



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERIA MECÁNICA**

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DE LA INYECTORA DE POLIURETANO Y LA FACTIBILIDAD DE CONTROLAR LA TEMPERATURA EN LOS PUNTOS CRITICOS DE LA MAQUINA CONSTRUIDA POR LA EMPRESA ITALPLASTICOS DE LA CIUDAD DE AMBATO”.**

---

Trabajo de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico

**Autor:**

Alex Omar García Terán

**Tutor:**

Ing. Alex Mayorga

Ambato-Ecuador

2011

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: **“ESTUDIO DE LA INYECTORA DE POLIURETANO Y LA FACTIBILIDAD DE CONTROLAR LA TEMPERATURA EN LOS PUNTOS CRITICOS DE LA MAQUINA CONSTRUIDA POR LA EMPRESA ITALPLASTICOS DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, del estudiante García Terán Alex Omar, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil Y Mecánica, carrera de Ingeniería Mecánica, considero que dicho informe reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador que el H. Consejo de Posgrado.

Ambato, Agosto de 2011.

**TUTOR**

---

Ing. Alex Mayorga

## **DEDICATORIA**

*El esfuerzo y dedicación son los frutos a futuro que cosecharemos en el transcurso de nuestras vidas.*

*A mi padre amigo y consejero quien me enseñó que ningún obstáculo es imposible y que solo con la perseverancia y las ganas que le pongas a las cosas que realizas en la vida te llevara a superar el más grande de los desafíos.*

*A mi madre, compañera y amiga quien me enseñó a tener paciencia y control sobre todo lo que aemos teniendo en cuenta que hay una vida hermosa por delante en la que podemos perseguir nuestros sueños.*

*A mis hermanos, quienes estuvieron a mi lado apoyándome y alentándome para no fracasar.*

*Les dedico a ustedes, padre, madre, hermanos, las personas que más respeto y amo ya que ustedes representan toda mi fuerza y todas las ganas para poder superarme en la vida y alcanzar las metas anheladas.*

*Alex*

## *AGRADECIMIENTO*

*El agradecimiento desde el fondo de mi corazón es hacia el todo poderoso Dios ya que estuviste en los momentos malos y buenos de nuestras vidas me brindaste tu fortaleza, tu paz y no me permitiste caer y también por darme la vida, una familia y a mis padres a los cuales no les cambiaría por nada del mundo.*

*Un agradecimiento especial a los centros educativos en donde me prepare desde cuando fui un niño hasta convertirme en hombre que debe tomar decisiones y responsabilidades.*

*A mis amigos y compañeros quienes me enseñaron el valor de la alegría y el entusiasmo.*

*Al ingeniero Alex Mayorga quien fue la persona en quien tuve un apoyo absoluto para el desarrollo de la tesis y también a todas las personas que conforman la empresa Italplásticos por darme la oportunidad gracias.*

*Alex*

## ÍNDICE GENERAL

Portada.....	i
Aprobación del Tutor.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice General.....	v
Índice de Cuadros y Gráficos.....	xi
Resumen Ejecutivo.....	xiv

### CAPITULO I EL PROBLEMA

1.1. Tema.....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	1
1.2.1. Contextualización.....	1
1.2.2. Análisis Crítico.....	3
1.2.3. Prognosis.....	3
1.2.4. Formulación del Problema.....	4
1.2.5. Preguntas directrices.....	4
1.2.6. Delimitación de la Investigación.....	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos.....	6

### CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos.....	7
2.2. Fundamentación Filosófica.....	9
2.3. Fundamentación Legal.....	10

