.

**Figura 20. Filtro deshidratador**



Fuente: <http://fisica-alperit.blogspot.com/2013/05/por-que-cuesta-abrir-la-puerta-del.html>

### **3.5. Generación de calor por electricidad**

La generación de calor en base a la energía eléctrica se realiza a base de resistencias.

### **3.5.1. Resistencia Eléctrica:**

La corriente eléctrica es un movimiento de electrones. Estos electrones pasan libremente por los conductores, pero cuando llegan a algún receptor le cuesta trabajo pasar a través de éste, es decir les ofrece resistencia a que pasen por el receptor. Esto es precisamente la resistencia eléctrica. La resistencia de un conductor depende de la longitud del mismo, de su sección transversal y del material con el que está fabricado.

### **3.5.2. Efecto calorífico por resistencias eléctricas**

Podemos describir el movimiento de los electrones en un conductor como una serie de movimientos acelerados, cada uno de los cuales termina con un choque contra alguna de las partículas fijas del conductor.

Los electrones ganan energía cinética durante las trayectorias libres entre choques, y ceden a las partículas fijas, en cada choque, la misma cantidad de energía que habían ganado. La energía adquirida por las partículas fijas aumenta la amplitud su vibración, o sea, se convierte en calor.

### **3.6. Mecanismos Neumáticos**

Los sistemas neumático que utilizan el aire y otro gas como medios de la transmisión de señales y potencia. Dentro del campo de la neumática la tecnología se ocupa, sobre todo, de la aplicación de aire comprimido en la automatización industrial (ensamblado, empaquetado, etc).

Los circuitos neumáticos utilizan aire sometido a presión como medio para transmitir fuerza. Este aire se obtiene directamente de la atmosfera, se comprime y se prepara para poder ser utilizado en los circuitos<sup>9</sup>.

### 3.6.1. Cilindros de simple efecto:

El cilindro de simple efecto, tiene una única conexión al aire. Cuando el aire entra en la cámara del cilindro empuja y desplaza el embolo. El retorno es inmediato gracias al resorte que tiene en su interior. Este cilindro solo puede desarrollar esfuerzos en el movimiento de avance.

**Figura 21. Cilindros de simple efecto**



Fuente: Catalogo Intor, Cilindros neumáticos

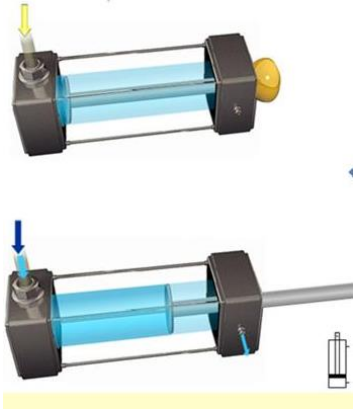
### 3.6.2. Cilindros de doble efecto:

El cilindro de doble efecto tiene dos conexiones de aire que hace que el embolo pueda ser empujado por el aire en dos sentidos. Si durante el avance del cilindro dejamos de introducir aire, el cilindro se detiene. Para provocar su retorno debemos inyectar aire en sentido contrario.

---

<sup>9</sup> Intor. Sistemas Neumáticos.< <http://www.intor.com.ar/novedades/>>[Citado en 10 de Febrero de 2015]

**Figura 22. Cilindros de doble efecto**



Fuente: Catalogo Intor, Cilindros neumáticos

#### 4. PROCESO DE DISEÑO DEL PROTOTIPO DE LA PREFORMADORA

Para llevar a cabo el proceso de diseño de la preformadora de calzado tubular, vamos a dividir el trabajo en componentes, los cuales son:

- ✓ Diseño de la estructura metálica
- ✓ Diseño del generador de vapor: caldera
- ✓ Diseño del refrigerador
- ✓ Diseño del sistema de calentamiento por hormas

Luego de realizar cada uno de los diseños realizaremos un proceso de ensamble de cada componente para llegar a construir la maquina como se muestra en la figura 23.

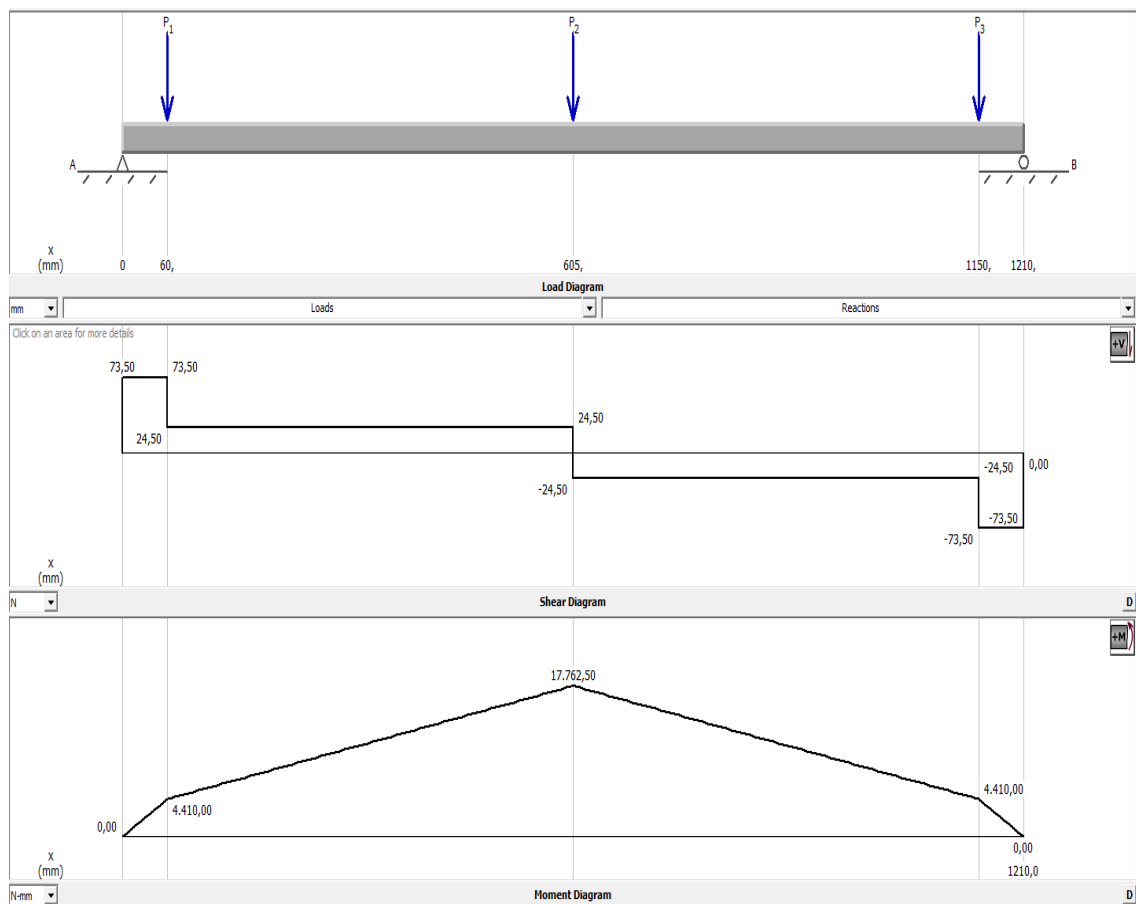
**Figura 23. Preformadora de calzado tubular por selección de caldera**



#### 4.1. Diseño de la Estructura

La máquina está conformada por una estructura, mostrada en la figura 24. La cual soporta directamente los componentes principales del sistema neumático y eléctrico los cuales son: 3 pares de hormas, 6 cilindros neumáticos, 3 soportes de cilindros, 6 ajustes de talón, 12 resistencias térmicas y demás accesorios; se realiza por medio del software Solidworks un análisis estático de la carga aplicada para verificar su comportamiento. El material utilizado será acero galvanizado de perfil cuadrado de 4mm y calibre 1/8”.

Figura 24. Diagrama de Corte, Vector y Momento de la estructura



Fuente: Solidworks, simulador de cargas estáticas

Gracias al diagrama anterior se puede observar, que en el punto P<sub>2</sub> se tiene el mayor momento, siendo este el punto a tener en cuenta en el diseño y será la sección crítica para evaluar el mínimo factor de seguridad que ofrece la viga estáticamente.

Figura 25. Carga estática en Solidworks

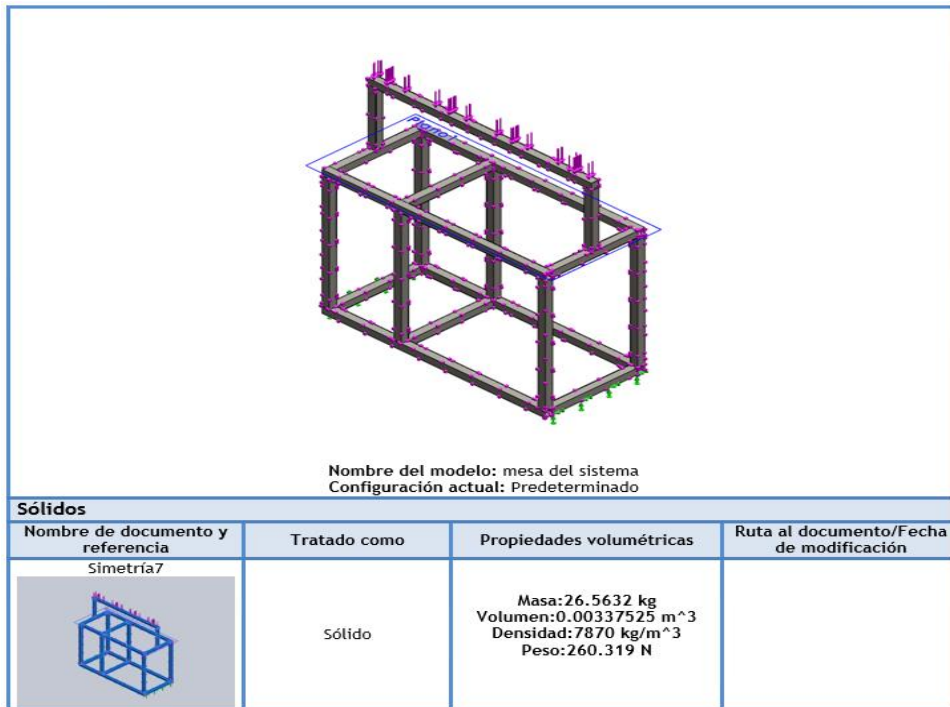
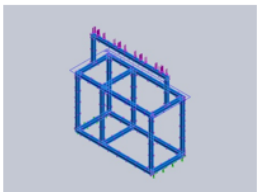


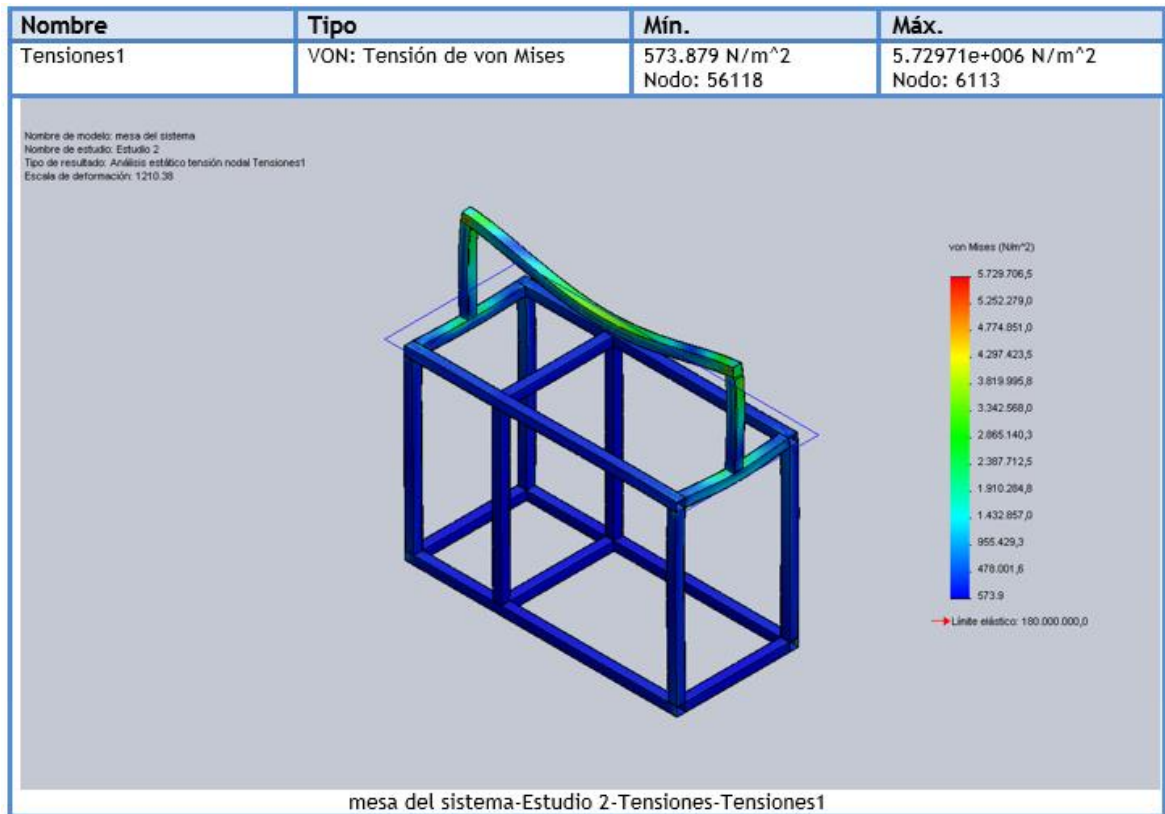
Figura 26. Propiedades del material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: AISI 1010 Barra de acero laminada en caliente Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 1.8e+008 N/m <sup>2</sup> Límite de tracción: 3.25e+008 N/m <sup>2</sup> Módulo elástico: 2e+011 N/m <sup>2</sup> Coeficiente de Poisson: 0.29 Densidad: 7870 kg/m <sup>3</sup> Módulo cortante: 8e+010 N/m <sup>2</sup> Coeficiente de dilatación térmica: 1.2e-005 /Kelvin	Sólido 1(Simetría7)(mesa del sistema)
Datos de curva: N/A		

Se realizó un análisis estático sobre la estructura con el propósito de verificar que no presente ninguna falla cuando se esté realizando el trabajo.

## Análisis de Tensión

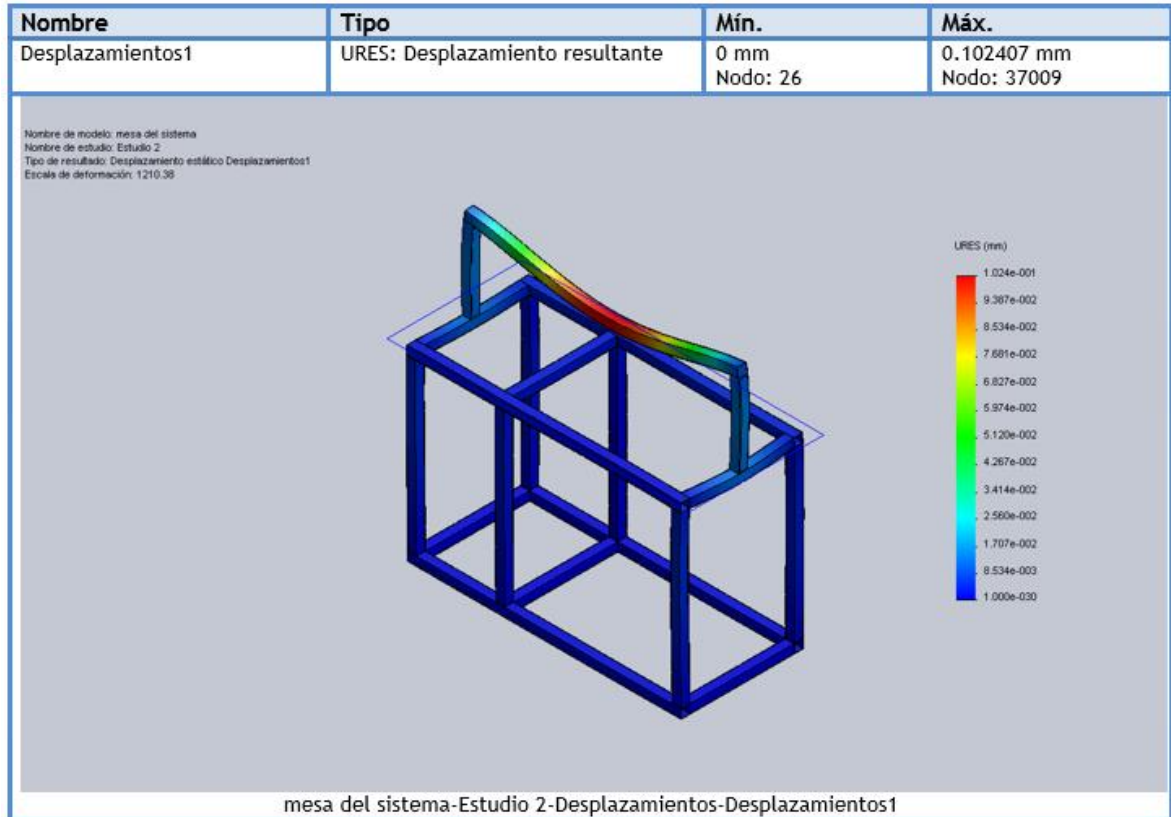
Figura 27. Análisis de tensión de Von Mises



Analizando los resultados de la figura 27 se puede concluir que la estructura no va a fallar bajo el efecto de las cargas a las que va a estar sometido, el valor máximo que soporta la pieza según este análisis es de 573,9Pa y el que puede resistir la pieza es de 5,72971MPa.

## Análisis de Desplazamientos

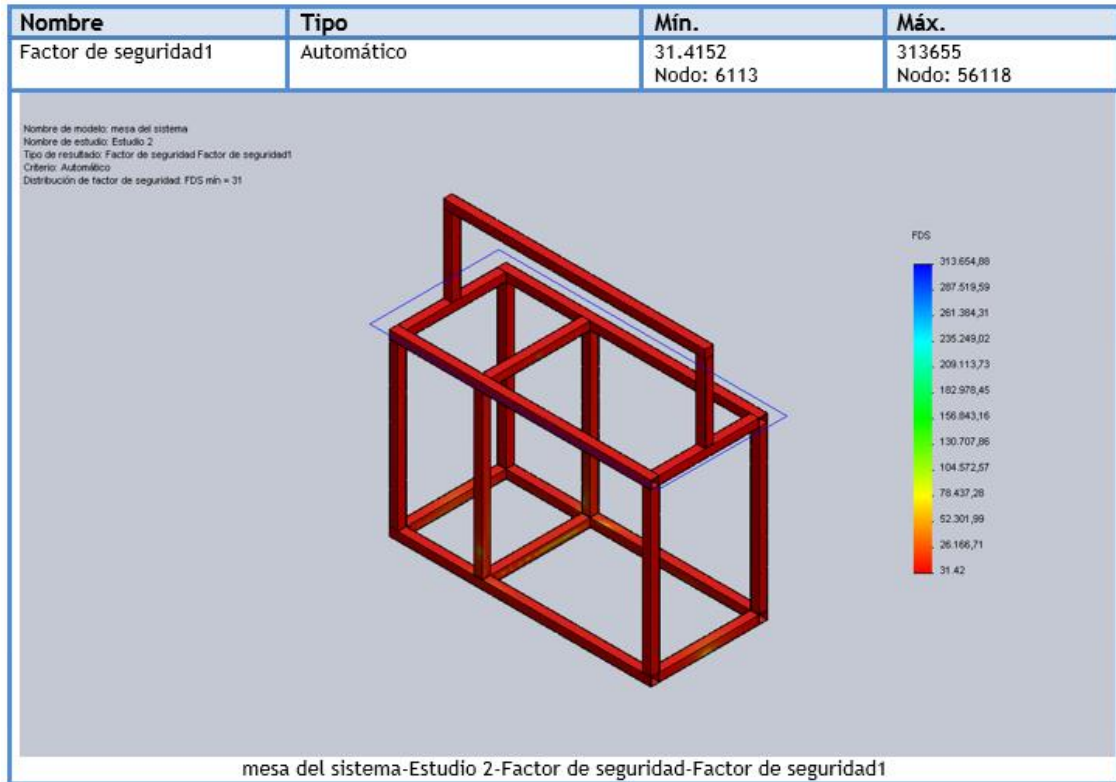
Figura 28. Análisis de desplazamientos



Analizando los resultados de desplazamiento mostrados en la figura 28 que presenta la estructura con la carga que se aplica sobre el mismo, se observa que el máximo desplazamiento es de 0,1024 (mm) siendo este un valor que no representa peligro para la operación del sistema, lo cual garantiza que la maquina va a operar correctamente.

## Factor de seguridad

Figura 29. Análisis del factor de seguridad



Observando los resultados de factor de seguridad en la figura 29 se encuentra que el valor máximo de factor de seguridad es 313664,88 y el valor mínimo es 31,42 el cual garantiza que la estructura soporta la carga que se le impone.

Luego de analizar los resultados arrojados por el software de diseño Solidworks, se define reforzar la estructura debido a que se presenta un desplazamiento de 0.102407mm producido por la carga aplicada, se refuerza con una lámina de acero laminado en caliente, tipo ángulo calibre 1/8. Se instala con la finalidad de mejorar la seguridad en el trabajo, a continuación mostramos los estudios de resistencia estática para la lámina de acero, con sus propiedades especificadas.

## Análisis de carga estática

Figura 30. Carga estática en Solidworks

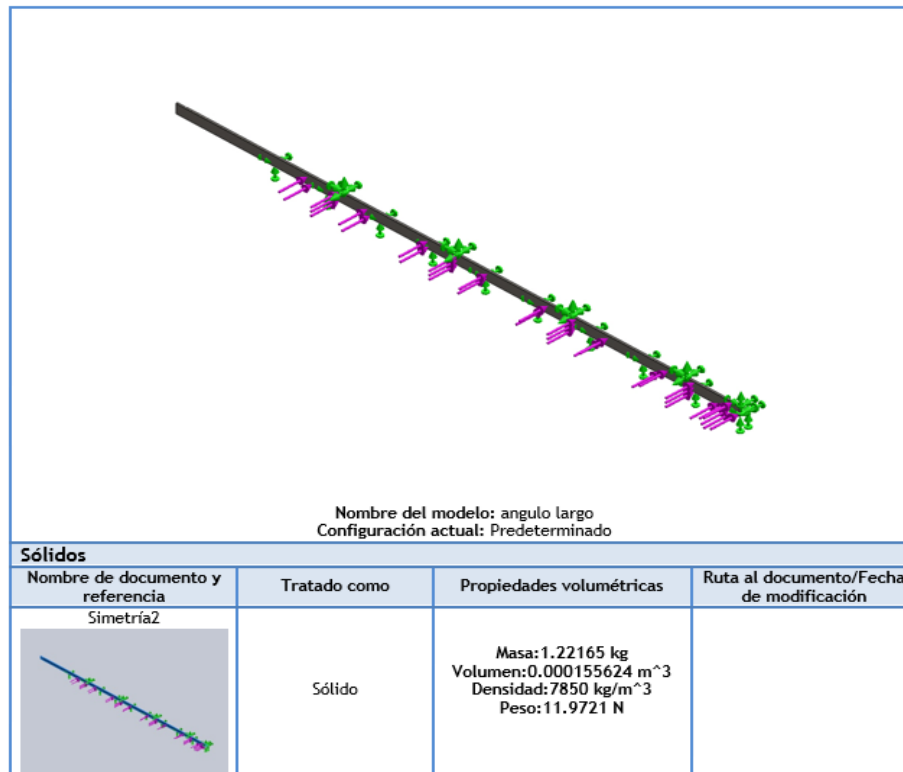
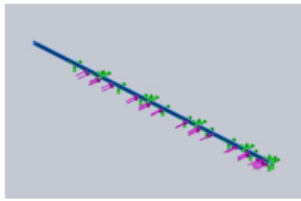


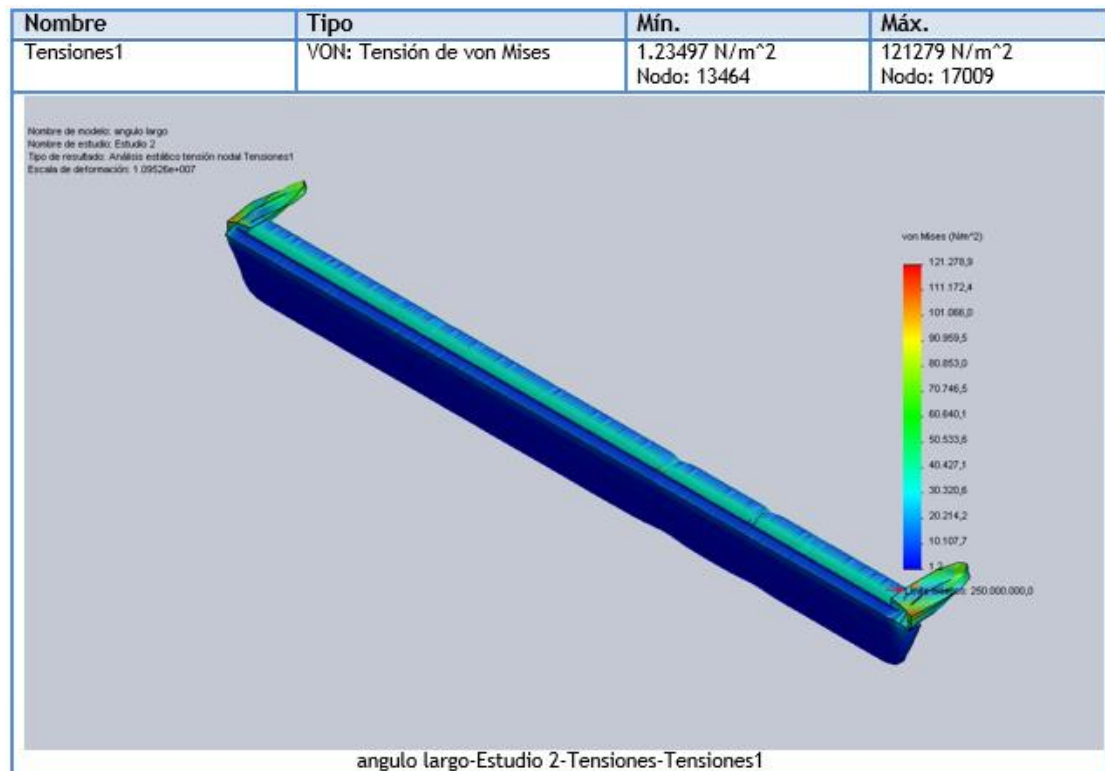
Figura 31. Propiedades del material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<b>Nombre:</b> ASTM A36 Acero <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal <b>Criterio de error predeterminado:</b> Desconocido <b>Límite elástico:</b> 2.5e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Límite de tracción:</b> 4e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Módulo elástico:</b> 2e+011 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.26 <b>Densidad:</b> 7850 kg/m <sup>3</sup> <b>Módulo cortante:</b> 7.93e+010 N/m <sup>2</sup>	Sólido 1(Simetría2)( <b>angulo largo</b> )
Datos de <u>curva</u> : N/A		

Se realizó un análisis estático sobre la estructura, sometiéndola a una carga de 147N, con el propósito de verificar que no presente ninguna falla cuando se esté realizando el trabajo.