2.4. Categorización de variables.....	11
2.5. Fundamentación Teórica.....	12
2.5.1. Administración de Producción.....	12
2.5.2 Plantas Industriales.....	13
2.5.2.1. Plantas de producción o fabricación, de servicio y de ventas.....	13
2.5.2.2. Distribución de una planta.....	13
2.5.2.3. Distribución Orientada al producto o al proceso.....	14
2.5.3 Procesos de Manufactura.....	14
2.5.3.1. Procesos de manufactura de Plásticos.....	14
2.5.4. Inyectora de poliuretano.....	15
2.5.4.1. Descripción de una máquina inyectora.....	16
2.5.4.2. Componentes del sistema.....	16
2.5.4.3. Sistema de almacenamiento de componentes.....	16
2.5.4.4. Sistemas de calefacción y enfriamiento de los componentes.....	17
2.5.4.5. Cabezal de inyección.....	18
2.5.4.6. Tableros de control.....	19
2.5.4.7. Moldes.....	19
2.5.4.8. El Poliuretano.....	20
2.5.4.9. Química del poliuretano.....	22
2.5.4.10. Reactividad.....	24
2.5.5. Ingeniería Mecánica.....	24
2.5.6. Automatización Industrial.....	26
2.5.7. Sistemas de control.....	27
2.5.7.1. Clasificación de los sistemas de control.....	27
2.5.7.1.1. Sistemas de control de lazo abierto.....	27
2.5.7.1.2. Sistemas de control de lazo cerrado.....	28
2.5.7.1.3 Retroalimentación.....	28
2.5.8. Controladores de temperatura.....	29
2.5.8.1. Medidores y controladores de temperatura.....	29
2.5.8.2. Sensores de temperatura.....	31

2.5.8.3 Sensores de temperatura tipo RTD.....	32
2.5.8.4. Termistores.....	35
2.5.8.4.1. Termistores NTCs.....	35
2.5.8.4.2. Termistores PTCs.....	36
2.5.8.4.3. Termopares.....	38
2.5.8.4.3.1 Tipos de termopares.....	39
2.5.8.5. Controladores Lógicos Programables PLC.....	41
2.5.8.5.1. Unidad de entrada y salida.....	42
2.5.8.5.2. Programas de entrada.....	43
2.5.8.5.3. Formas de PLC.....	43
2.5.8.6. Microcontroladores.....	44
2.5.8.6.1. Controlador y microcontrolador.....	45
2.5.8.6.2. Selección del microcontrolador.....	46
2.5.8.6.3. Microchip.....	47
2.5.9. Pérdidas de material y poliuretano en la inyectora.....	47
2.6. Hipótesis.....	48
2.7. Variables de la hipótesis.....	48
2.7.1. Variable Independiente.....	48
2.7.2. Variable Dependiente.....	48

### **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

3.1. Enfoque.....	49
3.2. Modalidad de la Investigación.....	49
3.3. Nivel o tipo de investigación.....	50
3.4. Población y Muestra.....	50
3.5. Operacionalización de Variables.....	51
3.6. Recolección de la información.....	53
3.7. Procesamiento de la Información.....	53
3.8. Validez y confiabilidad.....	54

3.8.1. Validez.....	54
3.8.2. Confiabilidad.....	54
3.9. Plan para la recolección de la información.....	54
3.10. Plan para el procesamiento de la información.....	55

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. Resultado de la mezcla de los componentes.....	56
4.2. Determinación experimental de la temperatura de mezcla.....	59
4.3. Determinación del tiempo requerido de producción de la planta de calzado.....	63
4.4. Opinión para la elección de los equipos del control de temperatura.....	65
4.5. Graficas en el comportamiento del control de la temperatura.....	75
4.6. Verificación de la hipótesis.....	77

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones.....	78
5.2. Recomendaciones.....	79

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

6.1. Tema.....	80
6.2. Datos Informativos.....	80
6.3. Antecedente.....	80
6.4. Justificación.....	81
6.5. Objetivos.....	82
6.5.1. General.....	82
6.5.2. Específicos.....	82
6.6 Análisis de Factibilidad.....	82
6.7. Fundamentación teórica-científica.....	83



6.7.1. Descripción del punto crítico de estudio.....	83
6.7.1.1 Funcionamiento.....	83
6.7.2. Sistemas de control de temperatura.....	84
6.7.3 Ventajas del Sistema de control de temperatura.....	85
6.7.4. Componentes básicos de un sistema de control de temperatura.....	85
6.7.5. Sistemas de control Automático.....	86
6.7.6. Función del control Automático.....	87
6.7.7. Clasificación de los sistemas de control Automático.....	88
6.7.8. Sensores.....	91
6.7.8.1. Clasificación de los sensores.....	91
6.7.9. Sensores de temperatura.....	92
6.7.10. Controladores Lógicos Programables PLC.....	94
6.7.10.1. Funciones.....	95
6.7.10.2. Ventajas.....	95
6.7.10.3. Estructura.....	96
6.7.10.4 Programación de la memoria de un PLC.....	97
6.8. Metodología.....	97
6.8.1. Cálculo de cargas térmicas.....	97
6.8.2. Transmisión de calor a través de tanques de los componentes.....	98
6.8.2.1. Transmisión de calor a través del molde.....	104
6.8.2.2. Sistema de calefacción.....	105
6.8.3. Selección de los equipos para el sistema de control.....	108
6.8.4. Selección del sensor de temperatura.....	110
6.8.5. Selección de los contactores.....	111
6.8.5.1. Lógica de programación.....	111
6.9. Matriz del plan de acción.....	115
6.10 Administración.....	117
6.11 Previsión de la evaluación.....	119
Bibliografía.....	120
Anexos.....	123