### Análisis de Tensión

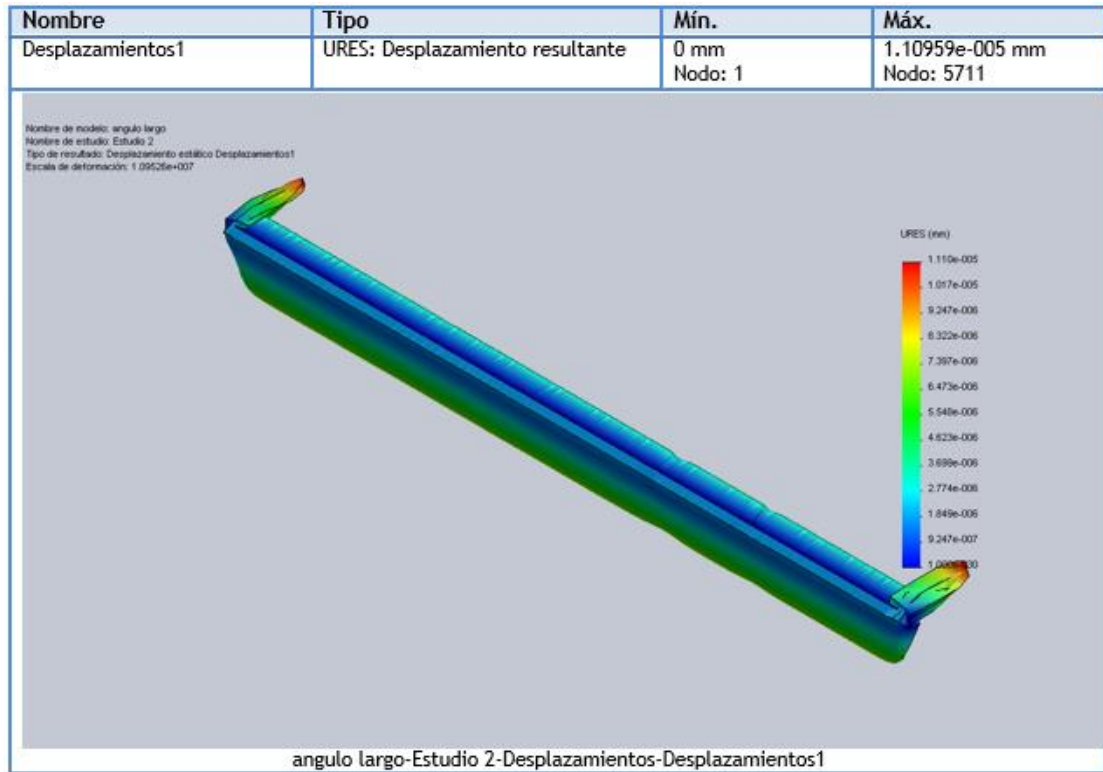
Figura 32. Análisis de tensión de Von Mises



Analizando los resultados de la figura 32 se puede concluir que la estructura no va a fallar bajo el efecto de las cargas a las que va a estar sometido, el valor máximo que soporta la pieza según este análisis es de 1,23497Pa y el que puede resistir la pieza es de 121279Pa.

## Análisis de desplazamientos

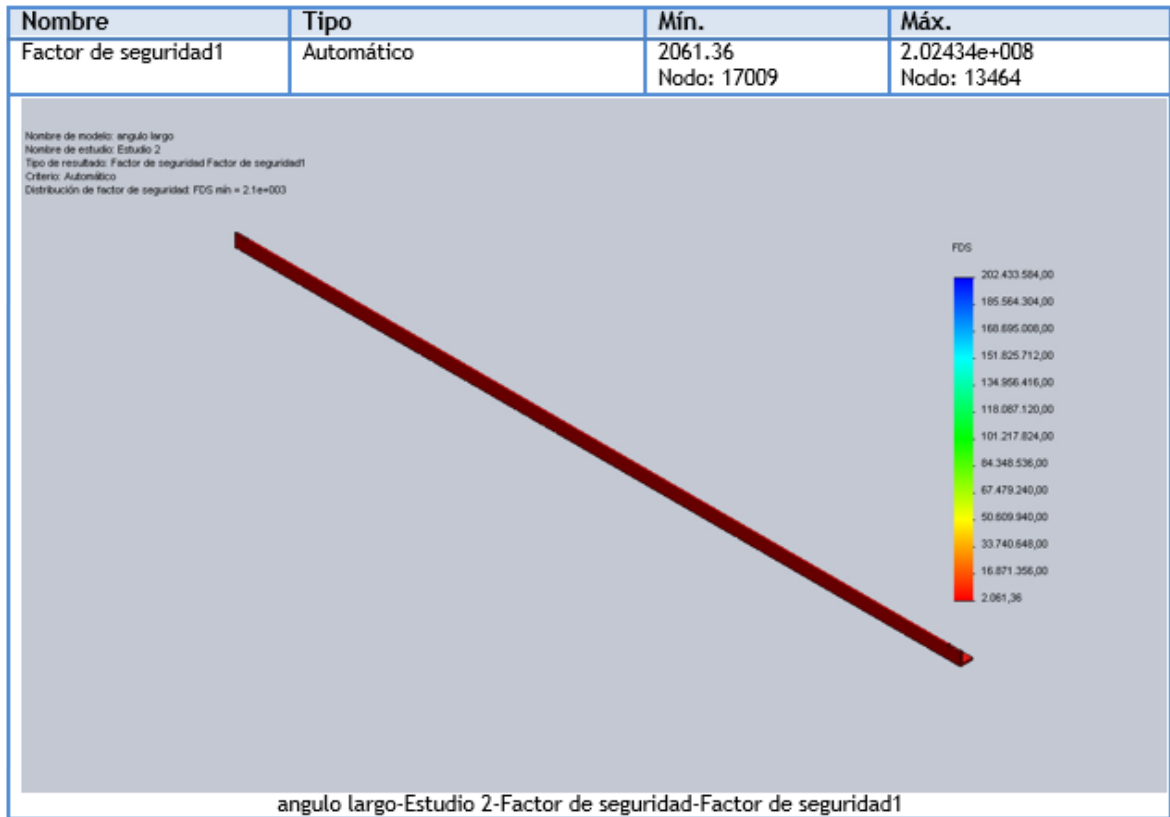
Figura 33. Análisis de desplazamientos



Analizando los resultados de desplazamiento mostrados en la figura 33 que presenta la estructura con la carga que se aplica sobre el mismo, se observa que el máximo desplazamiento es de  $1,10959 \cdot 10^{-5}$ (mm) siendo este un valor que no representa peligro para la operación del sistema, lo cual garantiza que la maquina va a operar correctamente.

## Factor de seguridad

Figura 34. Análisis del factor de seguridad



Observando los resultados de factor de seguridad en la figura 34 se encuentra que el valor máximo de factor de seguridad es  $2,0243^8$  y el valor mínimo es 2061 el cual garantiza que la lámina soporta la carga que se le impone.

## 4.2. Diseño de la Mini-Caldera

La ingeniería de combustión es la ciencia de quemar combustible para liberar calor y capacitarlo para desarrollar trabajo útil o proporcionar calefacción. La operación de una unidad generadora de vapor, comprende: la conversión del potencial energético del combustible en energía térmica y la transmisión de esta energía a un medio que pueda emplearse en un trabajo útil.

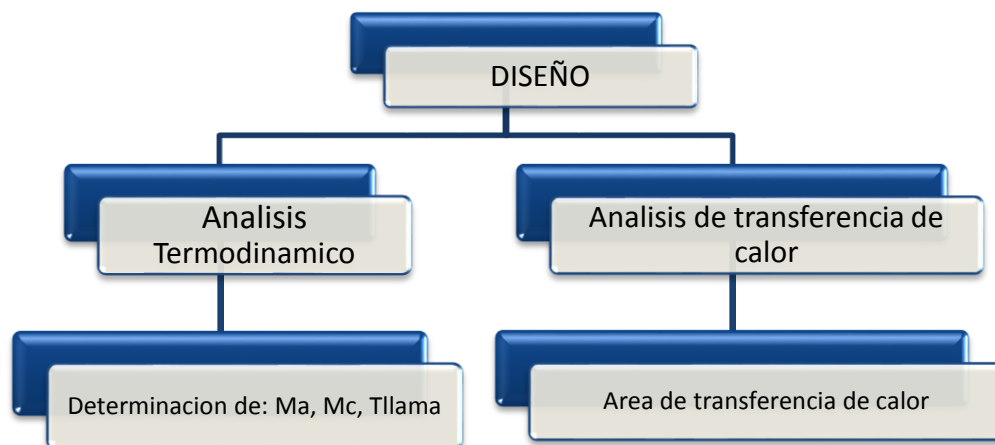
### 4.2.1. Diseño Térmico

El diseño térmico de la mini-caldera tiene por objetivo obtener el área de transferencia y el consumo de combustible necesario, a partir de los requerimientos de flujo de vapor. Mediante un análisis termodinámico con base a los requerimientos de vapor a producir, se puede hallar:

Masa de combustible y masa de aire para una combustión completa.

La temperatura de llama adiabática, con la cual se obtiene el área de transferencia de calor.

Figura 35. Diseño Térmico de calderas

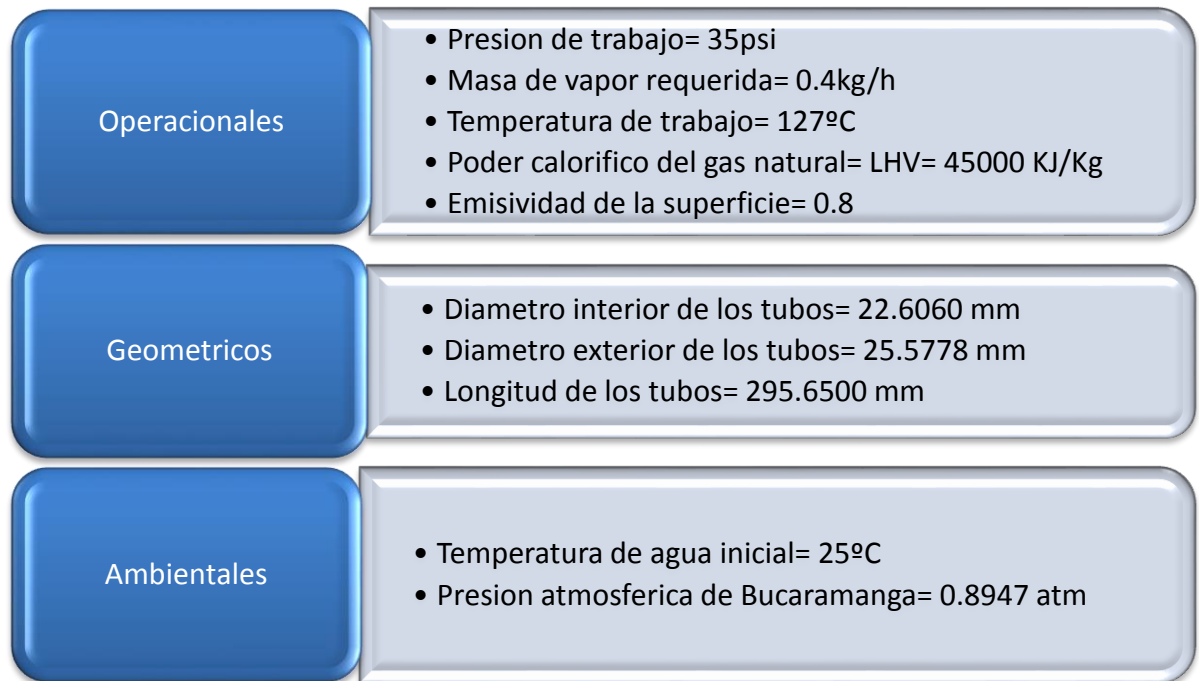


#### 4.2.1.1. Datos de entrada para el diseño térmico

Los datos de entrada con los que se cuenta para el diseño térmico de la mini-caldera son de tres tipos:

- **Operacionales:** son los valores nominales de trabajo con los cuales operara la mini-caldera, entre ellos tenemos: Presión de trabajo, masa de vapor requerida, poder calorífico inferior del combustible y emisividad de la superficie.
- **Geométricos:** son los valores de las dimensiones comerciales de los tubos con los que se puede contar en el mercado para el diseño de la mini-caldera. Se debe determinar el número de tubos requeridos.
- **Ambientales:** son los datos de temperatura ambiente y presión atmosférica de Bucaramanga.

Figura 36. Datos de diseño de la caldera



Los datos operacionales son determinados por los requerimientos de trabajo del usuario de la máquina, estos valores se determinan mediante experimentación y mediante propiedades del material a trabajar.

#### 4.2.1.2. Calor total requerido en la mini-caldera

El  $Q_T$  es el calor total de entrada al proceso y que debe ser suministrado por la combustión, es determinado por los requerimientos de la producción de vapor  $Q_{UTIL}$ , más el  $Q_{PERDIDAS}$ , es el calor que se pierde por convección natural de las paredes de la caldera al ambiente y el calor perdido por los gases de combustión.

$$Q_{TOTAL} = Q_{UTIL} + Q_{PERDIDAS} = Q_{UTIL} + Q_{Pparedes} + Q_{Pgases} \quad (1)$$

Análisis termodinámico: con éste análisis se busca determinar condiciones de operación de la mini-caldera tales como: el calor total, el flujo de masa de combustible, relación aire-combustible y la temperatura de llama adiabática. No se tienen en cuenta las perdidas.

Calculo de Calor Total:

$$Q_{UTIL} = Q_{SENSIBLE} + Q_{LATENTE} \quad (2)$$

$Q_{SENSIBLE}$ : Calor necesario para elevar la temperatura del agua desde la temperatura ambiente (25°C) hasta la presión de saturación a la presión de trabajo (35 psi).

$$Q_{SENSIBLE} = m_{H_2O} * (hf_{127^\circ C} - hf_{25^\circ C}) \quad (3)$$

$$Q_{SENSIBLE} = 0,45 * (533,60 - 104,80)$$

$$Q_{SENSIBLE} = 194,50 \text{ KJ/h}$$

$Q_{LATENTE}$ : Calor de vaporización a la presión de trabajo (35 psi)

$$Q_{LATENTE} = m_{H_2O} * (hg_{127^\circ C} - hf_{127^\circ C}) \quad (4)$$

$$Q_{LATEENTE} = 0,45 * (2716,10 - 533,60)$$

$$Q_{LATEENTE} = 989,98 \text{ KJ/h}$$

$$Q_{UTIL} = 1185,09 \text{ KJ/h}$$

$$Q_{UTIL} = 1123,10 \text{ BTU/h}$$

El calor total se puede hallar conociendo el calor útil y la eficiencia:

$$\eta = \frac{Q_{UTIL}}{Q_{TOTAL}} \quad (5)$$

En el proceso de diseño que se está desarrollando, la  $\eta$  real de la caldera no se establecerá totalmente hasta que no esté totalmente dimensionada, por lo tanto, para continuar con el proceso se asume una eficiencia global para la mini-caldera de 85%, tomado como valor de referencia de calderas ya construidas.

$$Q_{TOTAL} = \frac{1173,09}{0,85}$$

$$Q_{TOTAL} = 1380,10 \text{ KJ/h}$$

Aire y combustible requerido por la caldera: el combustible utilizado para la combustión de la caldera es gas natural. Este combustible tiene un poder calorífico inferior definido. Conociendo el poder calorífico del combustible y el calor total requerido por la caldera se puede encontrar la masa de combustible de la siguiente manera:

$$M_{COMB} = \frac{Q_{TOTAL}}{LHV} \quad (6)$$

$$M_{COMB} = \frac{1380,10}{45000}$$

$$M_{COMB} = 0,0306 \text{ [Kg/h]}$$

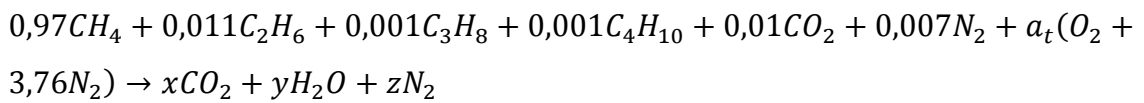
La relación de aire combustible requerida por la caldera se toma como el 20% de exceso para condiciones normales de combustión del Gas Natural.

### 4.2.1.3. Estequiometria de la combustión

La mini-caldera se diseñó para trabajar con gas natural, cuya composición química es la siguiente<sup>10</sup>:

Metano: 97%      Etano: 1,1%      Propano: 0,1%  
Butano: 0,1%      Nitrógeno: 0,7%      Dióxido de carbono: 1%

#### Balance estequiometrico

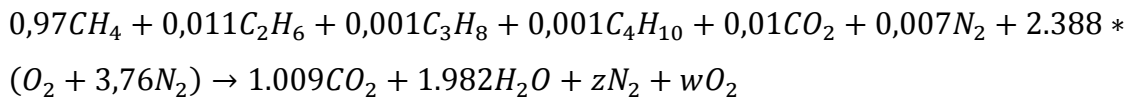


$$C: \quad x = 1,009 \quad H: \quad y = 1,982$$

$$O: \quad at = 1,99 \quad N_2: \quad z = 7,4894$$

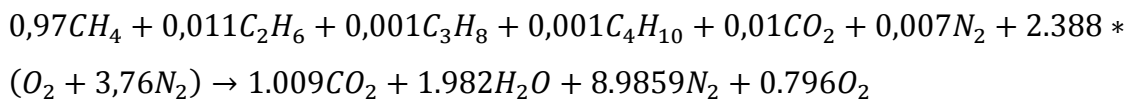
Balance estequiometrico con exceso de aire de 20%

$$a_t = 2.388$$



$$N_2: \quad z = 8,9859$$

$$O: \quad w = 0.796$$



#### Fracciones molares de los productos:

$$X_i = \frac{n_i}{n_t} \left( \frac{\text{numero de moles de cada producto}}{\text{numero de moles totales de los productos}} \right) \quad (7)$$

$$n_t = 12.773$$

---

<sup>10</sup> Los porcentajes molares son datos suministrados por la empresa METROGAS.

$$X_{CO_2} = 0.0790$$

$$X_{H_2O} = 0.1552$$

$$X_{N_2} = 0.0735$$

$$X_{O_2} = 0.0623$$

### Masa de los gases:

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustion}} = \frac{(N*M)_{aire}}{(N*M)_C + (N*M)_{H_2} + (N*M)_{N_2} + (N*M)_{O_2}} = \frac{329.640}{16.690} = 19.75 \quad (8)$$

$$m_{aire} = AC * m_{comb} = 0.604 \text{ Kg/h}$$

$$m_{gases} = m_{aire} + m_{comb}$$

$$m_{gases} = 0.6346 \text{ Kg/h}$$

#### 4.2.1.4. Temperatura de llama adiabática

En ausencia de cualquier interacción de trabajo y cambios cualesquiera en las energías cinética y potencial, la energía química liberada durante un proceso de combustión se pierde como calor hacia los alrededores o se usa internamente para elevar la temperatura de los productos de la combustión. Cuanta más pequeña es la pérdida de calor, tanto mayor resulta el aumento de temperatura. En el caso límite en que no haya pérdida de calor hacia los alrededores, la temperatura de los productos alcanzara un máximo, conocido como temperatura de llama adiabática.

$$Q - W = \sum_{productos} np * (h^0_f + h - h^0) - \sum_{reactivos} nr * (h^0_f + h - h^0) \quad (9)$$

Al hacer el balance energético de la combustión con  $Q=0$  y  $W=0$ , se obtiene que;

$$H_{reactivos} = H_{productos}$$

$$\sum_{\text{reactivos}} nr * (h_f^0 + h - h^0) = \sum_{\text{productos}} np * (h_f^0 + h - h^0) \quad (10)$$

Dónde:

$h_f^0$  = Entalpia de formación en el estado de referencia estándar

$h - h^0$  = Entalpia sensible relativa al estado de referencia estándar

$nr$  y  $np$  = Numero de moles del reactor r y el producto p, respectivamente, por mol de combustible.

Mediante cálculos de iteración en el programa Matlab obtenemos que el valor de la temperatura de llama adiabática. La cual nos da como resultado:

$$T_{\text{Llama adiabatica}} = 2030K$$

**4.2.1.5. Calculo del área de transferencia de calor** Para calcular el área de transferencia de calor, se estipula un área de transferencia de calor de  $10ft^2$  por cada BHP o  $33475 \frac{BTU/h}{ft^2}$ , es decir  $3347 \frac{BTU/h}{ft^2}$

Bajo esta consideración se tiene un área de transferencia de calor de:

$$A = \frac{Q_{\text{util}}}{Q_{\text{estipulado}}} = 0,3356 ft = 48,32in \quad (11)$$

$$A = N * \pi * \phi * L$$

Dónde:

A= área de transferencia de calor total =  $48,32in^2$

$\phi$ =diámetro de los tubos de los humos=  $1in$

L= longitud de los tubos=  $11.6397in$

N= número de los tubos

$$N = 1,32 \text{ tubos}$$

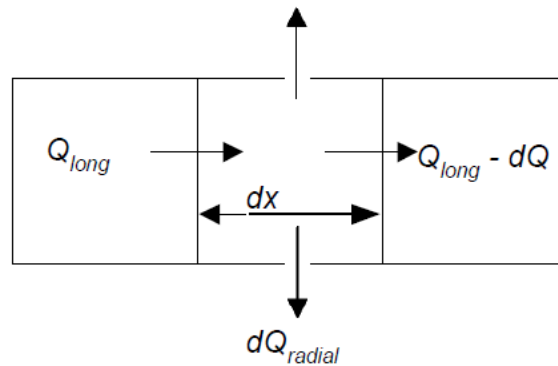
A continuación se realizará un análisis para corroborar esta consideración de área de transferencia de calor.

Para calcular el calor cedido de los gases de combustión se aplicaran las ecuaciones de transferencia de calor propuestas por Cengel, Yunus<sup>11</sup> y se harán las siguientes suposiciones:

- ✓ La temperatura de los gases a la salida de la cámara de combustión se asume igual a la temperatura de llama adiabática.
- ✓ La transferencia por radiación se realiza en dirección normal al flujo de gases.
- ✓ La temperatura se considera uniforme en planos perpendiculares al flujo.

Balance de energía: al tomar un diferencial ( $dx$ ) de un tubo de humos, tenemos:

Figura 37. Balance de energía en los tubos



Fuente: Yunus Cengel, Transferencia de calor

$$dQ_{long} = dQ_{radial} \quad \text{Calor cedido a través de las paredes}$$

---

<sup>11</sup> YUNUS A, Cengel. Transferencia de calor y masa. México: McGraw-Hill, 2004. Capítulo 11.

$$dQ_{long} = q_{radial} * dA \quad (12)$$

$$dQ_{radial} = q_{conveccion} + q_{radiacion} \quad (13)$$

$$q_{radiacion} = \left(\frac{\epsilon_s + 1}{2}\right) (\epsilon_g T_g^4 - \alpha_g T_s^4) \quad (14)$$

$\epsilon_s =$  Emisividad de la superficie

$T_g =$  Temperatura de los gases

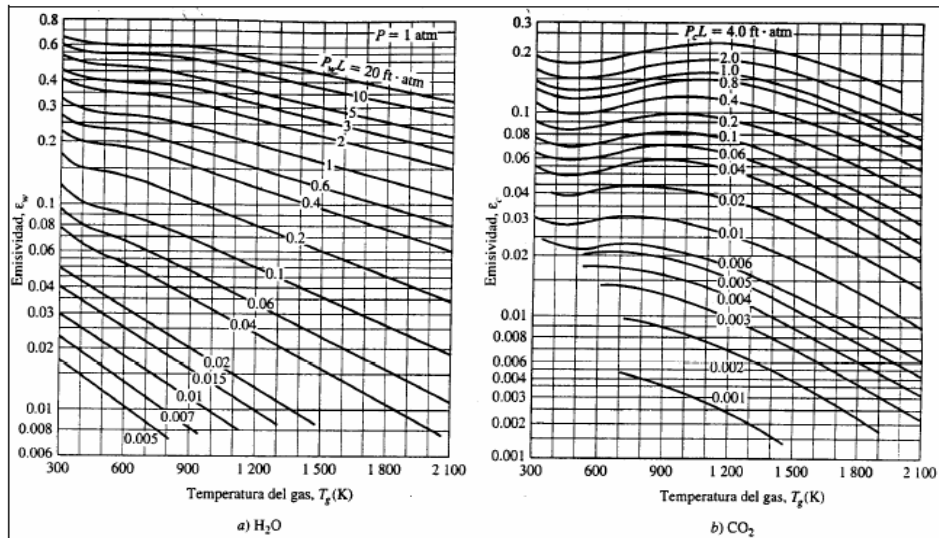
$\epsilon_g =$  Emisividad de los gases

$T_s =$  Temperatura superficial

$\alpha_g =$  Absortividad de los gases

Las anteriores propiedades, se determinan mediante un análisis de la figura 38<sup>12</sup>.

**Figura 38.** Emisividad de los gases H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> a 1atm



Fuente: CENGEL, Yunus. Transferencia de calor. McGraw-Hill 2004.

Fuente: Yunus Cengel, Transferencia de calor

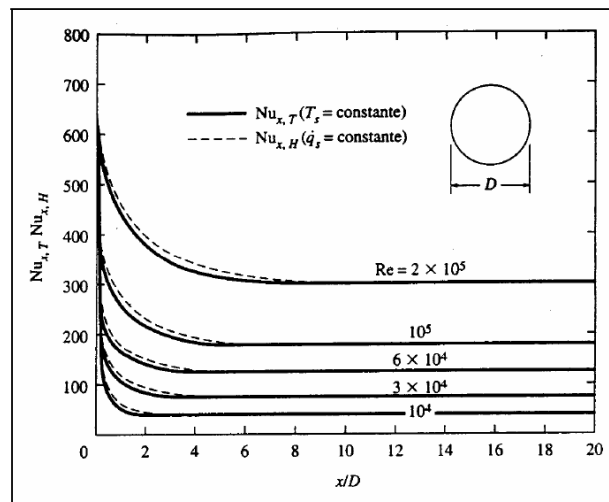
<sup>12</sup> Datos suministrados por el libro YUNUS A, Cengel. Transferencia de calor y masa. México: McGraw-Hill, 2004. Anexos.

$$q_{conveccion} = h_{gas}(T_{gas} - T_{sup}) \quad (15)$$

$h$  = coeficiente de transferencia de calor convectivo de los gases de combustión.

$$h = \left(\frac{Nu k}{D}\right) \quad (16) \quad Nu_u = f(Re Pr^{D/L}) \quad (17)$$

Figura 39. Variación del Número local de Nusselt a lo largo de un tubo en flujo turbulento



Fuente: CENGEL, Yunus. Transferencia de calor. McGraw-Hill 2004.

Fuente: Yunus Cengel, Transferencia de calor

Entonces:

$$q_{radial} = q = \left(\frac{\epsilon_s + 1}{2}\right) \sigma (\epsilon_g T_g^4 - \alpha_g T_s^4) + h_{gas}(T_g - T_s) \quad (18)$$

$$dQ_{long} = m_g C_{p_{gases}} dT$$

$$m_g C_{p_{gases}} dT = q_{radial} * dA$$

$$m_g C_{p_{gases}} dT = q(2\pi r dx)$$

$$\int_0^L dx = \int_{T_{g1}}^{T_{g2}} \frac{m_g C_p dt}{2\pi r q}$$

$$L = - \left( \frac{m C_p (T_{g2} - T_{g1})}{2 \pi r q} \right) \quad (19)$$

$T_{g2} - T_{g1}$  = Cambio de temperatura de los gases en un diferencial dx

$r$  = Radio de los tubos de humos

La ecuación anterior relaciona la longitud de los tubos de los humos, con un cambio de temperatura de los gases al pasar a través de los mismos, ocasionando por la transferencia de calor en la dirección radial hacia el agua.

Calor recibido por el agua:

$$q = \mu_l h_{fg} \left[ \frac{g(\rho_l - \rho_v)}{\sigma} \right]^{1/2} \left[ \frac{C_p (T_s - T_{sat})}{C_{sf} h_{fg} Pr_l^n} \right]^3 \quad (20)$$

Las propiedades del agua son a temperatura de saturación de 127°C (400K) Y 35psi<sup>13</sup>.

Tabla 2. Propiedades del agua a Temperatura de saturación de 400K

Nomenclatura	Propiedades	Cantidad
$q$	Flujo de calor por unidad de área	
$\mu_l$	Viscosidad del liquido	$0.217 * 10^{-3} N m / s^2$
$h_{fg}$	Entalpia de vaporización	$2183 \text{ kJ} / \text{kg}$
$g$	Gravedad	$9.81 m / s^2$
$\rho_l$	Densidad del liquido	$937.2 \text{ kg} / \text{m}^3$

<sup>13</sup> Tabla suministrada por el libro Frank Incropera pág. 846

$\rho_v$	Densidad del vapor	$1.368 \text{ kg}/\text{m}^3$
$\sigma$	Tensión superficial	$53.6 * 10^{-3} \text{ N}/\text{m}$
$C_{p_l}$	Calor específico del líquido	$4.256 \text{ kJ}/\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}$
$T_s$	Temperatura superficial	
$T_{sat}$	Temperatura de saturación	$127^\circ\text{C}$
$C_{sf}$	Constante experimental superficial del fluido	0.013
$P_r$	Numero de Prandtl del líquido	1.34
$n$	Constante experimental del fluido	1

### Procedimiento:

- Se supone como  $T_{g1}$  = temperatura de llama adiabática y se supone una temperatura de superficie  $T_s$
- Con la ecuación 18 se halla el calor  $q$ , y se comprueba con la ecuación 20 hasta obtener la  $T_s$  correcta.
- Una vez verificados los valores correctos de  $T_s$  y  $q$ , se determina la longitud del tubo con la ecuación 19.
- Se prosigue con otra temperatura  $T_g$  y se realiza el mismo procedimiento hasta que se obtenga la longitud de los tubos de aproximadamente 30cm.
- Teniendo todos los valores de los calores. Se saca una medida y se comprueba la suposición aproximada de los  $3344 \text{ BTU}/\text{H}$  por cada  $\text{ft}^2$ .

Tabla 3. Longitud de los tubos

Temperatura del gas (K)	Temperatura de superficie(K)	q_radial (W/m2)	Longitud de tubos (m)	Calor (W)
2030	451,4	45879	0	0
1971	449,699	41762	0,0092	27,13072314
1917	448,52	38265	0,0091	24,99185042

<b>1867</b>	447,19	35653	0,0091	23,01736437
<b>1821</b>	446,01	33018	0,009	21,1209146
<b>1778</b>	445,022	30703	0,009	19,80840564
<b>1738</b>	443,9	28675	0,009	18,38598843
<b>1701</b>	442,91	26902	0,009	17,18913874
<b>1666</b>	442,029	25307	0,009	16,17057044
<b>1633</b>	441,21	23876	0,00901	15,27822836
<b>1344</b>	434,29	13960	0,13	128,9803107
				<b>312,0734948</b>

El resultado del calor cedido por los tubos da un promedio de 312,073 W para una longitud de 13cm lo cual resulta un valor de 1123,4628 KJ/h, este resultado se acerca al valor calculado en el diseño de la caldera, indicando un valor acertado para el diseño.

#### 4.2.2. Diseño Mecánico

En el diseño de la mini-caldera el dimensionamiento de los elementos mecánicos debe realizarse de manera correcta (teniendo en cuenta normas) ya que este diseño garantiza las condiciones del diseño térmicos.

Los elementos mecánicos a diseñar son los siguientes:

- ✓ Casco
- ✓ Tubos
- ✓ Placa para tubos
- ✓ Bridas

Los cálculos del diseño mecánico se realizaron en base a la sección V del código ASME. La cual hace referencia a las especificaciones técnicas de mini calderas.

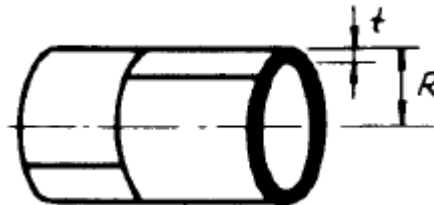
El requerimiento para considerar una caldera como mini caldera es que no debe exceder:

- ✓ Diámetro de casco 16in
- ✓ Superficie de transferencia de calor 20ft<sup>2</sup>

- ✓ Presión de operación 100 psig
- ✓ Volumen neto de 5 cu ft

#### 4.2.2.1. Cálculo del espesor del cuerpo de la caldera

Figura 40. Espesor del cuerpo de la caldera



Radio y espesor de la tubería seleccionada para el casco.

$$t = \frac{P \cdot R}{SE + 0.4 \cdot P} \quad (21)$$

Donde  $t$ , es el espesor de pared, in

$P$ , es la presión de diseño o presión máxima permitida de trabajo, lb/in<sup>2</sup>

$R$ , es el radio exterior, in

$S$ , es el valor de esfuerzo del material, lb/in<sup>2</sup>

$E$ , es la eficiencia de la junta

$$P = 35 \text{ lb/in}^2 \quad R = 25 \text{ cm} = 4.921 \text{ in}$$

$E = 0.6$  (Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo)

$S = 14100 \text{ lb/in}^2$  (Acero inoxidable SAE 240)

$$t = 0.0203 \text{ in} = 0.0516 \text{ cm} = 0.516 \text{ mm}$$

Este valor de espesor corresponde a una lámina de acero SAE 240 calibre 26.

Vapor de agua	Los recipientes con espesor mínimo requerido menor de 1/4 de pulgada que hayan de usarse para vapor de agua deberán tener un margen por corrosión no menor de 1/6 del espesor de placa calculado. Espesor mínimo, de cascos y cabezas, 3/32 de pulg.	UCS - 25  UG-16 (b) (6)
---------------	---	-------------------------------

Siguiendo las normas estipuladas por el código ASME de diseño de calderas se debe trabajar con un espesor mínimo de 3/32in, por lo cual se diseña la caldera para un espesor de 3mm para casco y 6mm para bridas.

#### 4.2.2.2. Cálculo del espesor de los tubos de la caldera

Los tubos son de material acero inoxidable con un diámetro de 1in según la sección IV en la tabla HG-315 el espesor mínimo de los tubos debe ser de 0,095in. Por corrosión se adopta un espesor de tubo de 0,11in. A continuación comprobamos la presión en los tubos.

$$t = 0,11in$$

$$\frac{L}{D_o} = \frac{11,7}{0,89} = 13,146 \quad (23)$$

$$\frac{D_o}{t} = 8,09$$

De la figura HG 312.1 de las normas ASME se obtiene el valor de B=12000, para realizar el cálculo de la presión:

$$P_a = \frac{B}{D_o/t} = 1483psi \quad (24)$$

Este valor de presión supera el valor de la presión a trabajar, lo cual nos indica que este espesor de tubos trabaja correctamente para la caldera planteada.

#### 4.2.2.3. Placa porta tubos

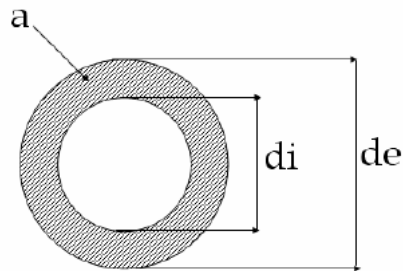
La placa porta tubos debe tener un espesor mínimo según la norma de 5/16in y teniendo en cuenta un espesor por criterios de corrosión de 1/8in, se tendrá entonces un espesor de 7/16in. Por lo cual se trabaja con una placa de espesor de 1/2 in.

### Diseño de la placa porta-tubos

Para comprobar que la placa mencionada anteriormente cumpla con los criterios de presión, se deben realizar los siguientes cálculos:

- Área transversal del tubo (a)
- Área transversal interna del casco (A)
- Área transversal de los agujeros de la placa porta-tubos (C)
- Área transversal del casco (B)

Figura 41. Sección transversal de la tubería seleccionada



Fuente: Megyesy, diseño de recipientes a presión

Donde  $d_e = 25,5778mm$  y  $d_i = 22,6060mm$

$$a = \frac{\pi * d_e^2}{4} = 0,7964in^2$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = 78,54in^2$$

Donde de  $D = 10in$

$$C = \frac{\pi * d_e^2}{4} * n = 5,5748 in^2 \quad (25)$$

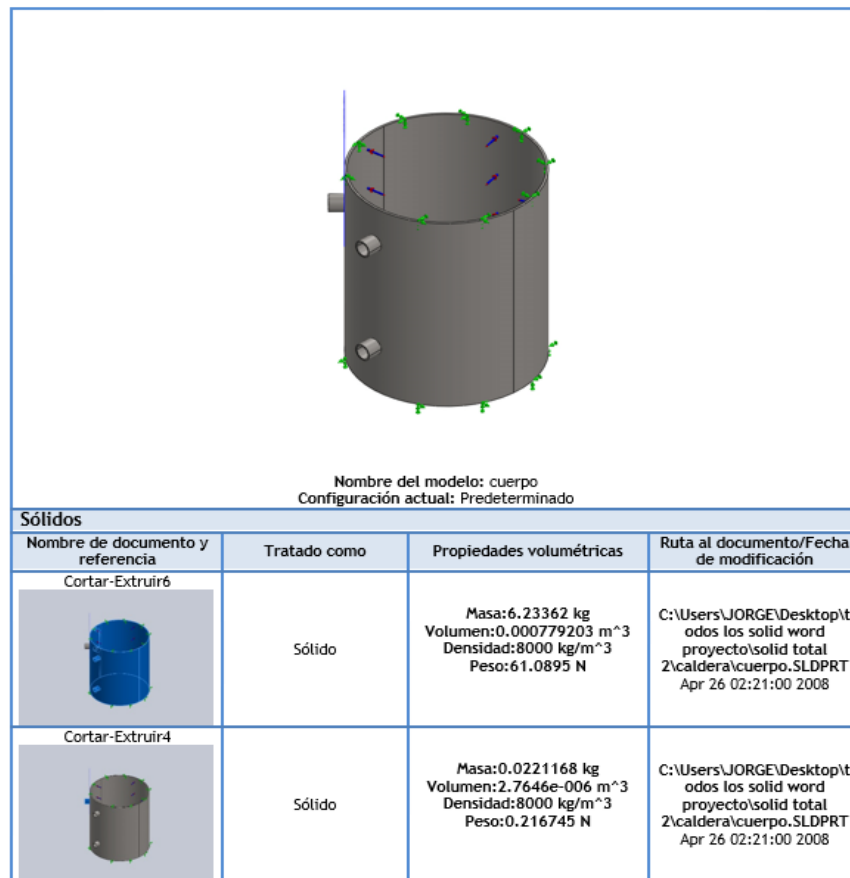
Donde de  $n = 7$  tubos

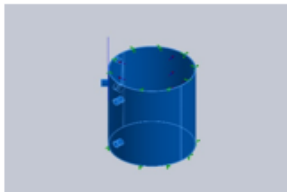
$$B = \pi * (D + t) * t = 3,976 \text{ in}^2 \quad (26)$$

Donde de  $t = \frac{1}{8} \text{ in}$ , *espesor del casco*

#### 4.2.2.4. Simulación del cuerpo de la caldera

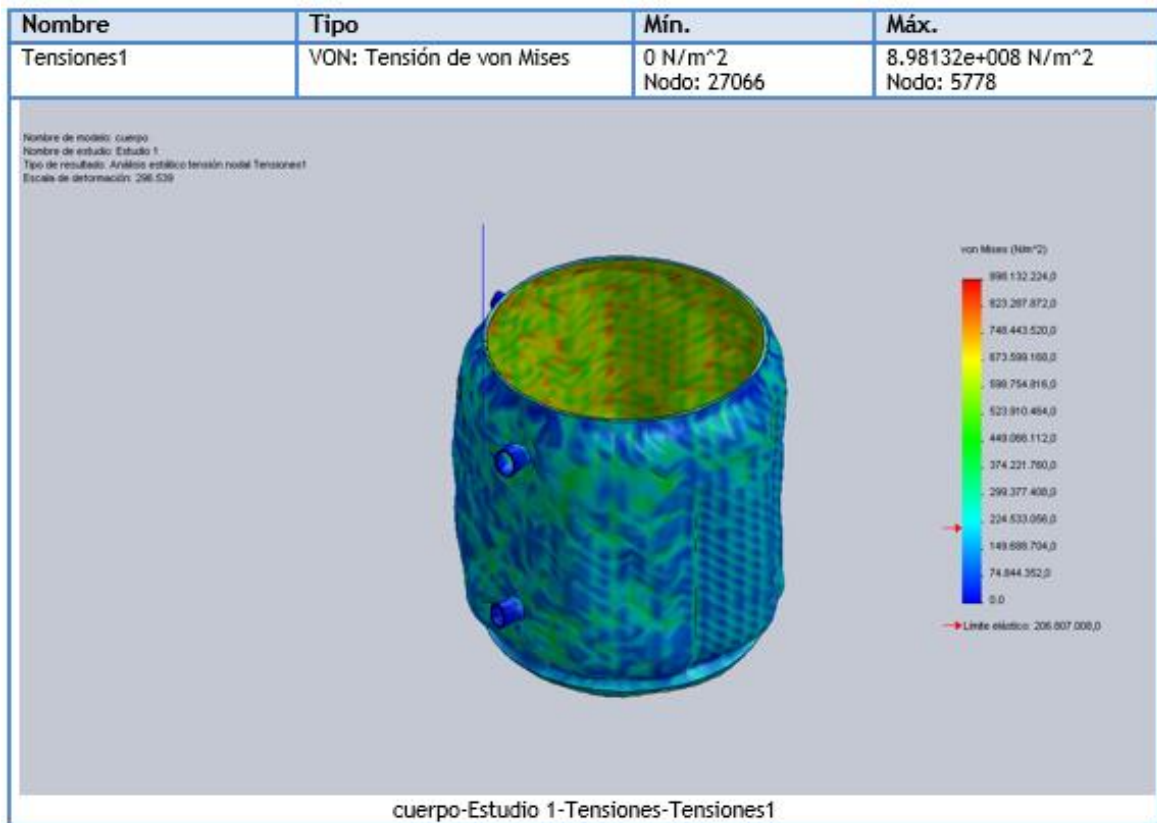
Figura 42. Carga estática en Solidworks



Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<b>Nombre:</b> AISI 304 <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal <b>Criterio de error predeterminado:</b> Desconocido <b>Límite elástico:</b> 2.06807e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Límite de tracción:</b> 5.17017e+008 N/m <sup>2</sup> <b>Módulo elástico:</b> 1.9e+011 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.29 <b>Densidad:</b> 8000 kg/m <sup>3</sup> <b>Módulo cortante:</b> 7.5e+010 N/m <sup>2</sup> <b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 1.8e-005 /Kelvin	Sólido 1(Cortar-Extruir6)(cuerpo), Sólido 2(Cortar-Extruir4)(cuerpo)
Datos de curva: N/A		

Se realizó un análisis estático sobre la estructura con el propósito de verificar que no presente ninguna falla cuando se esté realizando el trabajo.

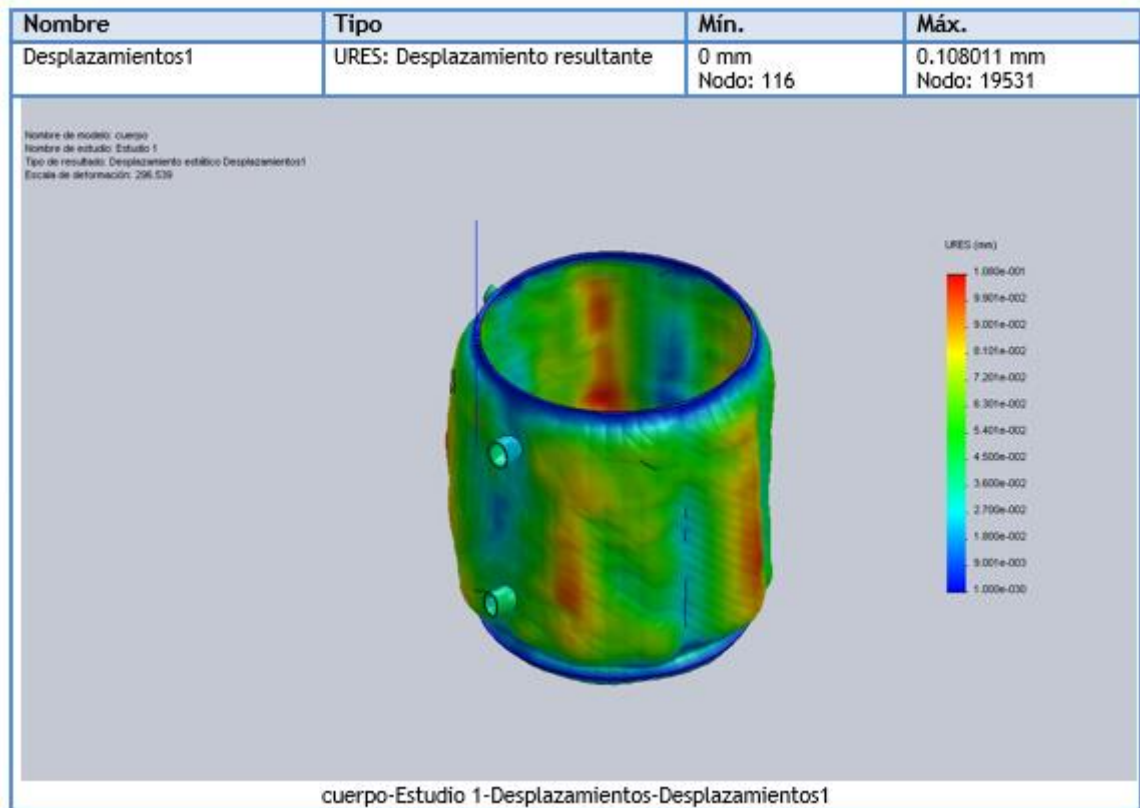
Figura 43. Análisis de Tensión de Von Mises



Analizando los resultados de la figura 43 se puede concluir que la caldera no va a fallar bajo el efecto de las cargas a las que va a estar sometido, el valor máximo que soporta

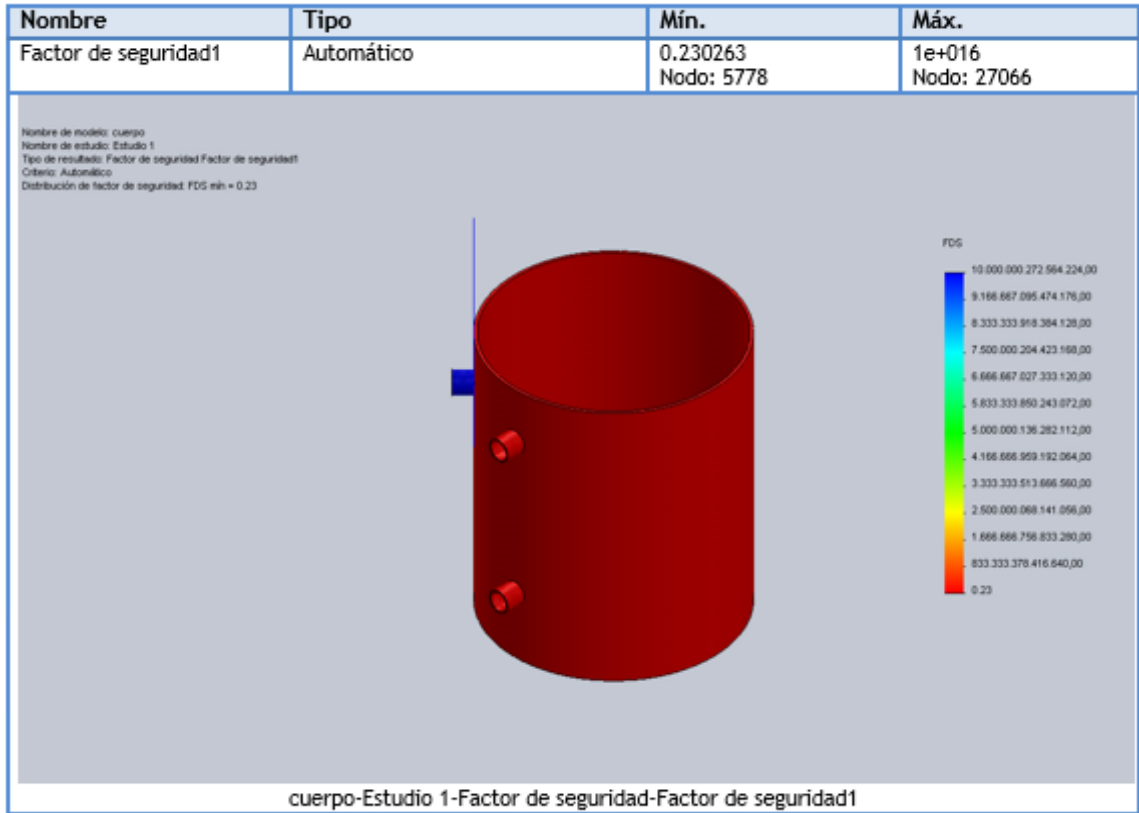
la pieza según este análisis es de 898,132 (Mpa) y el que puede resistir la pieza es de 523,910 (Mpa).

Figura 44. Análisis de Desplazamientos



Analizando los resultados de desplazamiento figura 44 que presenta el casco de la caldera con la carga que se aplica sobre el mismo, se observa que el máximo desplazamiento es de 0,108 (mm) siendo este un valor que no representa peligro para la operación del sistema, lo cual garantiza que la caldera va operar correctamente.

Figura 45. Análisis del factor de seguridad



Observando los resultados de factor de seguridad figura 45 se encuentra que el valor máximo de factor de seguridad es  $1 \cdot 10^6$  y el valor mínimo es 0.23 el cual garantiza que la caldera soporta la carga que se le impone.

### 4.3. Diseño del Sistema de Refrigeración

Para la selección del sistema de refrigeración es necesario conocer la potencia requerida por el compresor, de esta manera es como se llega a la selección.

Propiedades físicas del cuero<sup>14</sup>  $C_p$ .

$$Q = C_p * m * \Delta T \quad (27)$$

Donde,  $C_p$  = calor específico del material (cuero),  $C_p = 0.357 \text{ KCal}/\text{Kg} * ^\circ\text{C}$

$m$  = masa en Kg de cada suela,  $m = 0.1\text{Kg}$

$\Delta T$  = temperatura extraída por el refrigerador,  $\Delta T = 60^\circ\text{C}$

Tenemos que el calor es  $Q = 2.1420 \text{ KCal}$  o  $Q = 8.9745 \text{ KJ}$

Este valor es el calor que se debe extraer para una sola suela, pero debido a que se va a trabajar en un cuarto frío de dimensiones internas 70\*46\*75 cm, las suelas que ocupan este volumen corresponden a 50, por lo tanto el calor total será:

$$Q = 448.7250 \text{ KJ}$$

$$Q = 0.1246 \text{ KWatios} = 0.1686 \text{ HP}$$

Teniendo en cuenta un factor de seguridad de 1.1 la unidad que debemos escoger será de 1/5 HP de potencia.

---

<sup>14</sup> Sapiensman. Propiedades del cuero <[http://www.sapiensman.com/conversion\\_tables/peso\\_especifico.htm](http://www.sapiensman.com/conversion_tables/peso_especifico.htm)> [Citado en 10 de Febrero de 2015]

#### 4.4. Diseño del Sistema de Calentamiento

Este diseño consta de dos secciones importantes, las cuales son el calentamiento de las hormas por medio de las resistencias eléctricas y el sistema de expansión del material por medio de un mecanismo neumático.