## INDICE DE CUADROS Y GRAFICOS

Figura 2.1.....	11
Figura 2.2.....	17
Figura 2.3.....	17
Figura 2.4.....	18
Figura 2.5.....	19
Figura 2.6.....	19
Figura 2.7.....	20
Figura 2.8.....	25
Figura 2.9.....	27
Figura 2.10.....	28
Figura 2.11.....	28
Figura 2.12.....	29
Figura 2.13.....	32
Figura 2.14.....	33
Figura 2.15.....	35
Figura 2.16.....	37
Figura 2.17.....	38
Figura 2.18.....	41
Figura 2.19.....	44
Figura 4.1.....	56
Figura 4.2.....	56
Figura 4.3.....	57
Figura 4.4.....	57
Tabla 4.1.....	58
Figura 4.5.....	59
Figura 4.6.....	59
Figura 4.7.....	60

Figura 4.8.....	60
Tabla 4.2.....	62
Tabla 4.3.....	63
Grafico 4.1.....	65
Grafico 4.2.....	66
Grafico 4.3.....	67
Grafico 4.4.....	68
Grafico 4.5.....	69
Grafico 4.6.....	70
Grafico 4.7.....	71
Grafico 4.8.....	72
Grafico 4.9.....	73
Grafico 4.10.....	74
Grafico 4.11.....	75
Grafico 4.12.....	75
Grafico 4.13.....	76
Grafico 4.14.....	76
Figura 6.1.....	87
Figura 6.2.....	88
Figura 6.3.....	91
Figura 6.4.....	93
Figura 6.5.....	93
Figura 6.6.....	94
Figura 6.7.....	96
Figura 6.8.....	108
Tabla 6.1.....	108
Tabla 6.2.....	109
Figura 6.9.....	110
Tabla 6.3.....	110
Figura 6.10.....	111

Figura 6.11.....	111
Figura 6.12.....	112
Figura 6.13.....	113
Figura 6.14.....	113
Figura 6.15.....	114
Figura 6.16.....	114
Figura 6.17.....	115
Figura 6.18.....	120
Tabla 6.4.....	120

## **RESUMEN EJECUTIVO**

La Inyectora de Poliuretano está dando gran avance al proceso de moldeo de plásticos como los termoestables, ya que su proceso de inyección y colado es más eficiente en la generación de plantas de calzado, en ese tipo de máquinas existen algunos puntos críticos de estudio como el control de la temperatura que es uno de ellos y tal vez uno de los que más afecta en cualquier proceso que requiera controlarse.

Para generar el poliuretano se requiere de la mezcla de dos componentes que son el Isocianato y el Polioliol, estos dos componentes al unirse forman una reacción química dando como resultado la espuma de poliuretano o poliuretano como lo conocemos, pero antes que se realice la mezcla estos dos componentes son precalentados en un horno a determinada temperatura y luego se los lleva a una temperatura optima de trabajo, esta temperatura es controlada por un sensor dando como resultado un mejor control de la temperatura en este punto clave del proceso.

En este tipo de máquina siempre hay un punto crítico de temperatura que controlar sea en los componentes o en los moldes, pero depende del investigador demostrar cuál es el punto de mayor incidencia a base de análisis y pruebas determinando de esta forma el punto que requiere el mayor control posible

## **EXECUTIVE SUMMARY**

The POLYURETHANE breakthrough is giving the plastic molding process as thermosets because its injection and casting process is more efficient in generating plants footwear, such machines are some critical points as the study temperature control is one and perhaps one of the most affected in any process that requires controlled.