##### 4.4.1. Calculo de las resistencias

La resistencia de un conductor depende de la longitud ( $l$ ), de su sección transversal ( $s$ ) y del material con el que está fabricado, mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho l}{s} (\Omega) \quad (28)$$

Tabla 4. Resistividad térmica de algunos materiales

Material	Resistividad ( $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ ) a 20° C
Aluminio	0,028
Carbón	40,0
Cobre	0,0172
Constatan	0,489
Nicromo	1,5
Plata	0,0159
Platino	0,111
Plomo	0,205
Tungsteno	0,0549

Fuente: Yunus Cengel, Transferencia de calor

$$l = 0,105m$$

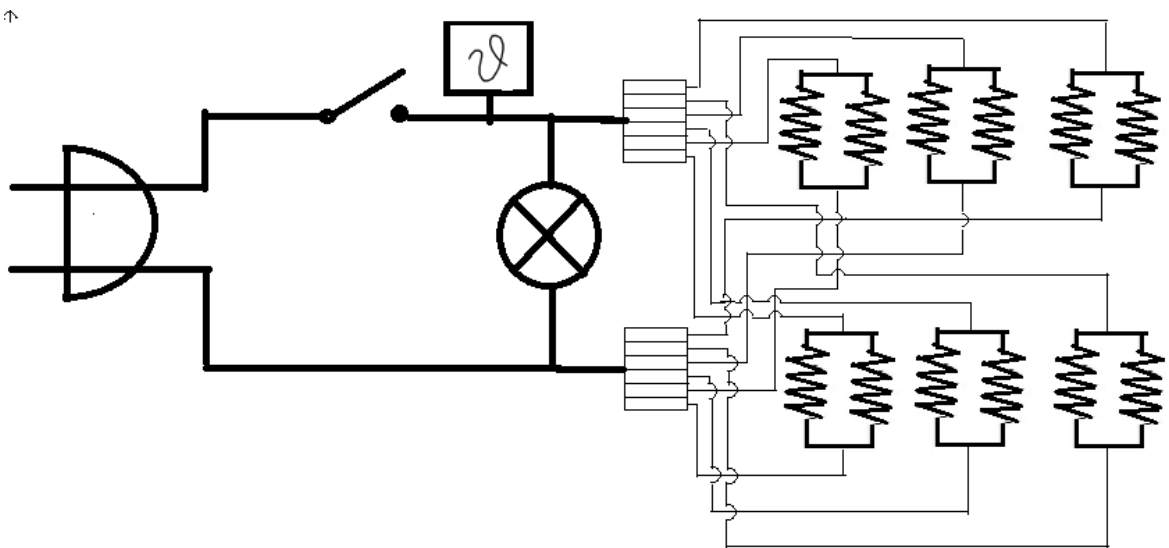
$$s = \pi * r^2 = \pi * 5,556^2 = 30,869mm^2$$

$$\rho = 0,028 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

$$R = 200 \Omega$$

En la gráfica 41 se observa la conexión eléctrica del sistema de resistencias, la simbología se puede consultar en el ANEXO L. de la gráfica 46 se observan dos grupos de 6 resistencias cada una, conectadas en paralelo.

Figura 46. Esquema de eléctrico del sistema de resistencias



#### 4.4.2. Calculo de la fuerza del cilindro neumático

La fuerza desarrollada por un cilindro es funcional del diámetro del pistón (embolo), de la presión del aire de alimentación y de la resistencia producida por el rozamiento.

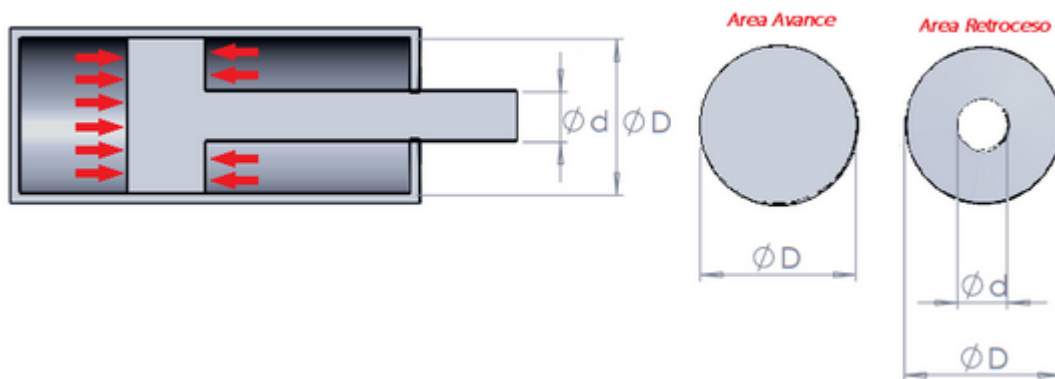
Entonces la fuerza teórica, sin considerar el rozamiento, se calcula por la siguiente expresión:

$$F_{Teorica} = Area * Presion$$

Siendo,  $F_{Teorica}$  la fuerza teórica del embolo. *Area* El área del embolo, que también se puede calcular a partir del diámetro interno del cilindro. *Presion* La presión del aire comprimido (bar).

Ahora bien, el área efectiva de un cilindro depende de si es considerada en avance o retroceso, dada que en retroceso tenemos que desconectar el diámetro del vástago, como se muestra en la Figura 47.

Figura 47. Fuerzas en cilindros neumáticos



Fuente: Catalogo Cilindros Compactos

Datos de entrada para un cilindro CU 32015<sup>15</sup> (ver ANEXO C)

$$D_{cilindro} = 32mm$$

$$D_{vastago} = 10mm$$

$$P = 110[psi] = 7,584[bar]$$

Estos datos son suministrados por la tabla de datos del cilindro SERIE CU, el cual se selecciona por el desplazamiento del cilindro que corresponde a 1cm.

<sup>15</sup> CILINDROS COMPACTOS NORMA UNITOP RU-P7, PAGINA 1

En el caso del avance, se calcula el área del cilindro siendo esta una circunferencia, mientras que para el retroceso, el área es el de una corona circular.

Entonces, el cálculo del área efectiva puede realizarse mediante las siguientes formulas:

$$Area_{avance} = \pi * \frac{D^2_{cilindro}}{4} = 804,2477mm^2$$

$$Area_{retroceso} = \pi * \frac{D^2_{cilindro} - d^2_{vastago}}{4} = 725,7079mm^2$$

Por lo tanto, si aplicamos esto a la fórmula de fuerza, se obtiene:

$$F_{avance}[N] = \pi * \frac{D^2_{cilindro}}{4} [mm^2] * \frac{P[bar]}{10} = 609,9415N$$

$$F_{retroceso}[N] = \pi * \frac{D^2_{cilindro} - d^2_{vastago}}{4} [mm^2] * \frac{P[bar]}{10} = 550,3768N$$

Teniendo en cuenta que:

$$1bar = 0,1 \frac{N}{mm^2}$$

$$1kgf = 9,81N$$

Por último, para determinar la fuerza real, hay que tener en cuenta los rozamientos. Para presiones que oscilan entre los 4 y 8 bar las fuerzas de rozamiento suelen representar entre un 5% y un 10% de la fuerza calculada.

$$F_{avance}[N] = 670,9356N$$

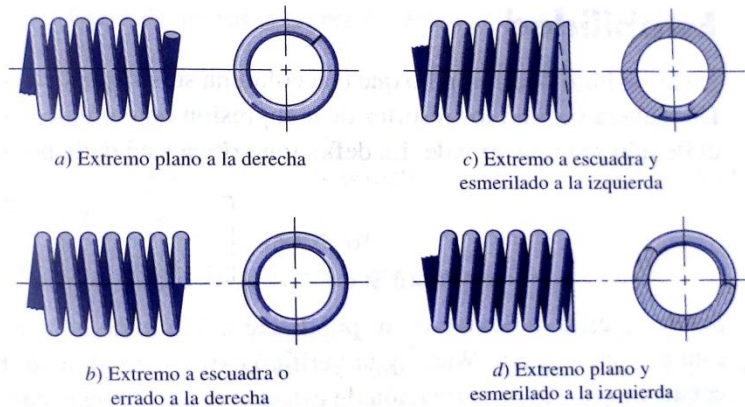
$$F_{retroceso}[N] = 605,4145N$$

#### 4.4.3. Diseño de Resortes de compresión

Los cuatro tipos de extremos que suelen utilizarse en los resortes de compresión se ilustran en la Figura 48. Un resorte con extremos planos

tiene un helicoide continuo; los extremos son iguales, como si un resorte largo se hubiera cortado en secciones.

Figura 48. Tipos de extremos de resortes de compresión



Fuente: Shigley, Diseño en Ingeniería mecánica

En la tabla 4 se muestra como el tipo de extremo afecta el número de espiras y la longitud del resorte.

Tabla 5. Fórmulas para calcular las dimensiones de resortes de compresión

Término	Tipo de extremos de resortes			
	Plano	Plano y esmerilado	A escuadra y cerrado	A escuadra y esmerilado
Espiras de extremo, $N_e$	0	1	2	2
Espiras totales, $N_t$	$N_o$	$N_o + 1$	$N_o + 2$	$N_o + 2$
Longitud libre, $l_0$	$pN_o + d$	$p(N_o + 1)$	$pN_o + 3d$	$pN_o + 2d$
Longitud sólida, $L_s$	$d(N_t + 1)$	$dN_t$	$d(N_t + 1)$	$dN_t$
Paso, $p$	$(l_0 - d)/N_o$	$l_0/(N_o + 1)$	$(l_0 - 3d)/N_o$	$(l_0 - 2d)/N_o$

Fuente: Shigley, Diseño en Ingeniería mecánica

Para la construcción del sistema necesitamos realizar el diseño de tres resortes, con las siguientes características:

**Resorte 1:** resorte helicoidal de compresión fabricado en acero inoxidable, el diámetro exterior del resorte es de 12,5 mm, el diámetro del alambre es de 1mm, los extremos están a escuadra y tiene un total de 9 vueltas.

La razón del resorte o también llamada la escala del resorte, es:

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N a} \left[ \frac{\text{lb}f}{\text{in}} \right]$$

Dónde:  $d$ , es el diámetro del alambre = 1mm = 0,03937in

$G$ , es el esfuerzo de torsion = 10Mpsi <sup>16</sup>

$D$ , es el diámetro exterior = 0,4921in

$N a$ , es el numero de espiras activas = 7, valor calculado de la tabla 4.

$$k = 3,59 \left[ \frac{\text{lb}f}{\text{in}} \right]$$

**Resorte 2:** resorte helicoidal de compresión fabricado en acero al carbono templado, el diámetro exterior del resorte es de 9 mm, el diámetro del alambre es de 1mm, los extremos están a escuadra y tiene un total de 6 vueltas.

La razón del resorte o también llamada la escala del resorte, es:

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N a} \left[ \frac{\text{lb}f}{\text{in}} \right]$$

Dónde:  $d$ , es el diámetro del alambre = 1mm = 0,03937in

$G$ , es el esfuerzo de torsion = 11,2Mpsi <sup>17</sup>

$D$ , es el diámetro exterior = 0,3943in

$N a$ , es el numero de espiras activas = 4, valor calculado de la tabla 4.

---

<sup>16</sup>SHIGLEY. Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición: Tabla 10-5. Pág. 508

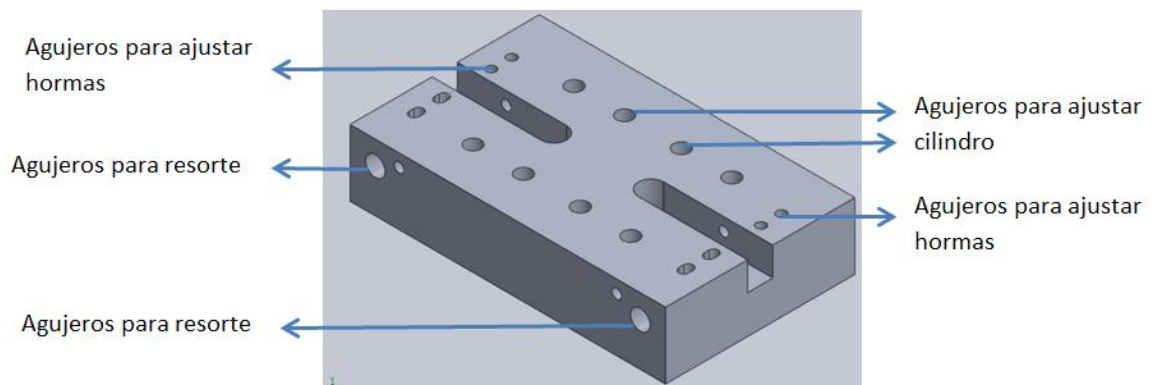
<sup>17</sup> Tabla 10-5 Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición pág. 508.

$$k = 13,72 \left[ \frac{lbf}{in} \right]$$

**Resorte 3:** resorte de extensión: estos resortes difieren de los de compresión en que soportan cargas de tensión, requieren algunos medios para transferir la carga desde el soporte hasta el cuerpo del resorte

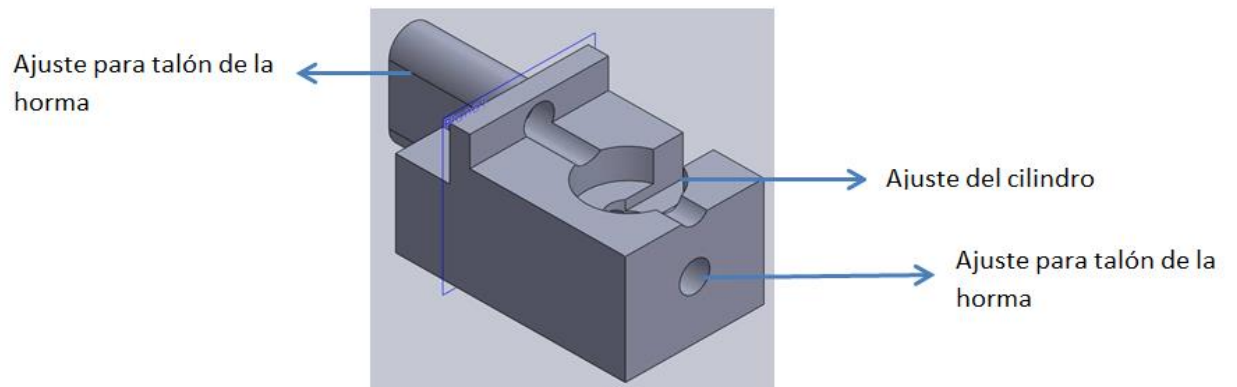
#### 4.4.4. Diseño de las placas de aluminio

Figura 49. Placa soporte de cilindros y hormas



En el figura 49 se muestra el diseño planteado de la forma más precisa y practica para realizar el montaje de las hormas y de los cilindros neumáticos.

Figura 50. Placa de ajuste de hormas



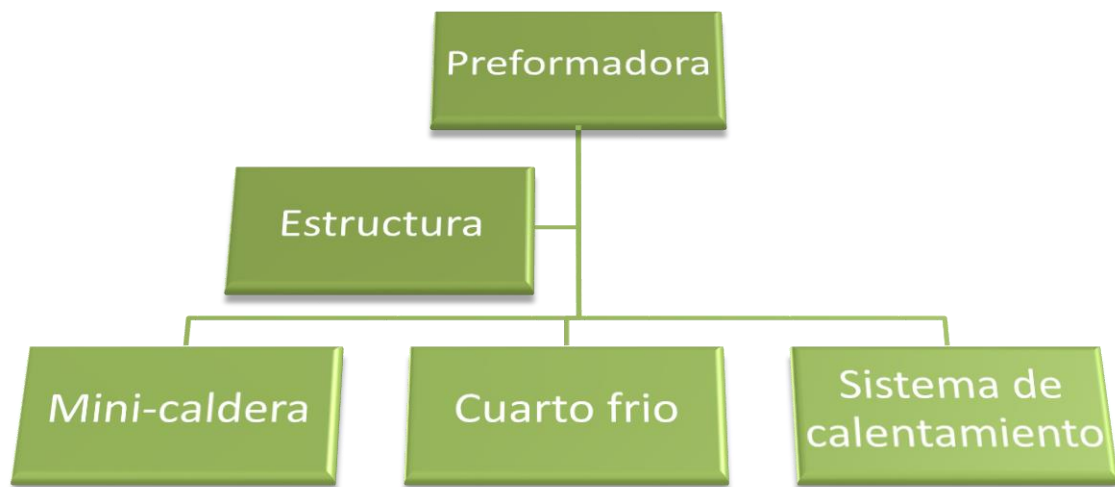
En el figura 50 se observa el diseño del bloque encargado de ajustar y sostener el talón de la horma, con el resto de la horma para así realizar el proceso de estiramiento.

## 5. PROCESO DE CONSTRUCCION DE LA PREFORMADORA

En este capítulo se evidencia el proceso completo de la construcción de la máquina, teniendo en cuenta la respectiva normatividad para cada elemento fabricado.

Tenemos en cuenta que la construcción se realiza mediante las siguientes etapas:

Figura 51. Etapas del proceso de construcción



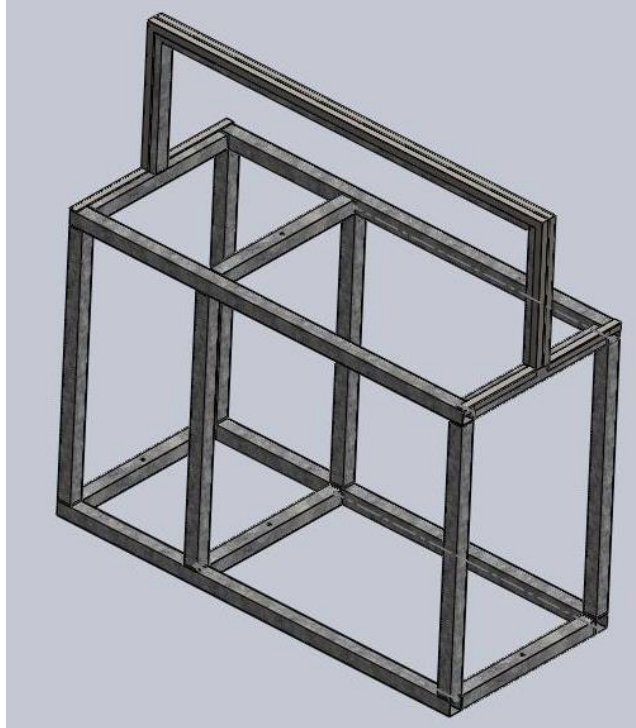
### 5.1. Construcción de la estructura metálica

Para iniciar con el proceso de construcción se define primordialmente el tamaño de la máquina. Ésta se define por disponibilidad de espacio, por espacios para operarios y conexiones necesarias de agua, gas y corriente.

Bajo las anteriores necesidades se define una estructura de dimensiones:

- ✓ Largo  $L = 121,5 \text{ cm}$
- ✓ Alto  $A = 83 \text{ cm}$
- ✓ Ancho  $w = 54 \text{ cm}$

Figura 52. Estructura metálica



#### **5.1.1. Selección del tipo de material por resistencia al peso**

Según el estudio realizado anteriormente, se especifica un material de acero galvanizado para realizar la estructura, este material cumple con los requerimientos de fuerza ejercidos sobre la estructura. Para realizar esta construcción se disponen de 3 perfiles cuadrados de 4x4cm, cada perfil tiene una longitud de 6m.

#### **5.1.2. Tipo de unión**

Se realiza una unión de soldadura por arco. En este procedimiento las piezas se unen al provocarse un arco eléctrico entre ellas y un electrodo revestido que constituye el metal de aportación. El electrodo está sujeto a una pinza que sujeta el soldador, es el polo negativo y el polo positivo

son las piezas que se quieren unir. Para garantizar una buena soldadura se debe tener en cuenta:

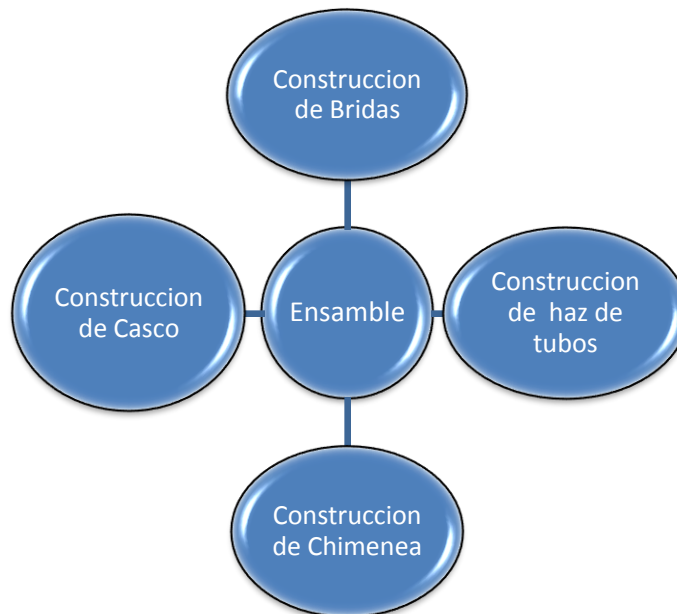
- a. El diámetro del electrodo: electrodo 6013 de 3/32 in
- b. Distancia del electrodo a las piezas para unir (3mm)
- c. Velocidad de avance del electrodo (depende de la habilidad del soldador)
- d. Temperatura del procesos: de 3000 a 4000°C

Finalmente a la estructura se le aplica una capa de pintura anticorrosiva para evitar que se presentes problemas con oxidación, que puedan debilitar el material con el paso del tiempo.

## 5.2. Construcción de la Mini-Caldera

Para iniciar con el proceso de construcción se debe definir como primera medida el material a utilizar.

Figura 53. Construcción de la caldera



### 5.2.1. Selección de materiales

Tabla 6. Especificaciones de partes y materiales de la caldera

ELEMENTO	MATERIAL	ESPECIFICACION DE DISEÑO
<b>Tapa soporte de tubos</b>	Acero Austenítico AISI 304	Diámetro de 34cm y espesor de 6.35mm, diámetro de sobresaliente de 25.12cm y espesor de 4mm, 12 agujeros pasantes de 10mm de diámetro, 7 agujeros abocardados de 6,33mm de diámetro.
<b>Tubos</b>	Acero inoxidable	Diámetro de 1" (2,54cm), longitud 30cm, sh40, 7 unidades.
<b>Empaque</b>	Caucho	Diámetro externo de 34cm, diámetro interno de 25.16cm, calibre 1/8", 12 agujeros pasantes de 10mm de diámetro.
<b>Brida</b>	Acero Austenítico AISI 304	Diámetro externo de 25.16cm, diámetro interno de 20cm, calibre 1/8", 12 agujeros pasantes de 10mm de diámetro, 2 unidades.
<b>Casco</b>	Acero Austenítico AISI 304	Diámetro de 28.5cm, longitud 30cm, calibre 1/8"
<b>Base de tubos</b>	Acero Austenítico AISI 304	Diámetro exterior de 25.12cm, 7 agujeros pasantes de 6,33mm de diámetro.
<b>Brida tapa superior</b>	Acero Austenítico AISI 304	Diámetro externo de 34cm, diámetro interno de 20cm, calibre 1/8", 12 agujeros pasantes de 10mm de diámetro.
<b>Empaque</b>	Caucho	Diámetro externo de 25.16cm, diámetro interno de 20cm, calibre 1/8".
<b>Tornillos hexagonales</b>	Acero Grado 8	12 tornillos de 1 in de longitud.
<b>Fogón – Soplete</b>		Requiere tubo de alimentación de gas

La selección de materiales se hace bajo la especificación técnica para los elementos seleccionados<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Normas ASME Sección II, Tipo de material para calderas.

### **5.2.2. Proceso de Construcción**

Para la construcción de la caldera se divide el proceso en dos etapas, la primera es el corte y maquinado de las partes y la segunda es el ensamble de las partes.

Se inicia la primera etapa con un corte parcial de las bridas: el proceso es realizado por la empresa Compañía General de Aceros S.A.; solo se realiza el corte en forma circular con medida del diámetro exterior de cada una. También se corta en forma rectangular la lámina del casco.

En la segunda etapa se inicia el proceso de mecanizado realizado por la empresa Metalizadora del Oriente, se realiza el corte interno de las bridas, el taladrado para tornillos de ajuste y rectificación. Para la lámina del casco se realiza el doblado para realizar la forma cilíndrica que requiere el casco, la unión se realiza mediante soldadura tipo 1<sup>19</sup> teniendo en cuenta las respectivas normas de construcción.

---

<sup>19</sup> NORMA UW-12 Tipo 1.Soldadura.

Figura 54. Proceso de mecanizado



Figura 55. Proceso de taladrado



Figura 56. Bridas taladradas



Figura 57. Casco doblado y soldado



Finalmente se realiza el proceso de ensamble de las partes indicadas anteriormente, para así darle funcionamiento a la caldera.

Se inicia con la unión por medio de soldadura<sup>20</sup> de los tubos a las bridas de soporte y de base de éstos, tal como se muestra en la Figura 58. Luego se procede a soldar las bridas al casco, teniendo en cuenta las normatividad de soldadura para calderas. Posteriormente se realiza un ensamble de los tubos con el casco.

Figura 58. Tubos de combustión



---

<sup>20</sup> Norma UW-12 Tipo 3. Soldadura para calderas.

Figura 59. Casco y bridas



Figura 60. Ensamble de caldera



Para evitar que se presenten fugas de vapor en el proceso, que puedan generar daños en el equipo, se disponen de empaques de asbesto que son instalados en la parte superior e inferior de la caldera. Estos empaques no solo evitan fugas de vapor, sino también posibles fugas de agua depositada en la caldera.

Al casco se le realiza un proceso de perforado y roscado en la parte lateral, para instalar la tubería de la cual se realizaran las conexiones al sistema de control de la caldera, como se muestra en la figura 61.

Figura 61. Caldera con tubería de control



### **5.2.3. Recubrimiento de la caldera:**

Para la construcción de la caldera es fundamental recubrirla con un aislamiento térmico, la cual tendrá la función de minimizar al máximo las pérdidas de calor a través de las paredes de la caldera. Para realizar este proceso se trabaja con lana mineral, realizando una cobertura total de las paredes del casco de la caldera.

Finalmente se recubre con una lámina de acero inoxidable para evitar el contacto directo del operario con la lana mineral y para fijar la lana en las paredes. Este recubrimiento es necesario para evitar accidentes en el área de operación de la máquina.

Figura 62. Caldera recubierta con lana mineral

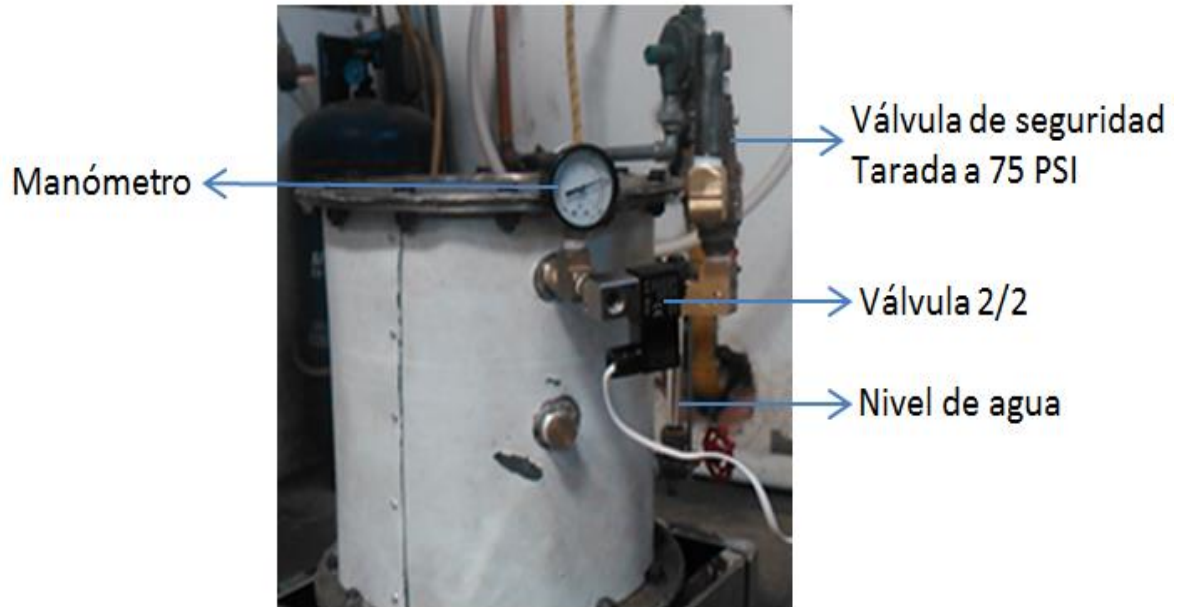


Figura 63. Caldera cubierta con lámina de acero



#### 5.2.4. Sistema de control de vapor de la caldera:

Figura 64. Sistema de control



Para realizar el sistema de control de la caldera se dispone de un manómetro el cual marcará la presión a la cual se encuentra sometida la caldera, en este caso el manómetro tiene un rango entre 0 y 150 PSI. Se dispone también de una válvula de seguridad tarada a 75 PSI la cual se abrirá cuando la presión a la que está sometida la caldera alcance los 75 PSI, ésta abre liberando la presión por medio de un tubo de escape. Se instala una válvula solenoide 2/2 desde 0 a 150 psi, la cual abre o cierra el flujo de aire mediante la conexión por medio de corriente alterna. Se implementa un nivel de agua el cual se encargara de mostrar los límites de llenado y vacío de agua a los cuales debe estar la caldera.

Figura 65. Tubería de dispersión



Finalmente, para poder implementar el sistema de vapor se instalan dos tuberías unidas entre sí por medio de un codo, la tubería en la parte superior tiene unos orificios por medio de los cuales se esparce el vapor a través de las paredes del zapato, como se muestra en la Figura 65.

### 5.3. Construcción del cuarto frío

Para realizar la construcción del cuarto frío se debe tener en cuenta los requisitos analizados anteriormente, en el cual se plantea la potencia necesaria para cumplir con los requerimientos del diseño. Para llevar a cabo la construcción del sistema de refrigeración se debe tener en cuenta los siguientes materiales:

- ✓ Unidad de refrigeración, Ref: Embraco FF8.5 de 1/5 hp
- ✓ Condensador para unidad de 1/5 hp
- ✓ Tubo capilar

- ✓ 2 Ventiladores Idensa
- ✓ Serpentín o Difusor
- ✓ Control de temperatura (12-15 líneas de manómetros)
- ✓ 700gr de gas no inflamable M049
- ✓ Aceite de maquinaria interna 134<sup>a</sup>
- ✓ Poliuretano
- ✓ Lamina de acero brillante calibre 22
- ✓ Empaquetaduras
- ✓ Remaches

Ya teniendo los materiales listos, se dispone la construcción del sistema de refrigeración, en este caso los materiales son entregados a un técnico en refrigeración el cual se encarga del proceso de construcción; siguiendo los pasos para la construcción, se tiene que: se realizan los cortes necesarios de la lámina para realizar las paredes del cuarto frio, esta lamina se instala mediante remaches. Luego se procede a inyectar el poliuretano en medio de las paredes formadas por la lámina de acero brillante anteriormente instalada. En la parte interna del cuarto frio en la parte superior se instalan el serpentín, el control de temperatura y uno de los ventiladores.

Figura 66. Instalación de la lámina

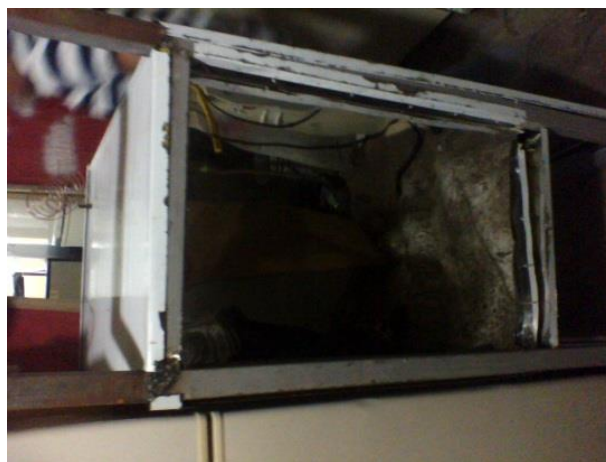


Figura 67. Inyección de poliuretano



En la construcción del cuarto frío, se analiza el espacio total del cuarto frío, y se realizan 3 divisiones dentro de la nevera para poder realizar una mejor distribución del calzado. La división se realiza tal como se muestra en la figura 68.

Figura 68. Bandejas del cuarto



Finalmente se instala en la parte externa e izquierda del cuarto frío, la unidad de refrigeración junto con el condensador y un ventilador, también se instala la tubería para la fluencia del refrigerante.

Figura 69. Unidad de refrigeración



#### 5.4. Construcción del sistema de calentamiento

Para llevar a cabo la construcción del sistema de calentamiento, se tiene a disponibilidad las hormas (suministradas por la empresa), encargadas de preformar al calzado. Como primera medida se enuncian los materiales necesarios:

- 6 Hormas en aluminio
- 12 Resistencias eléctricas
- 6 Cilindros neumáticos
- Manguera para flujo de aire
- Racores de conexión para flujo de aire
- Tornillos de cabeza cilíndrica
- Bloques de aluminio
- Resortes
- Cuñas

- Cable siliconado

Las hormas construidas en aluminio que se muestran en la Figura 70 y 71. Se encuentran divididas en tres partes, lo cual permite que estén abiertas tanto en sentido vertical como horizontal, y así poder expandir el calzado de la forma que se requiere.

Figura 70. Hormas parte lateral



Figura 71. Hormas parte superior



Teniendo las hormas listas, el siguiente paso es realizar dos taladrados en cada horma, en los cuales se van a introducir las resistencias, para así realizar el proceso de calentamiento de la horma. Las resistencias eléctricas están conectadas en paralelo, y su temperatura es controlada mediante un termostato que es calibrado manualmente, pero teniendo en cuenta que el material a trabajar, en este caso el cuero, no soporta una temperatura superior a 110°C.

Figura 72. Resistencias instaladas



Figura 73. Canal con sistema eléctrico



En la figura 72 se observa la conexión de las resistencias a un par de las hormas. En la Figura 73 se muestra la conexión eléctrica que se realiza mediante un canal con el fin de evitar contacto directo y prevenir accidentes. La conexión de las hormas se realiza en paralelo, con el fin de evitar que si una resistencia falla las demás dejen de funcionar.

Como paso a seguir se tiene la construcción de la placa soporte de las hormas y el cilindro neumático. La placa se diseña para que se monten un par de las hormas, por un lado el derecho y por el otro el izquierdo. Se realiza una operación mediante

el CNC (control numérico computarizado) para dimensionar el soporte con las medidas 200x120x44mm. Luego la pieza dimensionada pasa por un proceso de fresado para realizar el soporte de la cuña; posteriormente se realiza un proceso de taladrado para permitir el paso del tornillo (pasante), por medio de éstos se realiza el ajuste de las hormas y el cilindro neumático. Finalmente se realiza un taladrado y roscado en la parte lateral del soporte, como se muestra en la figura 74, el pasante es el encargado de ajustar la cuña a la horma y el roscado sujeta el resorte que hace la acción de retorno al abrir la horma y estirar el calzado.

Figura 74. Placa soporte del cilindro

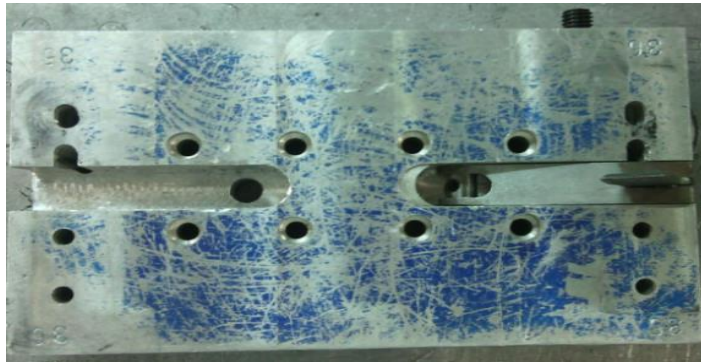


Figura 75. Resorte de compresión



Para realizar la construcción de las cuñas se inicia con un proceso de fresado para montar la placa que realiza el trabajo de abrir las hormas, luego se realiza el taladrado para los cilindros pasantes, finalmente se realiza mediante el esmeril, un acabado para dar forma a la cuña.

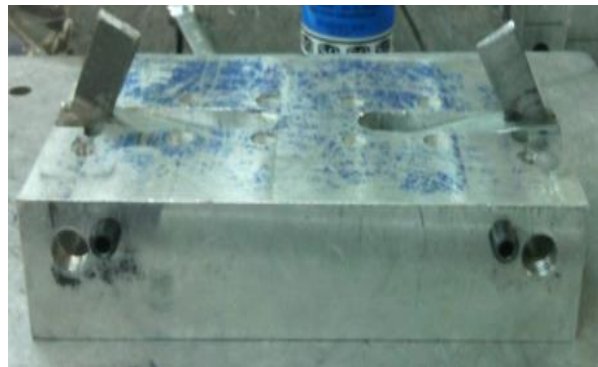
Figura 76. Cuñas



Figura 77. Cuña ensamblada



Figura 78. Placa soporte y cuñas



Luego se procede a construir la pieza que me ajusta el talón de la horma con el cilindro neumático, esta construcción se realiza por medio del centro de mecanizado CNC (control numérico computarizado), finalmente se le realiza un taladrado para ajustar el cilindro por medio de una tornillo roscado.

Figura 79. Placa ajuste de talón

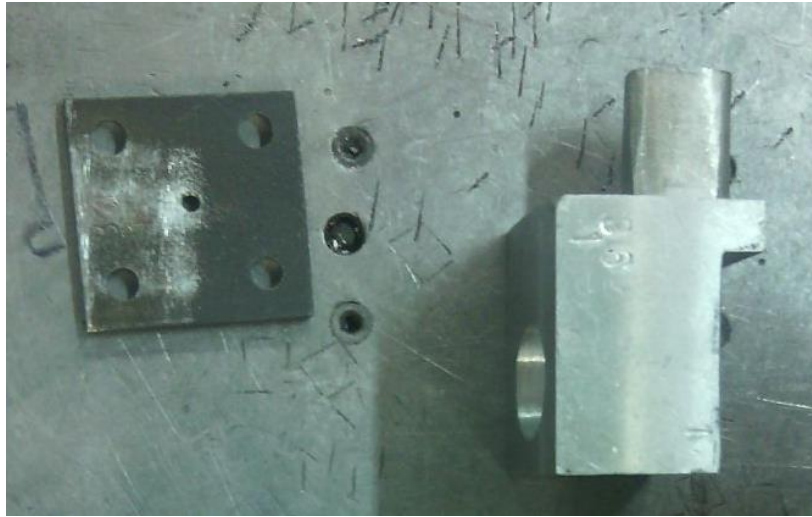
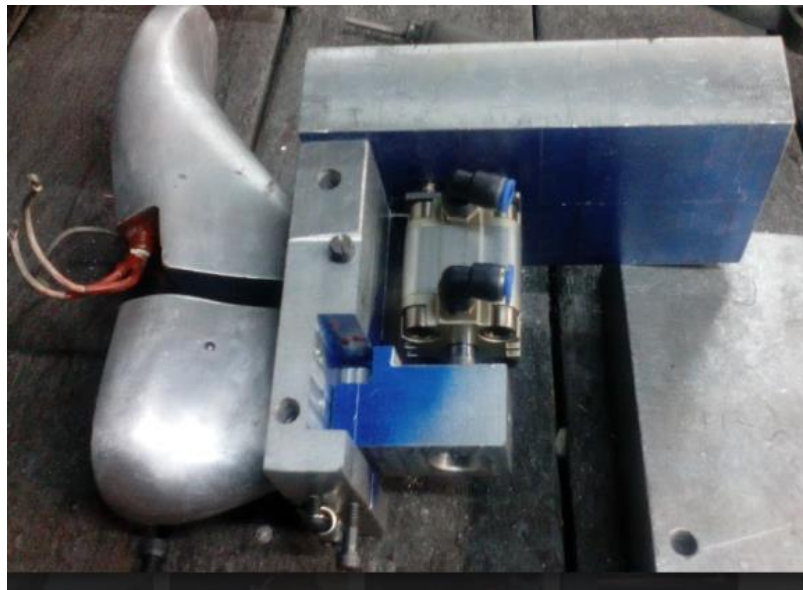
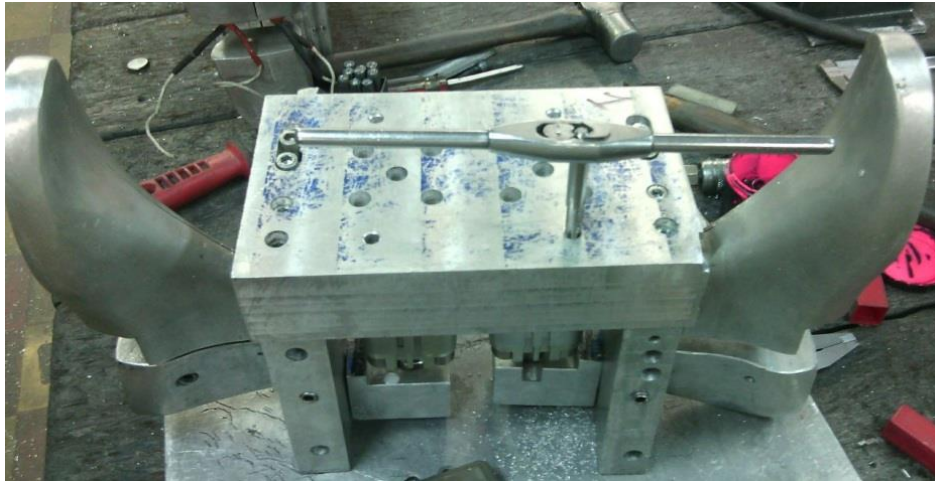


Figura 80. Instalación de placa, horma y cilindro



Luego de tener todas las piezas construidas, se procede a hacer el ensamble de todas ellas. Mediante los tornillos de ajuste iniciamos la unión de las hormas, el soporte de ajuste, el soporte de las taloneras y los cilindros neumáticos. En la figura 81 se observa el ajuste de las piezas.

Figura 81. Sistema de hormas para talla 36



El siguiente paso es realizar el montaje del ensamble de las hormas a la estructura, mediante una placa doblada a la forma de la estructura y tornillos de ajuste se realiza el montaje observado en la figura 82.

Figura 82. Sistema montado



Posteriormente se realiza la conexión de todas las resistencias a los cables ya instalados en el canal sobre la estructura, para así lograr el paso de corriente. También se realizan las conexiones respectivas a las líneas de presión para permitir el flujo de aire y lograr que los cilindros neumáticos sean accionados de una manera correcta.

Figura 83. Sistema eléctrico completo



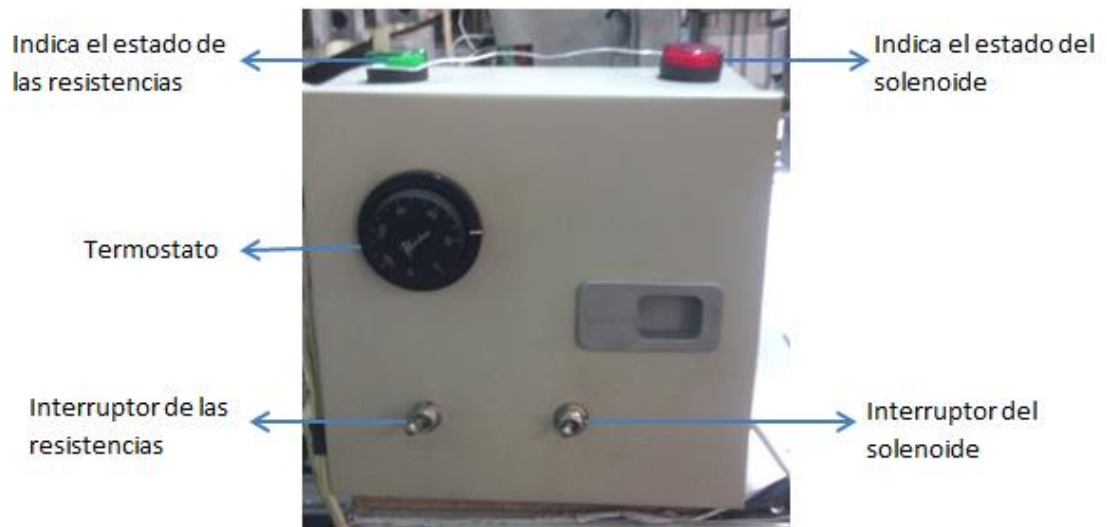
Finalmente se observa en la figura 83 la construcción completa del sistema de calentamiento mediante resistencias a través de las hormas. El sistema completo está conformado por tres pares de hormas de diferentes tallas, esto se hace para facilitar la fluencia en variedad de talla del calzado fabricado en la empresa.

### **5.5. Caja de control de la Preformadora**

Sobre la maquina se instala una caja, la cual va a tener tres funciones básicas para el buen funcionamiento de la máquina, las cuales son:

Controlar la temperatura mediante un termistor (30°C a 150°C), conectado a las resistencias instaladas en cada una de las hormas, el termistor se ajusta a una temperatura de 60°C, es decir se realiza un control para que la temperatura en las hormas no supere la temperatura programada en el termistor. Cuando las hormas alcanzan la temperatura ajustada en el termistor, este interrumpe el paso de corriente causando así que las resistencias y por lo tanto las hormas, pierdan calor. Encender una luz verde, la cual enciende cuando las resistencias están en funcionamiento, es decir, cuando están encendidas. Encender una luz roja, esta luz enciende para dar aviso que la válvula direccional 2/2 está encendida, es decir, que el solenoide enciende y le de paso al flujo de vapor para que se pueda realizar el trabajo.

Figura 84. Caja de control



## 6. CONDICIONES DE OPERACIÓN

### **Como Opera la Preformadora de Calzado Tubular**

A continuación mostraremos un procedimiento del proceso completo desde que el calzado entra a la maquina hasta que sale:

- I. Inicialmente se debe verificar que la maquina esté conectada a la línea de gas natural, a la corriente y a la línea de presión neumática.
- II. Se debe verificar que el nivel de agua en la caldera sea indicado para el correcto funcionamiento de la caldera.
- III. Se enciende el quemador con el fin de que la caldera empiece su trabajo, cuando ésta alcance la presión de trabajo se empieza a dar el baño de vapor al calzado.
- IV. Luego un minuto de exposición al vapor el calzado se traslada a la horma, la cual se encarga de calentar el calzado por medio del calor generado por las resistencias, a la vez se acciona el cilindro neumático que realiza el trabajo de expansión del calzado en dos direcciones, tanto vertical como horizontal.
- V. Finalmente se desmonta el calzado y se lleva la muestra al cuarto frio para bajar la temperatura rápidamente y de esta forma lograr que las fibras del cuero queden expandidas y no recobren su estructura inicial.

Este procedimiento se trabaja a la vez para 3 pares de calzado con un trabajo distribuido para dos operarios.

Figura 85. Preformadora de calzado tubular



### **Operación de la caldera**

Para lograr el correcto funcionamiento de la caldera, debemos tener en consideración los siguientes pasos:

- a) Verificar la conexión eléctrica y de gas de la caldera.
- b) Verificar el nivel de agua de la caldera, si el nivel no es el indicado, se debe realizar un llenado del tanque antes de iniciar la generación de vapor.
- c) Se abre el paso de gas y se enciende el quemador para dar inicio al proceso. En este paso hay que tener en cuenta la regulación del flujo de vapor, ya que si es muy bajo el proceso se dará muy lentamente y si es muy alto la llama se puede ahogar y se apaga sin lograr realizar el proceso.
- d) Se activa el interruptor, que me activa el solenoide de la válvula 2/2 que permite el flujo de vapor hacia la tubería.
- e) Al cabo de 10 minutos aproximadamente la caldera empieza a ganar presión, a este punto ya se puede dar inicio al proceso de envejecimiento del calzado, ya que se alcanza la producción de vapor requerida.

- f) Se debe tener en cuenta que la caldera cuenta con una válvula de seguridad, la cual se encuentra tarada a 75psi, es decir, que cuando la caldera alcance una presión igual o superior a ésta, la caldera procederá a despresurizarse, con el fin de evitar exceso de presión y a su vez accidentes.
- g) Apagar la caldera. Para realizar este paso, primero se debe desconectar el flujo de gas, para que la caldera detenga el trabajo, luego hay que despresurizar la caldera, esto se da al cabo de unos minutos sin necesidad de realizar ningún trabajo.

### **Operación del sistema de calentamiento**

El sistema de calentamiento es el encargado de estirar el calzado, pero esta extensión de la material se debe realizar con previo calentamiento, para que las fibras del cuero cedan más fácilmente y sin dañar el material. Para garantizar un buen funcionamiento y resultado, se deben tener en consideración los siguientes pasos:

- a) Verificar las conexiones eléctricas de las resistencias
- b) Encender el interruptor que permite el paso de corriente hacia las resistencias.
- c) Verificar la temperatura indicada en el en el termostato, esta temperatura depende de la resistividad térmica del material a trabajar.
- d) Una vez las hormas inicien el proceso de calentamiento se debe montar el corte del calzado.
- e) Posteriormente de montar el calzado, se procede a activar el cilindro neumático y a su vez realizar el proceso de estiramiento, tanto horizontal como vertical.
- f) Finalmente se desmonta el calzado para pasarlo al cuarto frio.

### **Operación del refrigerador**

La función del cuarto frio simplemente es bajar de forma acelerada la temperatura del calzado para realizar el buen funcionamiento de este proceso solo hay que

verificar que la conexión a la corriente del sistema, luego hay que introducir los cortes y esperar el tiempo necesario para llegar a una temperatura recomendada.

## **MANTENIMIENTO**

### **Mantenimiento de la caldera**

Las calderas requieren mantenimiento e inspecciones periódicas para asegurar su correcto, seguro y eficiente funcionamiento. Es por esto que se debe tener en consideración el siguiente plan de mantenimiento anual en el que verán tareas de inspección para detectar previamente la mayoría de las averías.

- Inspección interna del cuerpo de presión, bridas, y haz de tubos para controlar la formación de corrosión de los materiales constructivos. Es importante tomar evidencias del estado para tener registro histórico de la caldera.
- Realizar hidrolavados a los lodos depositados en el fondo del tanque, si existen.
- Medición de espesores de las paredes y bridas; puede resultar necesario recalcular la presión de máxima si están reducidos los espesores.
- Prueba hidrostática del equipo a presión de trabajo. Se realiza para verificar que no existan fugas previas al mantenimiento. Mantener el recipiente durante 15 minutos presurizado es suficiente.
- Verificación de apertura de válvulas de seguridad a presión regulada. Si requiere reajustar se realiza.
- Verificación del estado interno del quemador y limpieza del mismo. Verificar el estado de cables y puntos de conexión.

### **Mantenimiento del refrigerador**

Los refrigeradores son equipos que en general no son muy exigentes desde la perspectiva de mantenimiento, aunque si son exigentes con relación a la calidad de los sistemas de alimentación eléctrica. Si se conectan a circuitos eléctricos de buena calidad y se verifica que tengan buena ventilación alrededor del equipo, pueden funcionar 10 años sin demandar servicios técnicos especializados. A continuación se describen las rutinas de mantenimiento más comunes:

- Realizar limpieza interior con periodicidad trimestral
- Verificar que las bandejas internas se encuentran limpias, para realizar la limpieza solo se necesita frotar suavemente con un trapo húmedo. De la misma manera se limpian las paredes internas.
- Realizar limpieza del condensador cada 6 meses de la siguiente manera:
  - Verificar la posición donde se encuentra instalado el condensador, en este caso se encuentra instalado en la parte superior del equipo.
  - Retirar la reja de protección.
  - Retirar la suciedad y el polvo depositado sobre la superficie del condensador. Aspirar el polvo de todos los elementos.
  - Verificar que tanto el condensador como la superficie de las aletas conductoras de calor queden limpias.
  - Reinstalar la cubierta
  - Conectar el refrigerador a la corriente.
- El empaque de la puerta es un componente que debe permanecer en buen estado para que el refrigerador opere correctamente. Para verificar su estado se procede como se explica a continuación.
  - Abrir la puerta
  - Insertar una tira de papel de unos 5cm de ancho, entre el empaque de la puerta y el reborde del cuerpo del refrigerador donde se aloja el empaque.
  - Cerrar la puerta.
  - Halar suavemente el papel desde el exterior. El papel debe presentar una resistencia a ser desplazado hacia afuera. Si el papel puede

retirarse sin presentar resistencia, el empaque debe ser sustituido. Efectuar este procedimiento cada 10cm alrededor de todo el perímetro sobre el cual actúa el empaque.

- Un empaque en mal estado puede, permitir el ingreso de humedad, que se condensa y congela en el interior del evaporador, incrementar el tiempo de operación del compresor para mantener la temperatura seleccionada, afectar la conservación de la temperatura e incrementar los costos de operación.
- Este refrigerador dispone de ciclos automáticos para descongelar el evaporador, al fin de evitar que se presenten acumulaciones de escarcha. Normalmente dichos ciclos se realizan mediante la activación de un conjunto de resistencias eléctricas que de forma rápida elimina la escarcha presente.

### **Mantenimiento del sistema eléctrico**

En operaciones de mantenimiento, el mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisiones y reparaciones que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad, el mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

Para este equipo se deben tener en cuenta para el buen funcionamiento, los siguientes parámetros de mantenimiento:

- Mantenimiento rutinario: se realiza diariamente y consiste en una serie de tareas elementales, como toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, entre otras. Se debe realizar este proceso para verificar que no halla corto en el cableado de las resistencias y verificar que ningún elemento este fallando.