To produce the polyurethane is required the mixing of two components which are the isocyanate and polyol, these two components together form a chemical reaction resulting polyurethane foam or polyurethane as we know, but before the mixture is made these two components are preheated in an oven at a certain temperature and then leads to an optimal working temperature, this temperature is controlled by a sensor resulting in better temperature control key point in this process.

In this type of machine is always a critical point of temperature control is in the components or molds, but depends on the investigator to prove what is the point of highest incidence-based analysis and testing thus determining the point for the greatest control.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION**

#### **1.1 Tema de Investigación**

Estudio de la inyectora de poliuretano y la factibilidad de controlar la temperatura en los puntos críticos de la máquina construida por la empresa ITALPLASTICOS de la ciudad de Ambato.

#### **1.2 Planteamiento del Problema**

##### **1.2.1 Contextualización del Problema**

En el mundo actual los diseños de la máquina inyectora de poliuretano ha sido influido y ha ido cambiando por la demanda de productos con diferentes características dimensionales que le permiten obtener formas y estructuras diferentes, así como también con diferentes polímeros involucrados. Además, su diseño se ha modificado de manera que las piezas moldeadas puedan producirse en menor tiempo y costo, lo cual exige rapidez de inyección, parámetros de temperatura exigidos y un ciclo de moldeo corto y preciso.

Los tiempos modernos de la industria de la automatización ha estado involucrada en la vida diaria de las personas en cualquiera de los ámbitos y ocupaciones laborales o profesionales en las que se encuentre a nivel de todo el mundo los procesos de manufactura y equipos que utilizan para generar determinado producto son cada vez más sofisticados y alcanzan una gran precisión en el momento de su elaboración, los países desarrollados tienen estas ventajas de fomentar e investigar el desarrollo tecnológico para dichos avances que fomentan el desarrollo productivo y el buen vivir de las personas.

En la actualidad las máquinas inyectoras son más sofisticadas y diseñadas para inyectar varios materiales polímeros por ejemplo el poliuretano que es un recurso

cada vez más utilizado, ya no sólo para el sellado de puertas, ventanas y trabajos en los que se quiera aislar elementos de generación de frío o calor entre otros.

El Poliuretano es un polímeros que ha logrado sustituir otros materiales como la madera, metales, fibras naturales, cerámicas y hasta piedras preciosas; el moldeo por inyección es un proceso favorable y no presenta contaminación ambiental, no emite gases ni desechos acuosos, con bajos niveles de ruido. Algunas de las características del poliuretano que le han hecho convertirse en un excelente material aislante entre otros usos diversos son sus buenas propiedades físicas y térmicas, manteniendo todas sus propiedades técnicas en un margen que va de los 50°C bajo cero o a 110°C.

El grado de exactitud de los datos a manejar debe ser preciso para obtener la mayor exactitud posible, por ejemplo para conocer la temperatura necesaria a la cual van a trabajar los moldes para generar las plantas, dando al operario mayor producción en el menor tiempo posible. En otro de los casos, la generación de plantas de poliuretano es costosa ya que se la adquiere a empresas particulares que se dedican a la generación de plantas de calzado, con el inconveniente de que sean de baja calidad.

En el Ecuador existen empresas grandes de calzado con máquinas inyectoras para la generación de plantas de muy buena eficacia y automatizadas en su mayor parte, pero la microempresa no tiene estas ventajas de tener este tipo de máquinas y si la tuviera sería manejada por el operario en su totalidad sin tener algún proceso automático para determinar varios parámetros que lo ayude a la producción de la misma, la cual sería la razón en adquisición de la máquina pudiendo ser originadas por el costo e importación de las mismas.

En la provincia de Tungurahua hay una empresa que se dedica a la construcción de este tipo de máquinas denominada “Italplásticos” que se dedica a la venta de maquinaria industrial así como también al diseño y construcción de inyectoras de todo tipo, dicha empresa ha puesto énfasis en la creación del desarrollo tecnológico con mano de obra ecuatoriana, de esta forma la microempresa y los pequeños artesanos dedicados a la industria del calzado



pueden adquirir esta máquina sin tener el inconveniente de importarla desde el extranjero.