- Mantenimiento correctivo: está orientado hacia la consecución de cero accidentes, cero fallas y cero defectos. El objetivo es alcanzar la calidad total y la mejora continua. Si se presenta alguna falla, se debe atender inmediatamente, porque la falla podría producirse en un problema grande.
- Mantenimiento programado: en él se establecen las tareas de arreglo, reparación y sustitución. La manipulación con las resistencias puede generar una descarga eléctrica en el operario de la máquina, por eso es necesario realizar este proceso y así evitar accidentes a futuro. Es muy importante verificar que no exista la posibilidad de generarse una chispa ya que estamos trabajando sobre una conexión a gas, lo que podría producir accidentes.
- Mantenimiento preventivo: determina los elementos que serán motivo de inspección. Se evitan fallas a futuro y se ahorra dinero.
- Mantenimiento predictivo: se anticipa la falla por medio de un seguimiento para predecir el comportamiento de una o más variables de un equipo. Se basa en un proceso de mediciones.

## 7. PRUEBAS DE CAMPO

En este capítulo se evidencia el funcionamiento en cada uno de los elementos, y la maquina ensamblada finalmente. Se realiza una división para las pruebas de campo, entre las cuales se analizan: prueba de fuga de la caldera, pruebas al sistema de resistencias, pruebas al sistema neumático y pruebas y finalmente la correcta producción de vapor. Los resultados se observan en el ANEXO O.

### 7.1. Prueba hidrostática en la caldera

Esta prueba consta de aplicar una presión a un equipo, con el fin de verificar la hermeticidad de los accesorios bridados y la soldadura, usando como elemento principal el agua o en su defecto un fluido no corrosivo. Todo equipo nuevo debe ser sometido a una prueba de presión (hidrostática), por el fabricante.

La prueba hidrostática permite:

- Determinar la calidad de la ejecución de trabajo de fabricación del equipo.
- Comprobar las condiciones de operación para garantizar la seguridad tanto de las personas como de las instalaciones.
- Detectar fugas
- Verificar la resistencia mecánica
- Probar la hermeticidad de los accesorios

Para realizar las pruebas hidrostáticas se requiere utilizar un sistema de tuberías según las normas técnicas ASME, ANSI y API.

#### **Procedimiento para la preparación de la prueba hidrostática<sup>21</sup>:**

Preparar una prueba hidrostática significa que se deben tomar todas las precauciones inherentes a todo el proceso:

---

<sup>21</sup> VER ANEXO N: NORMA ASME UG-99

- a) Asegurarse de adecuar el sitio para dejar fácil acceso para la realización de la inspección.
- b) Hacer un análisis razonable de todos los pasos del procedimiento para hacer la prueba, a fin de asegurar que el equipo que este bajo prueba n sufra un impacto accidental.
- c) No está permitido tratar de corregir fugas entre bridas con llaves, mientras el sistema este presurizado.
- d) Asegurarse que todos los dispositivos de alivio de presión, estén excluidos de la prueba, por lo que deben ser sustituidos por piezas provisionales utilizando discos ciegos.
- e) Disponer de una adecuada bomba para realizar la prueba.
- f) Asegurarse que el valor de la presión no se exceda del valor fijado durante la prueba.

Figura 86. Prueba hidrostática a 120 psi



La prueba hidrostática se realiza bajo la NORMA UG-99, la cual indica que se debe llevar la presión de la caldera a 1.3 veces la Presión de operación, es decir que la presión de la prueba se debe realizar como mínimo a una presión de 45psi.

Al realizar la prueba hidrostática bajo las condiciones mencionadas anteriormente, se obtiene como resultado fugas, por lo cual se procede a corregirlas. Para corregir las fugas encontradas, hay que tener en cuenta: primero hay que marcar los puntos de fugas, luego hay que despresurizar el equipo y vaciar el agua contenida en el recipiente, finalmente mediante puntos de soldadura se corrigen los puntos. Y para evitar fugas en las bridas, se instala un empaque de asbesto.

Luego de corregir fugas, se realiza una prueba hidrostática final, con el fin de confirmar que hayan sido corregidos los puntos de fuga. La caldera alcanza una presión de 120 psi operando durante 5 minutos, se obtiene que funciona correctamente.

## 7.2. Prueba de vapor

Para realizar la prueba de vapor de la caldera, debemos realizar las respectivas conexiones de los accesorios instalados, una vez instalados se procede a conectar la línea de gas y se enciende el quemador para dar inicio al proceso de generar vapor, en la figura 87 se observa como la caldera produce el vapor saturado al cabo de 30 minutos, a una Temperatura de 110°C. El flujo de este vapor posteriormente puede ser regulado a través de una reguladora de presión según los requerimientos del operario.

Figura 87. Generación de vapor de la caldera



### 7.3. Prueba de las resistencias

Para realizar las pruebas en el sistema de resistencias eléctricas, como primera medida se debe tener en cuenta algunas recomendaciones, como no tener manipulación de líquidos cerca a la máquina y evitar contacto directo con las resistencias con el fin de evitar accidentes. Luego se verifica que la caja de control este encendida, como se muestra en la Figura 88, ya que nos garantiza el paso de corriente hacia las resistencias. El termostato se calibra para alcanzar una temperatura de 120°C en las hormas. Se acerca un fosforo con el fin que enciendan para así verificar que las resistencias calienten correctamente, y al cabo de 8 minutos el fosforo se enciende, confirmando así la elevación de la temperatura, tal como se observa en la figura 89.

Figura 88. Caja de control



Figura 89. Prueba de fosforo



Figura 90. Prueba de resistencias eléctricas



#### **7.4. Prueba del sistema neumático**

Luego de realizarse la instalación del sistema neumático, como ya se expuso anteriormente, realizando un montaje de las placas portadoras de las hormas y los cilindros, se procede a realizar las conexiones al punto de presión (flujo de aire). En la figura 91, se observa la horma en su posición inicial, tanto en el eje vertical como horizontal no se ha realizado un desplazamiento o en el caso del proceso, no se ha realizado la expansión del calzado. En la figura 92, ya se puede observar como la horma realiza un desplazamiento que es consecuente de la fuerza que ejerce el pistón del cilindro sobre el mecanismo que se encarga de abrir la horma tanto en sentido vertical como horizontal, es decir, ya se está realizando el proceso de expansión del cuero en los dos sentidos.

Figura 91. Horma en estado inicial

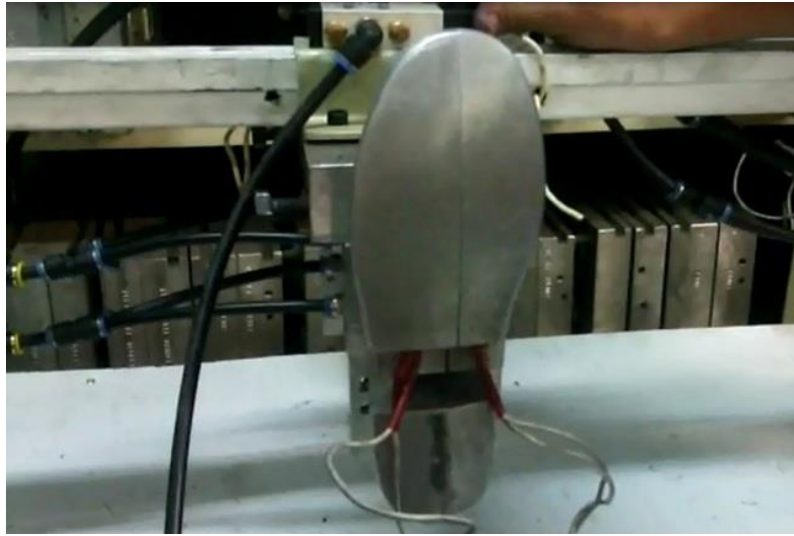
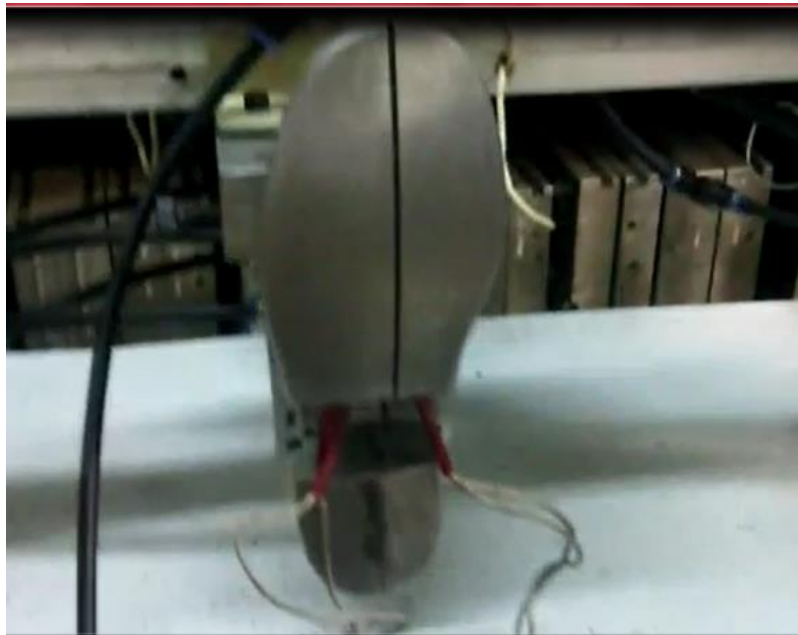


Figura 92. Horma en estado final



## 8. CONCLUSIONES

Se construyó una estructura metálica que cumple con los requerimientos de diseño, capaz de soportar las cargas de 147N generadas por el trabajo de la preformadora, además de soportar el peso de la nevera de aproximadamente 30Kg.

La caldera diseñada y construida cumple los requisitos de trabajo, genera una masa de vapor superior a los 0,4 Kg/min; trabaja bajo una presión controlada de 35psi y la temperatura de trabajo se estabiliza a 127°C. Mediante este equipo se realiza el proceso del envejecimiento del calzado y se logra mejorar las condiciones de seguridad del operario en las actividades a desarrollar, en comparación con el método utilizado anteriormente en la empresa encargada, el cual era trabajar exponiéndose directamente en una olla de agua hirviendo .

Se selecciona un sistema de refrigeración de aire frío y seco que trabaja desde una temperatura de -10°C, más de lo establecido en el proyecto, lo cual acelera el proceso de enfriar el calzado proveniente del sistema de calentamiento.

Se concluye que el desarrollo del prototipo de la máquina resulta aceptable en el gremio del calzado, ya que se logra trabajar el proceso de estiramiento del calzado a una temperatura constante, regulada mediante el termostato instalado en la caja de control. Esta temperatura se establece dependiendo del tipo de material, para este caso se controla a una temperatura de 120°C, lo establecido en los objetivos, sin embargo esta temperatura puede variar según los requerimientos del operario. Este proceso de estiramiento resulta muy eficiente ya que el desplazamiento al cual se quiera extender el calzado también puede ser modificado según los requerimientos del operario.

Se cumplieron satisfactoriamente los objetivos planteados en el proyecto; diseñar, seleccionar y construir un prototipo de una preformadora de calzado tubular para la empresa Suelas & Tacones Rally. Debido a los resultados obtenidos con la maquina se logra innovar el proceso de producción del calzado y mejorar el punto de vista de la inversión industrial en este sector, ya que se incentiva a la adquisición de maquinaria moderna con resultados favorables para aumentar los procesos de producción y mejorar la calidad del producto.

Debido a que el objetivo del proyecto era realizar un prototipo, se pueden realizar mejoras en la máquina, como el aumento de hormas variando las tallas o incluyendo las que no fueron instaladas en el prototipo. Es decir, en la maquina fueron instaladas las hormas talla 36, 39 y 40, las cuales son las de mayor demanda actualmente.

Se logra hacer una reducción en costos a la empresa Suelas & Tacones Rally, ya que el proceso que va a realizar actualmente la preformadora, era contratado para ser realizado por una empresa externa.

Se logra unificar los procesos de envejecimiento, de estiramiento y de recuperación de temperatura, en un mismo sitio de trabajo, en la misma máquina, obteniendo como resultado una disminución en el tiempo de preformado del calzado, el cual anteriormente era realizado en diferentes etapas. Se logra realizar una línea continua de producción.

Se realiza un manual de operación y normas de mantenimiento, el cual se entrega a los operarios de la máquina, con el fin de realizar un trabajo eficiente y seguro.

Se realizaron las pruebas de campo correspondientes a cada elemento de la máquina, la caldera se sometió a una presión de 120 psi sin presentar inconvenientes, lo cual supera el objetivo planteado que fue una presión de diseño

de 35psi. El sistema de calentamiento de las hormas puede soportar temperaturas hasta los 150°C, cabe aclarar que lo que no soporta tan altas temperaturas son los materiales de fabricación de calzado.

## 9. RECOMENDACIONES

Se sugiere estudiar y tener en cuenta cada uno de los puntos estipulados en el manual de operación y mantenimiento, con el fin de lograr tener un buen funcionamiento de la máquina y evitar que exista riesgo de accidentabilidad del operario.

Se recomienda tener en cuenta el control de la temperatura de las resistencias mediante el termostato, ya que esta temperatura debe variar según el material a trabajar, en el caso del proyecto se trabaja con cuero y se estipula la resistencia térmica de éste, pero si el operario desea trabajar con otro material solo debe conocer las propiedades del material para así regular la temperatura y no se dañe el material.

Se deben tener en cuenta las recomendaciones de seguridad, para evitar riesgos de accidentes. Hay que tener especial cuidado con la manipulación del vapor expulsado por la caldera, ya que el vapor queda expuesto directamente en la mesa de trabajo.

Se sugiere que el operario o los operarios de la máquina, tengan cuidado en la manipulación de la caja de control. Se debe tener especial cuidado con no encender los interruptores sin conocer su funcionamiento.

## BIBLIOGRAFIA

**CENGEL Yunus A.** Transferencia de calor. McGraw-Hill, 4th edición, 2004.

**CENGEL Yunus A.** Termodinámica. McGraw-Hill. 6th edición, 2009.

**FONCECA Ronal Gerardo, SIERRA Silvio José.** DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR PARA BAÑO TURCO LOCALIZADO EN LA SEDE RECREACIONAL DE CATAY. Trabajo de grado para obtener de título ingeniero mecánico .Bucaramanga. Universidad industrial de Santander. Facultad de ingeniería físico mecánica. Escuela de ingeniería mecánica. 2004.

**IGUARA Omar Arturo, MARTINEZ, Diana Milena.** DISEÑO Y CONTRUCCION DE UNA MINI CALDERA PIROTUBULAR PARA EL LABORATORIO DE TRANFERENCIA DE CALOR. Trabajo de grado para obtener de título ingeniero mecánico .Bucaramanga. Universidad industrial de Santander. Facultad de ingeniería físico mecánica. Escuela de ingeniería mecánica. 2008.

**SHIELD Carl D.** caldera; tipos, características y funciones. Compañía editorial continental S.A. México 1976.

**MEGYESY Eugene F.** Manual de recipientes a presión, diseño y calculo. Limusa S.A 1992.

**DISEÑO-DE-CALDERAS** [Fecha de consulta: enero 15 de 2015] Disponibles en:  
<<http://es.scribd.com/doc/17302256/DISEÑO-DE-CALDERAS#scribd>>

**CALDERAS** [Fecha de consulta: enero 18 de 2015] Disponibles en:  
<<http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/física/termo2p/refrig.html>>

**PARTES DE REFRIGERADORES** [Fecha de consulta: enero 22 de 2015]  
Disponibles en: <<http://partesdeunrefrigerador.blogspot.com/2012/06/partes-de-un-refrigerador-manejo-de.html>>

**RESISTENCIAS ELECTRICAS** [Fecha de consulta: enero 23 de 2015] Disponibles en: <[http://fresno.pntic.mec.es/~fagl0000/resistencia\\_electrica.htm](http://fresno.pntic.mec.es/~fagl0000/resistencia_electrica.htm)>

**PODER CALORIFICO DE RESISTENCIAS** [Fecha de consulta: enero 23 de 2015]  
Disponibles en: <[http://html.rincondelvago.com/efectos-caloricos-de-la-corriente-y-sus-aplicaciones\\_instalacion-electrica-de-una-casa.html](http://html.rincondelvago.com/efectos-caloricos-de-la-corriente-y-sus-aplicaciones_instalacion-electrica-de-una-casa.html)>

**SOLDADURA** [Fecha de consulta: enero 24 de 2015] Disponibles en:  
<[http://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/como\\_seleccionar\\_electrodo\\_correcto\\_para\\_soldadura.cfm](http://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/como_seleccionar_electrodo_correcto_para_soldadura.cfm)>

**SISTEMAS NEUMATICOS** [Fecha de consulta: enero 24 de 2015] Disponibles en:  
<<http://www.intor.com.ar/novedades/>>

## **ANEXOS**

## ANEXO A. ESPECIFICACIONES DEL ACERO PARA LA CONSTRUCCION DE LA CALDERA

El material citado en este anexo hace referencia a un acero AISI 304

### ACERO INOXIDABLE 304 (UNS S30400)

**1. Descripción:** éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidable de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

**2. Normas involucradas:** ASTM A 276

**3. Propiedades mecánicas:** Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)  
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)  
Elongación 30 % (en 50mm)  
Reducción de área 40 %  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

**4. Propiedades físicas:** Densidad 7.8 g/cm<sup>3</sup> (0.28 lb/in<sup>3</sup>)

**5. Propiedades químicas:** 0.08 % C mín  
2.00 % Mn  
1.00 % Si  
18.0 – 20.0 % Cr  
8.0 – 10.5 % Ni  
0.045 % P  
0.03 % S

**6. Usos:** sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

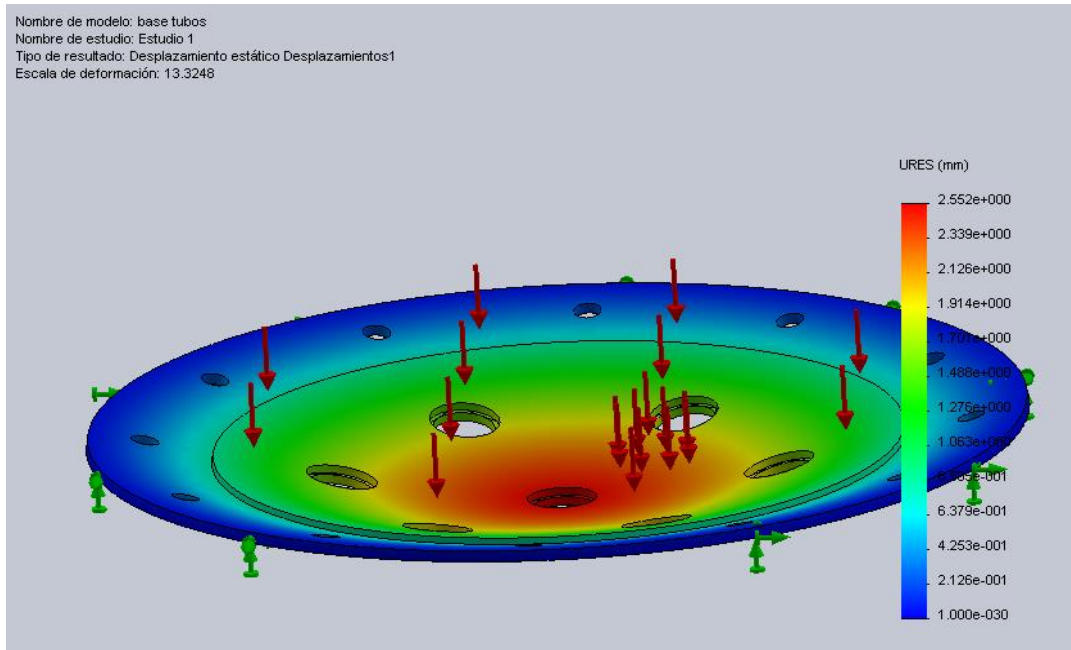
**7. Tratamientos térmicos:** éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente

**NOTA:**

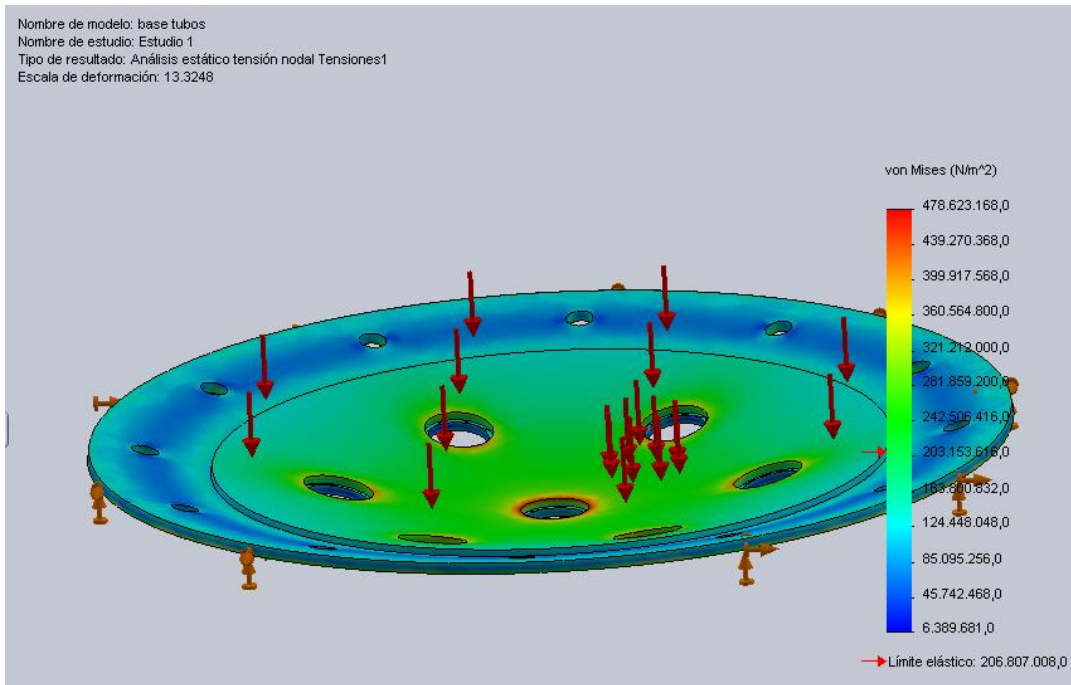
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

## ANEXO B. ANALISIS MEDIANTE SOLIDWORKS DE TENSION EN BRIDAS Y CASCO DE LA CALDERA

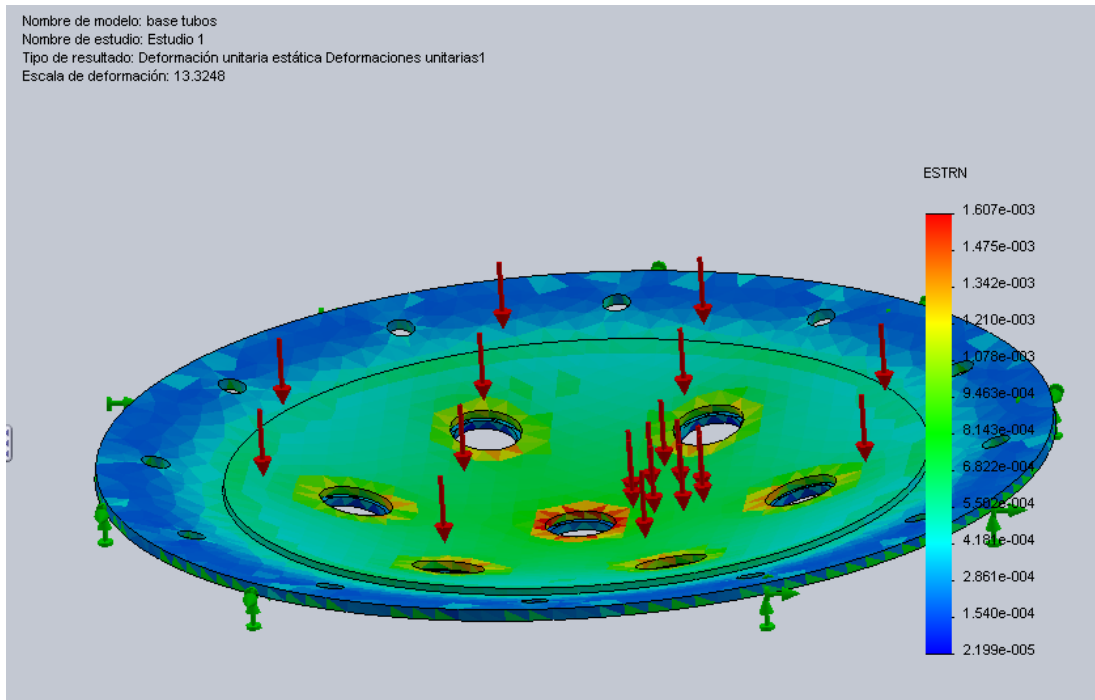
**Ilustración 1. Estudio de sometimiento a presión en la brida**



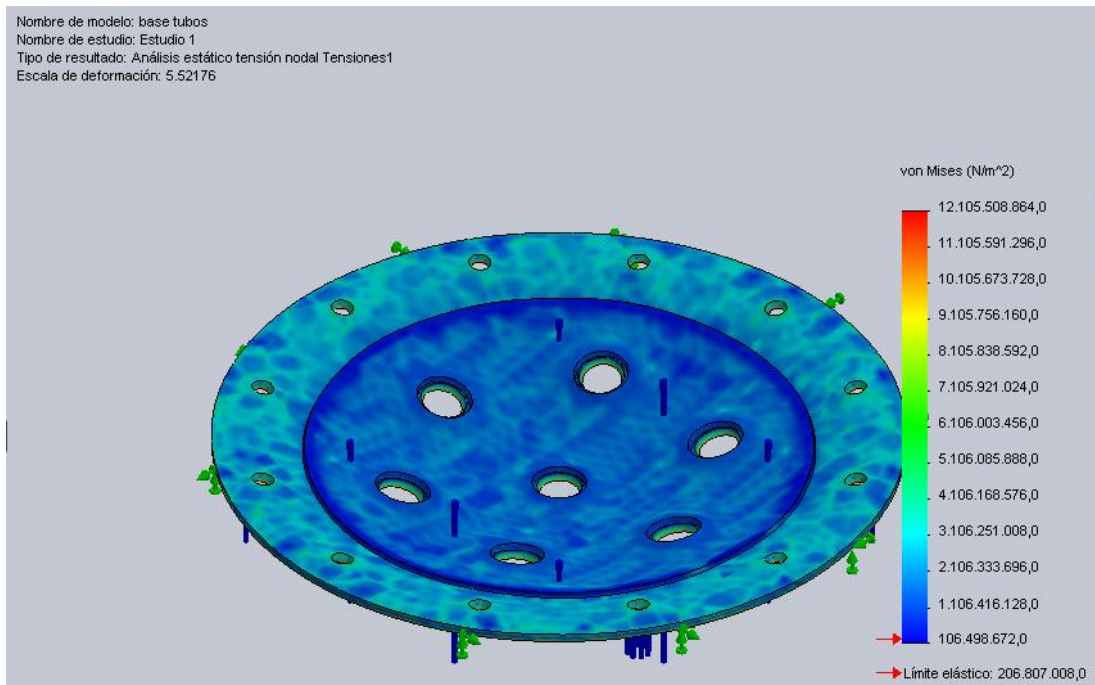
**Ilustración 2. Estudio de sometimiento a presión en la brida**