### **1.2.2 Análisis Crítico**

Con los parámetros expuestos y realizados se llegó a la determinación de realizar un estudio del proceso en una máquina inyectora logrando de esta forma aprovechar su desempeño y el mejor control de los sistemas que satisfaga las necesidades, brindando al hombre un mejor manejo de los tiempos de producción, costos, temperatura de trabajo, entre otros puntos, porque no puede ser posible que se trabaje empíricamente sin tener un dispositivo de control que nos ayude a manejar los parámetros expuestos y dejar de lado el pasado primitivo en el que estamos y fomentarnos más al desarrollo.

El presente trabajo investigativo pretende analizar a profundidad un estudio del sistema de control idóneo para manejar los rangos de temperatura entre otros aspectos y darnos una mayor funcionabilidad y producción de las plantas de poliuretano mediante pruebas de campo para medir y visualizarse su funcionamiento utilizando instrumentos de medición y a su vez examinando los resultados obtenidos con los criterios referenciales que existen al respecto.

### **1.2.3 Prognosis.**

En el inconveniente caso de no llevarse a efecto el estudio propuesto los trabajos realizados e investigaciones no tendrán el respectivo soporte básico para la realización de futuros proyectos de aprovechamiento e implementación de sistemas de control automático que pueden ser pautas iniciales para cualquier máquina inyectora en general.

En este punto se debe tomar en cuenta el elevado costo que presenta la adquisición de una de estas máquinas y este hecho determina la obligación de comprar o producir plantas de poliuretano con el riesgo de obtener baja calidad o peor aun que el operario se exponga a mayor esfuerzo físico al querer producir una planta sin tomar en cuenta que la máquina que maneja no dispone de ciertos sistemas de control para alcanzar la máxima eficiencia del mismo, lo cual implica

conocer la realidad y que esté respaldada con un estudio técnico que analice la mayor cantidad de elementos posibles para su automatización.

Además es significativo señalar que el estudio intenta servir como antecedente de referencia para otro tipo de estudios enfocados a contribuir con el desarrollo de nuevas sistemas de control automático sin presentar daños al medio ambiente.

#### **1.2.4 Formulación del Problema**

¿Cómo influye la máquina inyectora de poliuretano en la factibilidad de controlar la temperatura en los puntos críticos de la máquina construida por la empresa Italplásticos, de la ciudad de Ambato?

#### **1.2.5 Preguntas Directrices**

¿La guía de observación permitirá detectar los puntos críticos en la máquina inyectora de poliuretano?

¿Con la encuesta podrá seleccionar el sistema de control de la temperatura aplicable en los puntos críticos de la inyectora de poliuretano?

¿Las pruebas y registro de datos permitirán identificar la temperatura óptima de trabajo?

¿La encuesta permitirá la elaboración de una propuesta de solución al problema del control de la temperatura?

#### **1.2.6 Delimitación**

##### **Contenido**

**Campo:** Ingeniería Mecánica

**Área:** Procesos Automáticos de Control

**Aspecto:** Control de la Temperatura

## **Espacial**

El estudio se desarrollará en la empresa ITALPLASTICOS S.A., de la ciudad de Ambato donde, específicamente en el taller y galpón de la empresa.

## **Temporal**

Se realiza el estudio investigativo en el año 2011

### **1.3 Justificación**

La magnitud e importancia fundamental que tiene el presente proyecto de estudio implica en presentar un análisis del sistema de control automático más factible aplicada a la máquina inyectora de poliuretano construida por la empresa mencionada anteriormente, para servir de fuente o punto de partida para la posterior planificación de proyectos de investigación relacionadas a la automatización de máquinas en general.

Es novedoso porque se busca contribuir en el desarrollo de nuevas tecnologías relacionados a los sistemas de control automáticos que se utilizan en la actualidad y dejar de lado la idea del no poder hacerlo con mano de obra ecuatoriana y que obligadamente debe ser adquirida en el extranjero.

La finalidad específica es presentar datos y pruebas en el campo mismo de la construcción de la máquina, que tiendan a alcanzar la mayor precisión posible, para lo cual se tiene que estudiar a la automatización en sí misma, los aspectos que intervienen directa o indirectamente en su funcionamiento y adicionalmente comprobar los efectos con dispositivos automáticos que permitan controlar a la máquina inyectora de poliuretano.