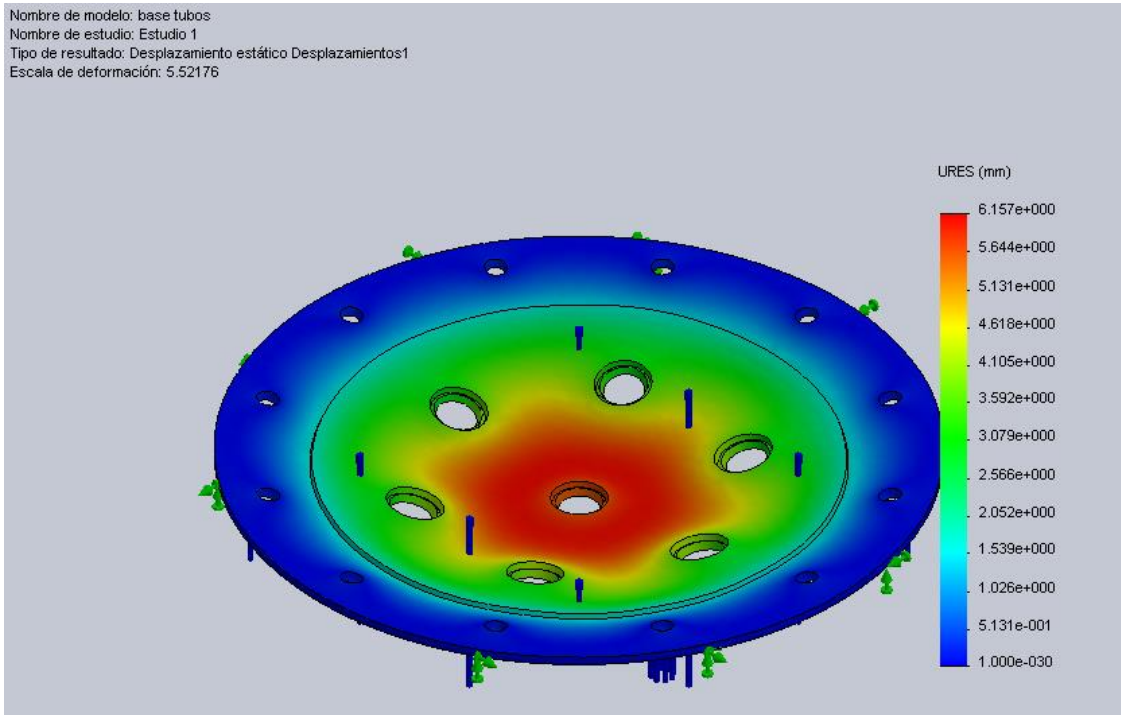
### Ilustración 3. Estudio de sometimiento a presión y temperatura en la brida



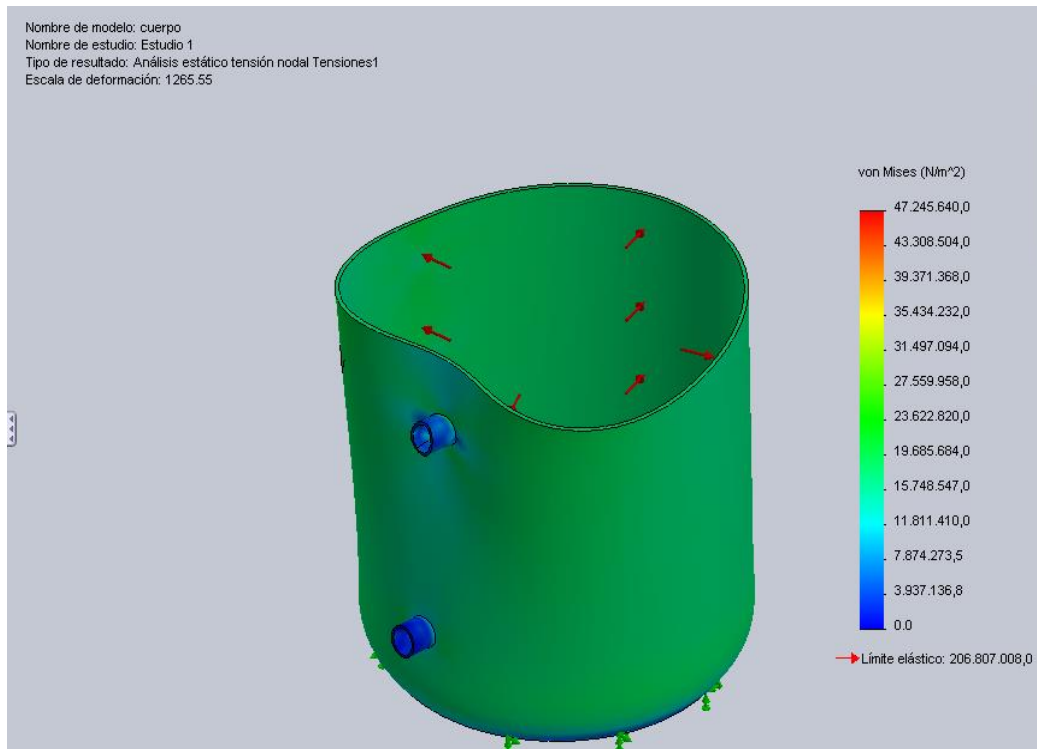
### Ilustración 4. Estudio de sometimiento a presión y temperatura en la brida



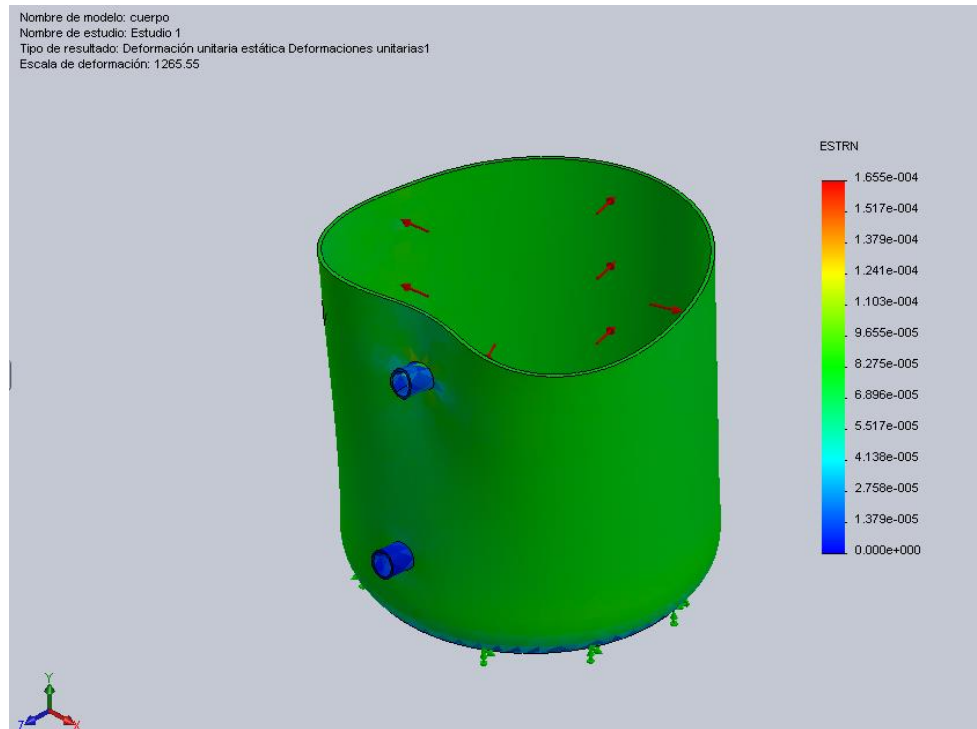
### Ilustración 5. Estudio de sometimiento a presión y temperatura en la brida



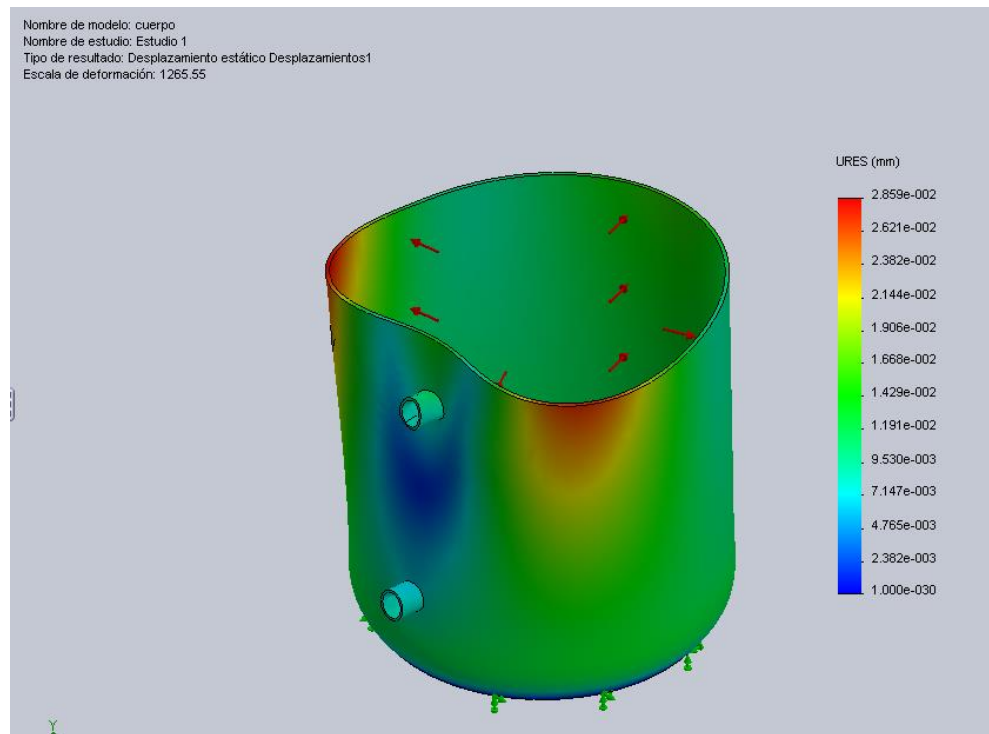
### Ilustración 6. Estudio de sometimiento a presión del casco



### Ilustración 7. Estudio de sometimiento a presión del casco



### Ilustración 8. Estudio de sometimiento a presión del casco



## ANEXO C. TABLA DE DATOS DEL CILINDRO NEUMATICO

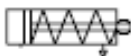
Para la construcción se trabaja con un cilindro CU 32015



Doble efecto



Simple efecto



### Datos Técnicos

Fluido:

Aire comprimido Filtrado,  
lubricado o no lubricado

Presión de Trabajo:

1 a 9 Bar ~ 14,5 a 130,5 PSI

Temperatura de Trabajo:

-5°C a 70°C ~ 23°F a 158°F

Amortiguación:

Elastica

### Materiales

Perfil:

Aluminio inyectado

Cabezas:

Aluminio inyectado

Vástago:

Cilindros Ø 12, 16, 20, 25 mm  
Acero inoxidable

Vástago:

Cilindros Ø 32 ~ 100 mm  
Acero al carbón con 20µ de  
superficie como-endurecida

Empaques:

TPU / NBR

### Características

- Especiales para espacios reducidos
- Fabricados en Aluminio
- Modelos con embolo magnético para control de posición
- Los interruptores magnéticos que dan integrados en el perfil
- Vástago con rosca hembra
- No requieren lubricación

### Modelos Standard

Carrera	Diámetro del cilindro en milímetros									
	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
5 mm	CU12005	CU16005	CU20005	CU25005	CU32005	CU40005	CU50005	CU63005	CU80005	CU10005
10 mm	CU12010	CU16010	CU20010	CU25010	CU32010	CU40010	CU50010	CU63010	CU80010	CU10010
15 mm	CU12015	CU16015	CU20015	CU25015	CU32015	CU40015	CU50015	CU63015	CU80015	CU10015
20 mm	CU12020	CU16020	CU20020	CU25020	CU32020	CU40020	CU50020	CU63020	CU80020	CU10020
25 mm	CU12025	CU16025	CU20025	CU25025	CU32025	CU40025	CU50025	CU63025	CU80025	CU10025
30 mm	CU12030	CU16030	CU20030	CU25030	CU32030	CU40030	CU50030	CU63030	CU80030	CU10030
35 mm	CU12035	CU16035	CU20035	CU25035	CU32035	CU40035	CU50035	CU63035	CU80035	CU10035
40 mm	CU12040	CU16040	CU20040	CU25040	CU32040	CU40040	CU50040	CU63040	CU80040	CU10040
45 mm	CU12045	CU16045	CU20045	CU25045	CU32045	CU40045	CU50045	CU63045	CU80045	CU10045
50 mm	CU12050	CU16050	CU20050	CU25050	CU32050	CU40050	CU50050	CU63050	CU80050	CU10050
60 mm	CU12060	CU16060	CU20060	CU25060	CU32060	CU40060	CU50060	CU63060	CU80060	CU10060
70 mm	CU12070	CU16070	CU20070	CU25070	CU32070	CU40070	CU50070	CU63070	CU80070	CU10070
75 mm	CU12075	CU16075	CU20075	CU25075	CU32075	CU40075	CU50075	CU63075	CU80075	CU10075
80 mm	CU12080	CU16080	CU20080	CU25080	CU32080	CU40080	CU50080	CU63080	CU80080	CU10080
90 mm	CU12090	CU16090	CU20090	CU25090	CU32090	CU40090	CU50090	CU63090	CU80090	CU10090
100 mm	CU12100	CU16100	CU20100	CU25100	CU32100	CU40100	CU50100	CU63100	CU80100	CU100100
110 mm	CU12110	CU16110	CU20110	CU25110	CU32110	CU40110	CU50110	CU63110	CU80110	CU100110
120 mm	CU12120	CU16120	CU20120	CU25120	CU32120	CU40120	CU50120	CU63120	CU80120	CU100120
125 mm	CU12125	CU16125	CU20125	CU25125	CU32125	CU40125	CU50125	CU63125	CU80125	CU100125
150 mm	CU12150	CU16150	CU20150	CU25150	CU32150	CU40150	CU50150	CU63150	CU80150	CU100150
160 mm	CU12160	CU16160	CU20160	CU25160	CU32160	CU40160	CU50160	CU63160	CU80160	CU100160
175 mm	CU12175	CU16175	CU20175	CU25175	CU32175	CU40175	CU50175	CU63175	CU80175	CU100175
200 mm	CU12200	CU16200	CU20200	CU25200	CU32200	CU40200	CU50200	CU63200	CU80200	CU100200
225 mm					CU32225	CU40225	CU50225	CU63225	CU80225	CU100225
250 mm					CU32250	CU40250	CU50250	CU63250	CU80250	CU100250
275 mm					CU32275	CU40275	CU50275	CU63275	CU80275	CU100275
300 mm					CU32300	CU40300	CU50300	CU63300	CU80300	CU100300
325 mm									CU80325	CU100325
350 mm									CU80350	CU100350
375 mm									CU80375	CU100375
400 mm									CU80400	CU100400
Ø Vástago	6 mm	8 mm	10 mm	10 mm	12 mm	12 mm	16 mm	16 mm	20 mm	25 mm
Conexión	M5	M5	M5	M5	1/8"	1/8"	1/8"	1/8"	1/8"	1/4"
Empaques	CUK012	CUK016	CUK020	CUK025	CUK032	CUK040	CUK050	CUK063	CUK080	CUK100

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

## ANEXO D. TABLA DE DATOS DE LA VALVULA DE SEGURIDAD



# VÁLVULAS DE SEGURIDAD DE BRONCE WALWORTH MODELOS 2B10 Y 2B10-3

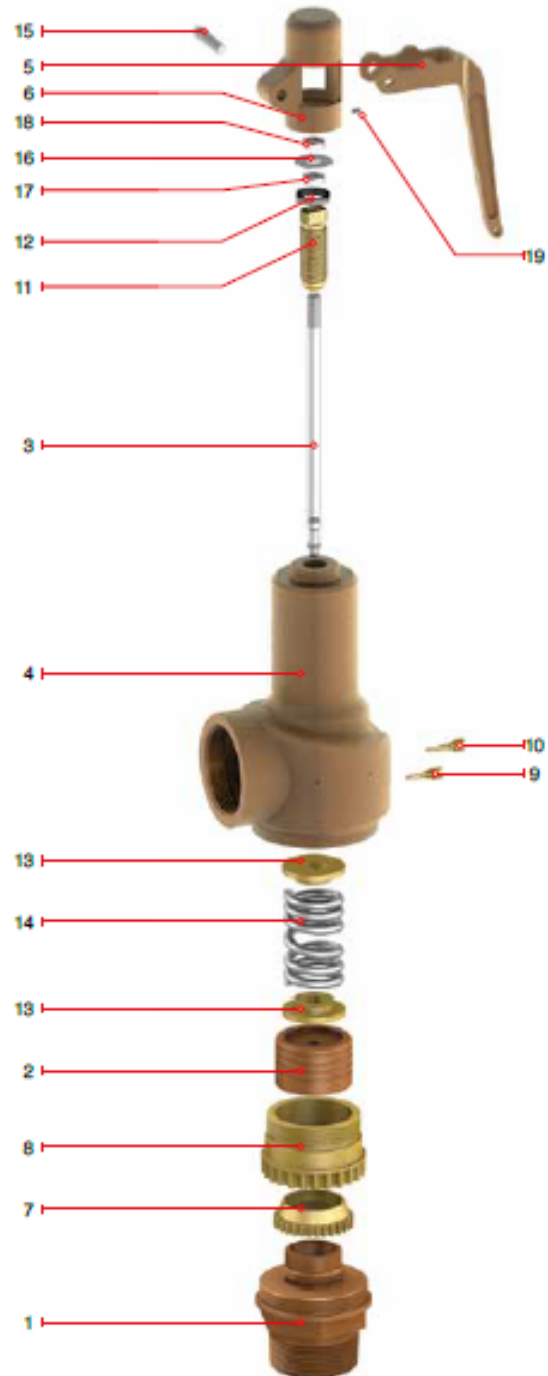
### Características de Diseño

- Válvulas de seguridad para servicio de aire, vapor o gas
- Descarga lateral (a línea de recuperación, servicio o a la atmósfera)
- Conexión de entrada roscada NPT (Macho) de acuerdo al ASME/ANSI B1.20.1
- Conexión de salida roscada NPT (Hembra) de acuerdo al ASME/ANSI B1.20.1
- Medidas desde 1/2" hasta 2 1/2"
- Presión mínima de calibración 0.35 Kg/cm<sup>2</sup> (5 PSIG)
- Presión máxima de calibración (vapor):
  - Modelo 2B10 17.58 Kg/cm<sup>2</sup> (250 PSIG)
  - Modelo 2B10-3 21.10 Kg/cm<sup>2</sup> (300 PSIG)
- Para servicio de aire o gas Incrementar 3.52 Kg/cm<sup>2</sup> (50 PSIG)
- Temperatura máxima de operación:
  - Modelo 2B10 208°C (406 °F)
  - Modelo 2B10-3 215°C (420 °F)

### Lista de Materiales

Ref.	Descripción	2B10(3)	2B10-3 (1) (2) (3)
1	Base	Latón Naval	Ac. Inoxidable 304
2	Disco	Latón Naval	Ac. Inoxidable 304
3	Aguja	Ac. al carbón	Ac. Inoxidable 304
4	Bonete	Fund. de bronce	Fund. de bronce
5	Palanca	Fund. de bronce	Fund. de bronce
6	Casquillo	Fund. de bronce	Fund. de bronce
7	Anillo de ajuste inferior	Latón forjado	Latón forjado
8	Anillo de ajuste superior	Latón forjado	Latón forjado
9	Perno ajuste inferior	Latón	Latón
10	Perno ajuste superior	Latón	Latón
11	Tornillo de compresión	Latón	Latón
12	Tca. Tor. de compresión	Latón	Latón
13	Roldanas de resorte	Latón	Latón
14	Resorte	Ac. al carbón	Ac. al carbón
15	Perno de la palanca	Comercial	Comercial
16	Roldana	Comercial	Comercial
17	Tuerca de aguja	Comercial	Comercial
18	Contratuerca	Comercial	Comercial
19	Prisionero Allen	Comercial	Comercial

- (1) Disponible con interiores de acero inoxidable 316 (base, disco y aguja).  
 (2) Disponible con resorte de acero inoxidable.  
 (3) Diseño de sello suave.

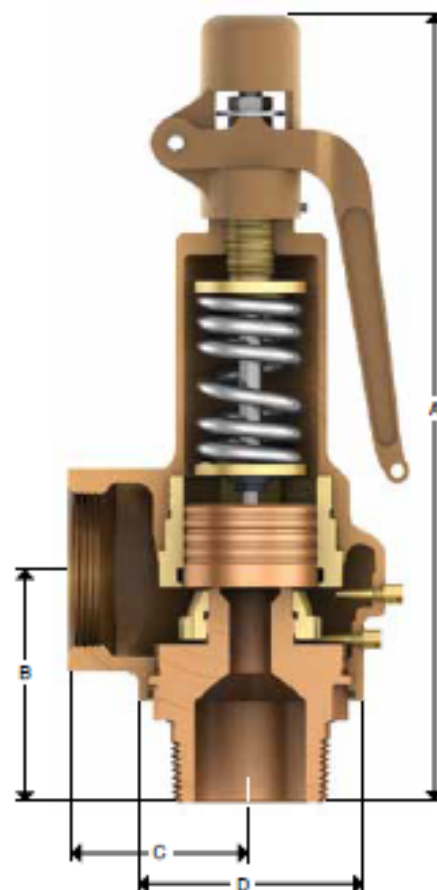


# VÁLVULAS DE SEGURIDAD DE BRONCE WALWORTH

## MODELOS 2B10 Y 2B10-3

### Dimensiones y Pesos

Medida		Unid.	A	B	C	D	Altura mínima de montaje	Peso (aprox.)
pulg.	mm.							
1/2	13	pulg. mm.	6 5/8 168.3	2 5/16 58.7	1 1/4 31.8	1 15/16 49.2	8 1/4 209.6	2.0 Lb 0.9 Kg
3/4	19	pulg. mm.	6 5/8 168.3	2 5/16 58.7	1 1/4 31.8	1 15/16 49.2	8 1/4 209.6	2.0 Lb 0.9 Kg
1	25	pulg. mm.	7 177.8	2 9/16 65.1	1 7/16 36.5	2 1/8 54.0	8 5/8 219.1	3.0 Lb 1.4 Kg
1 1/4	32	pulg. mm.	8 7/8 225.4	2 15/16 74.6	1 13/16 46.0	2 3/4 69.9	10 3/4 273.1	4.6 Lb 2.1 Kg
1 1/2	38	pulg. mm.	9 5/8 244.5	3 1/8 79.4	2 1/8 54.0	3 3/8 85.7	11 5/8 295.3	7.8 Lb 3.5 Kg
2	51	pulg. mm.	11 1/8 282.6	3 9/16 90.5	2 5/8 66.7	4 1/8 104.8	13 3/8 339.8	10.6 Lb 4.8 Kg
2 1/2	64	pulg. mm.	12 13/16 325.4	4 1/16 103.2	3 1/4 84.1	4 7/8 123.8	15 1/8 384.2	17.8 Lb 8.1 Kg



### Información Técnica

Modelo	Diámetro nominal		Orificio		Designación	Conexiones N.P.T.		Límites máximos de presión y temperatura							
			Área	mm. <sup>2</sup>		Entrada (macho)	Salida (hembra)	2B10 (1) (2)				2B10-3 (1) (3)			
	pulg. <sup>2</sup>	PSIG						Kg/cm <sup>2</sup>	°F	°C	PSIG	Kg/cm <sup>2</sup>	°F	°C	
2B10 DRL	1/2	13	0.037	23.9	DRL	1/2"	3/4"	250	17.58	406	208	300	21.1	420	215.6
2B10 D	3/4	19	0.110	71.0	D	3/4"	3/4"	250	17.58	406	208	300	21.1	420	215.6
2B10 E	1	25	0.196	126.5	E	1"	1"	250	17.58	406	208	300	21.1	420	215.6
2B10 F	1 1/4	32	0.307	198.2	F	1 1/4"	1 1/4"	250	17.58	406	208	300	21.1	420	215.6
2B10 G	1 1/2	38	0.503	324.7	G	1 1/2"	1 1/2"	250	17.58	406	208	300	21.1	420	215.6
2B10 H	2	51	0.785	506.7	H	2"	2"	250	17.58	406	208	300	21.1	420	215.6
2B10 J	2 1/2	64	1.287	830.7	J	2 1/2"	2 1/2"	250	17.58	406	208	300	21.1	420	215.6

(1) Para servicio de vapor.

(2) 21.10 Kg/cm<sup>2</sup> (300 PSIG.) En servicio de aire o gas.

(3) 24.61 Kg/cm<sup>2</sup> (350 PSIG.) En servicio de aire o gas.

## ANEXO E. TABELA DE DATOS DEL NIVEL DE CALDERA

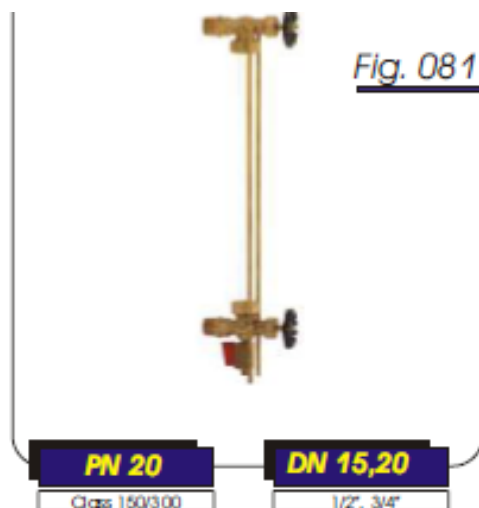


Fig. 081

### Indicador de nível para líquidos

### Liquid Gauge

### Indicador de nivel para líquidos

\*Para uso em tanques, reservatórios, caldeiras, autoclaves e outras instalações similares

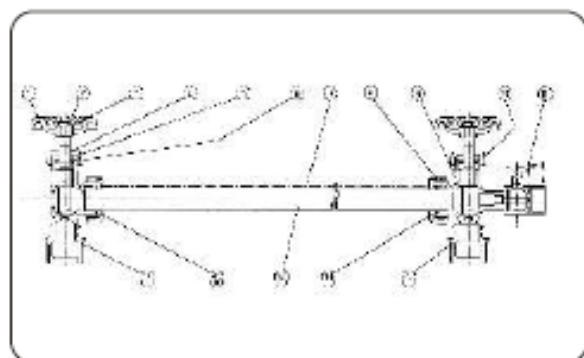
\*For use on storage tanks, reservoirs, boilers and other similar installations

\*Para uso em tanques, reservatórios, caldeiras, autoclaves y otras instalaciones similares.