Siendo así se busca que las personas que trabajan en la construcción de la misma realicen pruebas de interés profesional dando como resultado la mejor utilización de los procesos para beneficiar a los usuarios que adquirirán esta máquina.

ITALPLASTICOS es el lugar y escenario indicado para realizar esta función pues se cuenta con instrumentos de medición como el Voltioampermetro que permite efectuar mediciones de voltaje, amperaje, continuidad, resistencia y también herramientas eléctricas y manuales como llaves, destornilladores planos y estrella, taladro, sierra que permitirán construir los tableros de control y también la Universidad Técnica de Ambato que contribuirá con el aspecto teórico e investigativo de su biblioteca y correspondientemente con la guía del ingeniero tutor designado. Favoreciendo un nuevo inicio de proyectos investigativos de gran relevancia.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Estudiar la máquina inyectora de poliuretano y la factibilidad de controlar la temperatura en los puntos críticos.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Detectar por medio de la guía de observación los puntos críticos en la máquina inyectora de poliuretano.
- Seleccionar el sistema de Control de la temperatura aplicable en los puntos críticos de la inyectora de poliuretano con la ayuda de la encuesta dirigida a técnicos e ingenieros.
- Identificar mediante pruebas y registro de datos por observación la temperatura óptima de trabajo para obtener la planta de poliuretano tipo flexible.
- Elaborar una propuesta de solución a base de la encuesta para el problema de control de la temperatura.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 Antecedentes Investigativos

El moldeo por inyección es una de las tecnologías de procesamiento de plástico más famosas, ya que representa un modo relativamente simple de fabricar componentes con formas geométricas de alta complejidad. Para ello se necesita una máquina de inyección que incluya un molde. En este último, se fabrica una cavidad cuya forma es idéntica a la de la pieza que se desea obtener y para su tamaño se aplica un factor de contracción el cual se agrega en las medidas de la cavidad para que al enfriarse la pieza moldeada se logren las dimensiones deseadas. La cavidad se llena con plástico fundido, el cual se solidifica, manteniendo la forma moldeada.<sup>1</sup>

John Hyatt construyó por primera vez un prototipo de una máquina inyectora por el año de 1872, pero esta atribución se la otorgo a la compañía alemana Cellon-Werkw por haber sido la precursora de esta máquina de inyección moderna. Esta misma empresa presento en el año de 1928, otro prototipo que incluía la descripción de nitrocelulosa (celuloide). Después utilizaron otros tipos de derivados celulósicos como el etanoato de celulosa, ya que el derivado de nitrocelulosa es inflamable. Por otro lado John Beard y Peter Delafield los dos de origen británico, desarrollaron paralelamente la misma técnica en Inglaterra, con los derechos de patente inglesa para la compañía F.A. Hughes Ltd.<sup>2</sup>

La compañía Mentmore Manufacturing produjo en forma masiva la pluma fuente durante los años treinta, la cual utilizaba máquinas de moldeo por

---

<sup>1</sup> [www.todoplasticos.com](http://www.todoplasticos.com)

<sup>2</sup> [www.todoplasticos.com](http://www.todoplasticos.com)

inyección de Eckert&Ziegler (Alemania). Estas máquinas operaban con aire comprimido a unos 31 kg/cm<sup>2</sup>; los controles de esta inyectora incluían válvulas manuales y el sistema de apertura de molde y la extracción de la pieza eran realizados manualmente, sin ningún sistema de control automático ni dispositivos digitales; además, carecían de sistemas de seguridad.<sup>3</sup>

La primera máquina inyectora que funcionaba con elementos eléctricos apareció en el año de 1932, desarrollada por la compañía Eckert&Ziegler. En el mismo tiempo, países como Suiza e Italia comenzaban a dar grandes avances en este tipo de maquinaria y materiales polímeros como el PVC que tuvo una alta producción y menor costo provocó una revolución industrial en el desarrollo de la maquinaria, teniendo el PVC mayor éxito como material para extrusión.<sup>4</sup>

El tornillo recíprocante fue la primera máquina de inyección creada en los Estados Unidos en el año de 1951, sin tener patente hasta 1956. Este cambio ha sido un fortalecimiento en el desarrollo de las máquinas inyectoras. Después de terminada la segunda guerra mundial, la revolución industrial con este tipo de máquina inyectora de plástico percibió un crecimiento comercial sostenido. Sin embargo, a partir de la década de los ochenta, los sistemas de control y diseño de la inyectora en sí, han ido mejorando con el uso e implementación de dispositivos de control, uso de un software CAD, inyección asistida por computadora, eficacia en el control de procesos y mejoras en el control de la calidad del producto.

En la actualidad existen empresas como Abimag en el Brasil es una asociación muy fuerte, y tiene varias cámaras sectoriales. Una de las cámaras sectoriales, es el de los productores de máquinas para plásticos. Para darte una idea, en 2004, la producción estimada de máquinas y equipos en Brasil es de 13 mil millones de dólares. De ese total, 44% está destinado a las exportaciones. Nissei es una industria japonesa líder en el campo de la inyección de plásticos, con cerca de

---

<sup>3</sup> [www.mitecnologico.com/Main/TiposDePlasticos](http://www.mitecnologico.com/Main/TiposDePlasticos)

<sup>4</sup> [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

100.000 unidades vendidas, y una de la gamas más amplias y completas del mercado.<sup>5</sup>

Arburg y Propower son empresas representantes de empresas extranjeras en el Ecuador que se dedican solamente a la distribución e importación de maquinaria, pero no a la construcción de las mismas, en lo que se ha podido investigar la empresa Italplásticos de la ciudad de Ambato a diseño y construido esta inyectora y se encuentra en su parte final de fabricación.<sup>6</sup>

## **2.2 Fundamentación Filosófica**

Una de las principales razones que empuja la presente propuesta es la ambición de impulsar a la creación de sistemas de control automáticos para el funcionamiento de determinada máquina generadora de plantas de poliuretano, sobretodo que ahorre el consumo de energía, evite el esfuerzo humano y que no sea contaminante.

Lo anhelado es tener conciencia que se requiere desterrar la idea desacertada y agarrada de hacer las cosas experimentalmente. Se habitúa a tener como criterio de diseño las suposiciones visuales o tangibles de cierto período, sin recurrir con mucho apego a los razonamientos técnicos y datos investigativos obtenidos. Esta peculiaridad hace que se desperdicien recursos económicos y materiales, impidiendo el progreso del país.

La investigación parte del hecho de los niveles académicos de tercer nivel, debe ser orientada a la solución de problemas de la sociedad manejando todos los entes que involucran el desarrollo científico y tecnológico de estos sistemas automáticos con el apoyo de las empresas gubernamentales.

---

<sup>5</sup>[www.maqtec.com.co/maqtec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55&Itemid=70](http://www.maqtec.com.co/maqtec/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=70)

<sup>6</sup><http://ec.portaldelaindustria.com/rubro/M%C3%A1quinas+Inyectoras>

## **2.3Fundamentación Legal**

### **Constitución de la República del Ecuador del 2011**

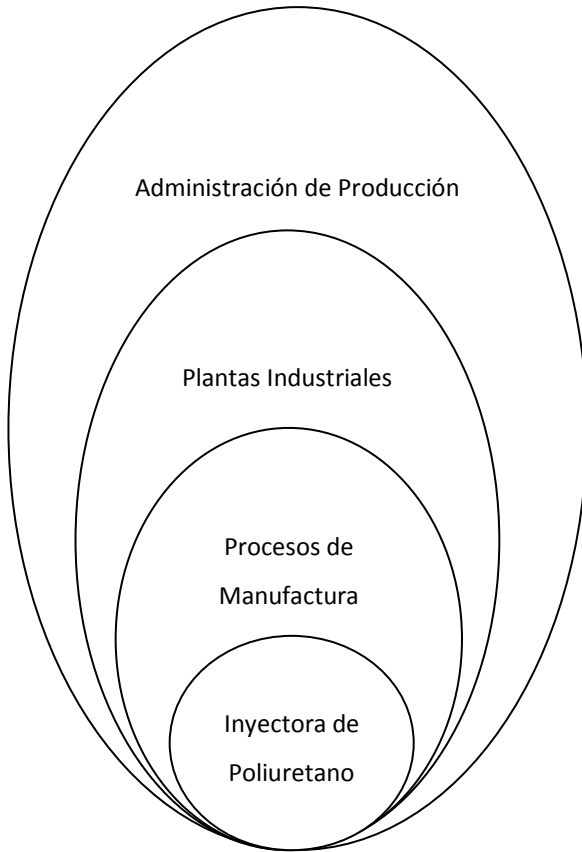
Art. 385. El sistema nacional de ciencia, tecnología y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad.