Vedação tipo agulha  
Sealing with needle point type  
Vedación tipo aguja

Válvula de purga de 1/8 BSPT  
1/8 inch drain cock BSPT  
Grifo de purga de 1/8 BSPT

Extremidade com rosca BSP ou NPT  
End - BSP or NPT  
Extremo roscaado BSP o NPT



Medidas Sizes	Medidas Weights	Peso Weight	Dimensões Dimensions				
NPS*	DN**	Kg	A	B (1)	C	D (2)	E (3)
1/2	15	0,78	32	64	40,6	5/32x420	16x370
3/4	20	0,84	32	64	40,6	5/32x420	16x370

(1) Aberto  
Open  
Abierto


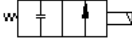


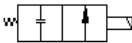
\* NPS Nominal Pipe Size  
\*\* DN Diâmetro Nominal

(2) Diâmetro e comprimento das varas de proteção  
Diameter and length of guard rods  
Diámetro y largura de las varillas de protección





(3) Diâmetro e comprimento do tubo de vidro (opcional)  
Diameter and length of glass (optional)  
Diámetro y largura del tubo de cristal (opcional)

Pos.	Descrição Description Descripción	Materiais Materials Materiales	NSR ASTM
1	Volante Handwheel Volante	Alumínio Aluminum Aluminio	B-85 12A
2	Porca do volante Handwheel nut Tuerca del volante	Aço inoxidável Dichromated steel Acero bicromatado	—
3	Arusla de identificação identification plate Placa de identificación	Alumínio Aluminum Aluminio	—
4	Haste Stem Vástago	Latão Brass Latón	B188C 37700 B-124 Alloy C377
5	Gaxeta Packing Empaque	PTFE	—
6	Arusla Washer Arandela	Latão Brass Latón	B188C 37700 B-124 Alloy C377
7	Vareta Rod Varilla	Latão Brass Latón	B188C 37700 B-124 Alloy C377
8	Porca de união Union nut Tuerca del unión	Bronze Bronze Bronce	A31 4C B3600 B-42 Alloy C835
9	Cabeça de vareta Rod bonnet Cabeza de varilla	Latão Brass Latón	B188C3 7700 B-124 Alloy C377
10	Porca da gaxeta Packing nut Tuerca prensa empaque	Bronze Bronze Bronce	A314 C8 4800 B-584 Alloy C844
11	Mini válvula de esfera Mini ball valve Mini válvula de bola	Latão cromado Chro. plat. br/ass Latón rel. Cromado	—
12	Corpo Body Cuerpo	Bronze Bronze Bronce	A314 C8 3600 B-42 Alloy C835
13	Arusla Washer Arandela	Latão Brass Latón	B188 C3 7700 B-124 Alloy C377
14	Tubo Tube Tubo	Vidro Glass Vidrio	—
15	Anel tipo O ring O ring Anillo tipo O ring	Buna N	—
16	Corpo Body Cuerpo	Bronze Bronze Bronce	A314 C8 3600 B-42 Alloy C835

## ANEXO F. TABLA DE DATOS DEL SOLENOIDE

3	<a href="#">2V025 1/8</a>	\$21.67		1/8 NPT	1 =12VDC 2 =24VDC	G=Grommet  D= DIN (with LED)	2/2/1 Direct Acting Normally closed Two Way Valve 14 -140 deg. F Vacuum-115 PSI Response Time <20 ms	Cv = 0.23 22 SCFM @100 PSI	3W for 40PSI 4.8W for 80PSI	 Download Catalog <a href="#">2V025 PDF</a>
4	<a href="#">2V025 1/4</a>	\$21.67		1/4 NPT	2A =24VAC 3 =110VAC 4 =220VAC (50/60Hz)				6.5W for 115 PSI	
5	<a href="#">2V035 1/8</a>	\$21.67		1/8 NPT 10-32 Exh.	1 =12VDC 2 =24VDC	G=Grommet  D= DIN (with LED)	3/2/1 Direct Acting Normally closed or open Three Way Valve 14 -140 deg. F Vacuum-115 PSI Response Time <20 ms	Orifice: 1 MM Cv = 0.05 5 SCFM @100 PS	3W for 40PSI 4.8W for 80PSI	
6	<a href="#">2V035 1/4</a>	\$21.67		1/4 NPT 10-32 Exh.	2A =24VAC 3 =110VAC 4 =220VAC (50/60Hz)				6.5W for 115 PSI	
7	<a href="#">2V1 1/8</a>	\$21.67		1/8 NPT	1 =12VDC 2 =24VDC	G=Grommet  D= DIN (with LED)	2/2/1 Direct Acting Normally closed Stacking Two Way Valve 14 -140 deg. F Vacuum-115 PSI Response Time <20 ms	Cv = 0.23 22 SCFM @100 PSI	3W for 40PSI 4.8W for 80PSI	
8	<a href="#">3V1 1/8</a>	\$21.67		1/8 NPT 10-32 Exh.	2A =24VAC 3 =110VAC 4 =220VAC (50/60Hz)			3/2/1 Direct Acting Normally closed or open Stacking Three Way Valve 14 -140 deg. F Vacuum-115 PSI Response Time <20 ms	Orifice: 1 MM Cv = 0.05 5 SCFM @100 PSI	6.5W for 115 PSI

## ANEXO G. TABLA DE DATOS DEL TERMOSTATO

Accesorios Eléctricos: Termostato con sonda externa 					
	Código	Largo serpent.	Sonda	Peso	
	12.5050.00	900 mm - 35,4 in	7 x 95 mm - 0,28 x 3,74 in	116 gr - 4,09 oz	10 
<b>Características comunes</b>					
Temperatura nominal			120 °C - 250 °F		
Tensión Máxima			240 V		
Intens. Corr. máx.			16 (6) A		

## ANEXO H. TABLA DE DATOS DE RACORES MACHO DEL SISTEMA NEUMATICO

<b>K10T</b>		FISSO DIRITTO RIDOTTO CONICO SERIE-K FIXED TAPERED REDUCED STRAIGHT K-SERIES DROIT FIXE CONIQUE REDUIT SERIE-K GERADER EINSCHRAUBANSCHLUSS+OR Serie-K									
CODICE	A	B	C	D	E	F	G	CH	CH1	GR	
K10T8040T	R1/8	4	19.3	7.5	10				3	6	
K10T4040T	R1/4	4	20.3	9	14				3	13	
K10T8060T	R1/8	6	21.8	7.5	12				4	7	
K10T4060T	R1/4	6	20.8	9	14				5	10	
K10T3060T	R3/8	6	23	10.5	17				4	21	
K10T2060T	R1/2	6	24.5	12	21				5	39	
K10T8080T	R1/8	8	26.2	7.5	14				5	10	
K10T4080T	R1/4	8	24	9	14				6	10	
K10T3080T	R3/8	8	23.8	10.5	17				6	18	
K10T2080T	R1/2	8	25.5	12	21				6	33	
K10T8100T	R1/8	10	28.5	7.5	17				5	15	
K10T4100T	R1/4	10	30	9	17				5	17	
K10T3100T	R3/8	10	28.6	10.5	17				8	20	
K10T2100T	R1/2	10	27.5	12	21				8	31	
K10T4120T	R1/4	12	31.7	9	19				6	20	
K10T3120T	R3/8	12	30.2	10.5	19				8	21	
K10T2120T	R1/2	12	29.1	12	21				10	29	
K10T3140T	R3/8	14	35	10.5	22.4					31	
K10T2140T	R1/2	14	35	12	22.4					42	
K10T3160T	R3/8	16	36.5	10.5	23					44	
K10T2160T	R1/2	16	36.5	12	23					43	

## ANEXO I. TABLA DE DATOS DE CONEXIONES EN T DEL SISTEMA NEUMATICO

<b>K70</b>		INTERMEDIO-T SERIE-K INTERMEDIATE TEE K-SERIES TEEGAL SERIE-K TAERBINDER Serie-K									
CODICE	A	B	C	D	E	F	G	CH	CH1	GR	
K700040	4	4	18.8	17	8	10.7	3			6	
K704060	6	4	20.1	17	9	13.3	3			6	
K704080	8	4	22.5	18	10	14.5	3			6	
K700060	6	6	20.1	17	9	13.3	3			9	
K706080	8	6	22.6	18	10	14.5	3			9	
K706100	10	6	26.5	18	11	18	4			19	
K700080	8	8	22.6	22	10	14.5	3			11	
K708100	10	8	26.5	22	11	18.2	4			14	
K708120	12	8	26.5	25.5	13	19.5	4			23	
K700100	10	10	26.5	22	11	18.2	4			20	
K701120	12	10	28.3	24.5	12	20.6	4			19	
K700120	12	12	28.3	25	12	20.6	4			25	
K702160	16	12	32.5	31.5	21	25.2	5			21	
K700140	14	14	31	30	15	23.6	5			35	
K700160	16	16	32.5	32	22	25.2	5			35	

## ANEXO J. TABLA DE DATOS DEL ACOPLE TIPO Y PARA EL SISTEMA NEUMATICO

<b>K51</b>		INTERMEDIO-Y SERIE-K INTERMEDIATE Y K-SERIES INTERMEDIAIREY SERIE-K Y-ANSCHLUSS Serie-K									
CODICE	A	B	C	D	E	F	G	CH	CH1	GR	
K514060	6	4	51	3	10.5					6	
K510040	4	4	32.3	3	10.5					6	
K514080	8	4	41	3	10.5					9	
K510060	6	6	39.4	3	12.9					9	
K516080	8	6	41.5	3	12.9					9	
K516100	10	6	48.5	4	12.9					13	
K510080	8	8	41.8	3	14.3					11	
K518100	10	8	49	4	14.3					14	
K518120	12	8	64	4	14.3					19	
K510100	10	10	49.5	4	17.6					19	
K511120	12	10	65	4	17.6					21	
K510120	12	12	54.1	4	20.7					26	
K512160	16	12	58.5	5	24.2					31	
K510140	14	14	57.6	5	22.5					30	
K510160	16	16	58.5	5	24.2					33	

## ANEXO K. TABLA DE DATOS DE LA MANGUERA PARA SISTEMA NEUMATICO



### Características

- Su flexibilidad excepcional permite obtener radios de curvatura mas pequeños
- Durable, ligera, resistente a la abrasión y químicos
- Ideal en aplicaciones a baja temperatura ambiental
- Aplicable en robótica, sistemas neumáticos, herramientas, vacío, instrumentación, etc.

### Manguera en Poliuretano Serie MPC - En Pulgadas

Referencia	OD	ID	Color	Presión de Trabajo
MPC1011	1/8"	2 mm	Negro	150 PSI
MPC1015	1/8"	2 mm	Azul	150 PSI
MPC1021	1/4"	4.15 mm	Negro	150 PSI
MPC1025	1/4"	4.15 mm	Azul	150 PSI
MPC1091	5/16"	5 mm	Negro	150 PSI
MPC1095	5/16"	5 mm	Azul	150 PSI
MPC1031	3/8"	6 mm	Negro	150 PSI
MPC1035	3/8"	6 mm	Azul	150 PSI
MPC1041	1/2"	8.5 mm	Negro	150 PSI
MPC1045	1/2"	8.5 mm	Azul	150 PSI

Presentación: 1/8" OD en rollos de 25 mts. y 200 mts.  
1/4", 5/16", 3/8" y 1/2" OD en rollos de 25 mts. y 100 mts.

### Datos Técnicos

Fluido:  
Aire comprimido y agua

Temperatura de Trabajo:

Serie MP:  
-20°C a 70°C ~ -4°F a 158°F







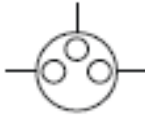








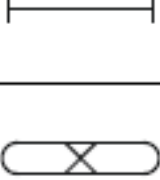

Serie MPC:  
0°C a 60°C ~ 32°F a 140°F



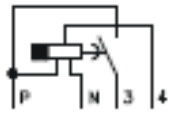


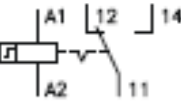

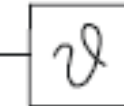
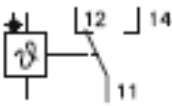


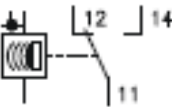





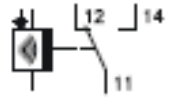


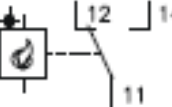


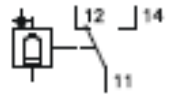
### Manguera en Poliuretano Serie MPC - Milimétrica

Referencia	OD	ID	Color	Presión de Trabajo
MPC2041	4 mm	2.5 mm	Negro	150 PSI
MPC2045	4 mm	2.5 mm	Azul	150 PSI
MPC2061	6 mm	4 mm	Negro	150 PSI
MPC2065	6 mm	4 mm	Azul	150 PSI
MPC2081	8 mm	5 mm	Negro	150 PSI
MPC2085	8 mm	5 mm	Azul	150 PSI
MPC2101	10 mm	6.5 mm	Negro	150 PSI
MPC2105	10 mm	6.5 mm	Azul	150 PSI
MPC2121	12 mm	8 mm	Negro	150 PSI
MPC2125	12 mm	8 mm	Azul	150 PSI
MPC2165	16 mm	12 mm	Azul	150 PSI

Presentación: 4 y 6 mm OD en rollos de 25 mts. y 200 mts.  
8, 10, 12 y 16 mm OD en rollos de 25 mts. y 100 mts.


## ANEXO L. SIMBOLOGIA ELECTRICA

<b>Simbología eléctrica normalizada</b>				
Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Clavija macho	Se admiten como dispositivos de conexión en carga hasta 16 A.
			Clavija hembra	
			Toma de corriente bipolar de 16 A con toma de tierra T	Se instalarán a 20 cm del pavimento, excepto en cocinas y baños, en donde la distancia será de 110 cm.
			Toma de corriente bipolar de 25 A con toma de tierra	La distancia al pavimento será de 70 cm.
			Toma de corriente trifásica con toma de tierra	Se instalará según necesidades de utilización.
			Punto de luz o lámpara	La sección mínima prevista para la alimentación de puntos de luz será de 1,5 mm <sup>2</sup> .
			Lámpara fluorescente	Todos los puntos de luz deberán disponer de conductor de protección, el cual será de la misma sección que el conductor de fase.

Simbología eléctrica normalizada					
Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación	
	Unifilar	Multifilar			
			Automático de escalera	Se instalará en carril o en fondo de caja, según necesidad.	
			Terminador	Se instalará en carril o en fondo de caja, según necesidad.	
			Termostato	Se instalará lejos de las fuentes de calor y de las corrientes de aire. Altura del suelo entre 1,5 y 1,7 m.	
			Detector de movimientos (PIR)	Se instalará lejos de las fuentes de calor y de las corrientes de aire. Prestar atención al ángulo de cobertura.	
			Emisor IR	Para el correcto funcionamiento, el emisor debe apuntar al receptor.	
			Receptor IR	Su instalación dependerá del tipo de receptor (de techo, empotrar, etc.)	
			Detector de incendios	En viviendas se instalarán preferentemente en cocina y pasillos distribuidores	
			Detector de gas	<b>GAS</b>	<b>Altura</b>
				Butano o propano	0,30 m del suelo.
				Natural	2,3 m del suelo

## ANEXO M. SOLDADURA PARA LA CONSTRUCCION DE LA CALDERA

**WEST RODE 2212**



**COMPOSICIÓN QUÍMICA TÍPICA (%)**

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	S	P
0.03	1.05	0.55	22.6	12.5	0.05	0.015	0.02

**PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS**

Resistencia a la tracción	=80 Ksi =550 N/mm <sup>2</sup>
Elongación	>30%
Dureza metal depositado	200 HB

**PROPIEDADES DEL DEPÓSITO**

- Excelente resistencia al calor
- Muy buena resistencia a la corrosión
- Muy buena resistencia a la fricción
- Muy buena resistencia al agrietamiento
- Muy buena resistencia al impacto
- Resistencia a la oxidación hasta 1000°C
- Excelente soldabilidad
- Buena maquinabilidad

**APLICACIONES**

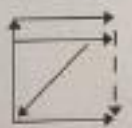
Electrodo con composición balanceada para dar mejor resistencia al agrietamiento especialmente en la unión de aceros inoxidable con aceros al carbono. Esta formulación a su vez produce un depósito adecuado para aplicaciones con alta temperatura hasta 1000° C aun en ambientes corrosivos.

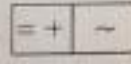
Especial para la unión de aceros AISI 309 o como capa de colchón en la unión de aceros «Cladding».

**AMPERAJES RECOMENDADOS**

DIÁMETRO		LONGITUD		AMPERAJE
mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	
2.4	3/32"	300	12	45 - 80
3.2	1/8	350	14	70 -110
4.0	5/32	350	14	100 -145
4.8	3/16	350	14	125 - 170

Empaque de 5 kg.





## ANEXO N. NORMA ASME DE PRUEBA HIDROSTATICA PARA CALDERAS

UG-99

2001 SECTION VIII — DIVISION 1

UG-99

### UG-99 STANDARD HYDROSTATIC TEST

(a) A hydrostatic test shall be conducted on all vessels after:

(1) all fabrication has been completed, except for operations which could not be performed prior to the test such as weld end preparation [see U-1(e)(1)(a)], cosmetic grinding on the base material which does not affect the required thickness; and

(2) all examinations have been performed, except those required after the test.

The completed vessels, except those tested in accordance with the requirements of UG-100 and UG-101, shall have satisfactorily passed the hydrostatic test prescribed in this paragraph.

(b) Except as otherwise permitted in (a) above and 27-3, vessels designed for internal pressure shall be subjected to a hydrostatic test pressure which at every point in the vessel is at least equal to 1.3 times the maximum allowable working pressure<sup>35</sup> to be marked on the vessel multiplied by the lowest ratio (for the materials of which the vessel is constructed) of the stress value  $S$  for the test temperature on the vessel to the stress value  $S$  for the design temperature (see UG-21). All loadings that may exist during this test shall be given consideration.

(c) A hydrostatic test based on a calculated pressure may be used by agreement between the user and the manufacturer. The hydrostatic test pressure at the top of the vessel shall be the minimum of the test pressures calculated by multiplying the basis for calculated test pressure as defined in 3-2 for each pressure element by 1.3 and reducing this value by the hydrostatic head on that element. When this pressure is used, the Inspector shall reserve the right to require the manufacturer or the designer to furnish the calculations used for determining the hydrostatic test pressure for any part of the vessel.

(d) The requirements of (b) above represent the minimum standard hydrostatic test pressure required by this Division. The requirements of (c) above represent a special test based on calculations. Any intermediate value of pressure may be used. This Division does not specify an upper limit for hydrostatic test pressure. However, if the hydrostatic test pressure is allowed to exceed, either intentionally or accidentally, the value determined as prescribed in (c) above to the degree that the vessel is subjected to visible permanent distor-

tion, the Inspector shall reserve the right to reject the vessel.

(e) Combination units [see UG-19(a) and UG-21] shall be tested by one of the following methods.

(1) Pressure chambers of combination units that have been designed to operate independently shall be hydrostatically tested as separate vessels, that is, each chamber shall be tested without pressure in the adjacent chamber. If the common elements of a combination unit are designed for a larger differential pressure than the higher maximum allowable working pressure to be marked on the adjacent chambers, the hydrostatic test shall subject the common elements to at least their design differential pressure, corrected for temperature as in (b) above, as well as meet the requirements of (b) or (c) above for each independent chamber.

(2) When pressure chambers of combination units have their common elements designed for the maximum differential pressure that can possibly occur during startup, operation, and shutdown, and the differential pressure is less than the higher pressure in the adjacent chambers, the common elements shall be subjected to a hydrostatic test pressure of at least 1.3 times the differential pressure to be marked on the unit, corrected for temperature as in UG-99(b).

Following the test of the common elements and their inspection as required by (g) below, the adjacent chambers shall be hydrostatically tested simultaneously [see (b) or (c) above]. Care must be taken to limit the differential pressure between the chambers to the pressure used when testing the common elements.

The vessel stamping and the vessel Data Report must describe the common elements and their limiting differential pressure. See UG-116(j) and UG-120(b).

(f) Single-wall vessels designed for a vacuum or partial vacuum only, and chambers of multichamber vessels designed for a vacuum or partial vacuum only, shall be subjected to an internal hydrostatic test or when a hydrostatic test is not practicable, to a pneumatic test in accordance with the provisions of UG-100. Either type of test shall be made at a pressure not less than 1.3 times the difference between normal atmospheric pressure and the minimum design internal absolute pressure.

(g) Following the application of the hydrostatic test pressure, an inspection shall be made of all joints and connections. This inspection shall be made at a pressure not less than the test pressure divided by 1.3. Except for leakage that might occur at temporary test closures for those openings intended for welded connections, leakage is not allowed at the time of the required visual inspection. Leakage from temporary seals shall

<sup>35</sup> The maximum allowable working pressure may be assumed to be the same as the design pressure when calculations are not made to determine the maximum allowable working pressure.

be directed away so as to avoid masking leaks from other joints.

The visual inspection of joints and connections for leaks at the test pressure divided by 1.3 may be waived provided:

- (1) a suitable gas leak test is applied;
- (2) substitution of the gas leak test is by agreement reached between Manufacturer and Inspector;
- (3) all welded seams which will be hidden by assembly be given a visual examination for workmanship prior to assembly;
- (4) the vessel will not contain a "lethal" substance.

(h) Any nonhazardous liquid at any temperature may be used for the hydrostatic test if below its boiling point. Combustible liquids having a flash point less than 110°F (43°C), such as petroleum distillates, may be used only for near atmospheric temperature tests. It is recommended that the metal temperature during hydrostatic test be maintained at least 30°F (17°C) above the minimum design metal temperature, but need not exceed 120°F (48°C), to minimize the risk of brittle fracture. [See UG-20 and General Note (6) to Fig. UCS-66.2.] The test pressure shall not be applied until the vessel and its contents are at about the same temperature. If the test temperature exceeds 120°F (48°C), it is recommended that inspection of the vessel required by (g) above be delayed until the temperature is reduced to 120°F (48°C) or less.

**CAUTION:** A small liquid relief valve set to  $1\frac{1}{2}$  times the test pressure is recommended for the pressure test system, in case a vessel, while under test, is likely to be warmed up materially with personnel absent.

(i) Vents shall be provided at all high points of the vessel in the position in which it is to be tested to purge possible air pockets while the vessel is filling.

(j) Before applying pressure, the test equipment shall be examined to see that it is tight and that all low-pressure filling lines and other appurtenances that should not be subjected to the test pressure have been disconnected.

(k) Vessels, except for those in lethal service, may be painted or otherwise coated either internally or externally, and may be lined internally, prior to the pressure test. However, the user is cautioned that such painting/coating/lining may mask leaks that would otherwise have been detected during the pressure test.

#### UG-100 PNEUMATIC TEST<sup>36</sup> (SEE UW-50)

(a) Subject to the provisions of UG-99(a)(1) and (a)(2), a pneumatic test prescribed in this paragraph may be used in lieu of the standard hydrostatic test prescribed in UG-99 for vessels:

- (1) that are so designed and/or supported that they cannot safely be filled with water;
- (2) not readily dried, that are to be used in services where traces of the testing liquid cannot be tolerated and the parts of which have, where possible, been previously tested by hydrostatic pressure to the pressure required in UG-99.

(b) Except for enameled vessels, for which the pneumatic test pressure shall be at least equal to, but need not exceed, the maximum allowable working pressure to be marked on the vessel, the pneumatic test pressure shall be at least equal to 1.1 times the maximum allowable working pressure to be stamped on the vessel multiplied by the lowest ratio (for the materials of which the vessel is constructed) of the stress value  $S$  for the test temperature of the vessel to the stress value  $S$  for the design temperature (see UG-21). In no case shall the pneumatic test pressure exceed 1.1 times the basis for calculated test pressure as defined in 3-2.

(c) The metal temperature during pneumatic test shall be maintained at least 30°F (17°C) above the minimum design metal temperature to minimize the risk of brittle fracture. [See UG-20 and General Note (6) to Fig. UCS-66.2.]

(d) The pressure in the vessel shall be gradually increased to not more than one-half of the test pressure. Thereafter, the test pressure shall be increased in steps of approximately one-tenth of the test pressure until the required test pressure has been reached. Then the pressure shall be reduced to a value equal to the test pressure divided by 1.1 and held for a sufficient time to permit inspection of the vessel. Except for leakage that might occur at temporary test closures for those openings intended for welded connections, leakage is not allowed at the time of the required visual inspection.

<sup>36</sup>In some cases it is desirable to test vessels when partly filled with liquids. For such vessels a combined hydrostatic and pneumatic test may be used as an alternative to the pneumatic test of this paragraph, provided the liquid level is set so that the maximum stress including the stress produced by pneumatic pressure at any point in the vessel (usually near the bottom) or in the support attachments, does not exceed 1.3 times the allowable stress value of the material multiplied by the applicable joint efficiency. After setting the liquid level to meet this condition, the test is conducted as prescribed in (b) and (c) above.

Air or gas is hazardous when used as a testing medium. It is therefore recommended that special precautions be taken when air or gas is used for test purposes.

## ANEXO O. RESULTADOS DE PRUBA DE CAMPO

PRUEBA HIDROSTATICA			
	PRESION	TIEMPO DE PRUEBA	RESULTADOS
<b>1</b>	120 PSI	1 MINUTO	Se obtiene que la caldera presenta fugas en algunos puntos de soldadura.
<b>Corrección de Fugas</b>			
<b>2</b>	120 PSI	5 MINUTOS	Se obtiene que la caldera funciona correctamente, sin presentar fugas.
PRUEBA DE VAPOR			
	PRESION	TIEMPO DE PRUEBA	RESULTADOS
<b>3</b>	75 PSI	40 MINUTOS	Se obtiene un caudal de vapor saturado a una Temperatura de 110°C
PRUEBA DE RESISTENCIAS			
	TEMPERATURA	TIEMPO DE PRUEBA	RESULTADOS
<b>4</b>	120°C	10 MINUTOS	Se realiza un prueba mediante el termostato, luego de alcanzar la temperatura de 120°C se apagan las resistencias se apagan y la temperatura cae.