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsan la producción nacional elevan la eficiencia y la productividad, mejoran la calidad de vida y contribuyen a la realización del buen vivir.



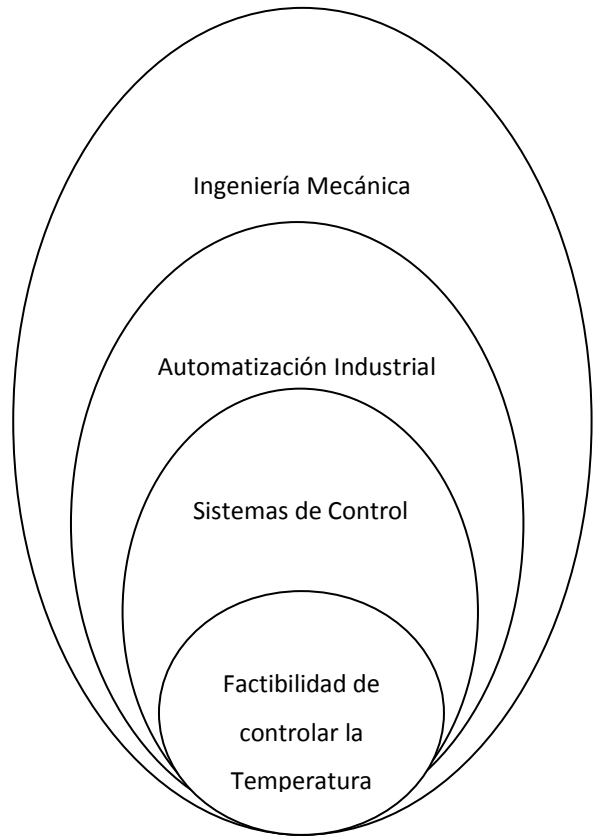
## 2.4 Categorización de Variables

### Variable Independiente



**VARIABLE INDEPENDIENTE**

### Variable Dependiente



**VARIABLE DEPENDIENTE**

Figura #: 2.1

Elaborado por: El Investigador

## **2.5 Fundamentación Teórica**

### **2.5.1 Administración de la Producción.**

La administración de la producción e inventarios (PIM), se puede definir como el diseño, operación y control de sistemas para la manufactura y distribución de productos. PIM tiene tres niveles de aplicación en la cadena logística: el nivel al detalle, el nivel de mayoreo (el almacén) y el nivel de manufactura.

Los ambientes de manufactura presentan un alto grado de variabilidad, pues los hay desde enormes calderas de acero fundido hasta el delicado ensamble de los componentes de una computadora, con frecuencia llevado a cabo en ambientes controlados con mayor cuidado que el de una sala quirúrgica. Dos factores comunes a todos los ambientes de PIM son: el estrecho contacto con las personas y la necesidad de un sistema de planeación y control consistente bien definido. El PIM proporciona muchas oportunidades diferentes y gratificantes de hacer carrera en áreas como la supervisión, planeación de materiales, programación, compras, control de inventario y la asesoría en la administración.

La metodología de la Administración de Producción está cambiando rápidamente, inserta en el las innovaciones tecnológicas. Este capítulo trata del desarrollo histórico de la administración de operaciones a fin de dar a este término una nueva definición conceptual, para clarificar que la Administración de Producción se basa en conceptos de sistemas. La parte final del capítulo analiza dos tipos de control, característicos de la Administración de Producción moderna y su aplicación a la mejora de productividad.

Llega el momento en que los planes deben ejecutarse, cuando la planeación de los requerimientos del material y capacidad ha concluido, y los programas detallados de compras y producción deben ser determinados y emitidos para su ejecución. Las funciones de control de las actividades de producción (PAC) son frecuencia denominada control del piso de taller (SFC) son tener actividades que sean realizadas como fueron planeadas, informar de los resultados de la operación y revisar los planes, según se necesite para lograr los resultados deseados.

## **2.5.2 Plantas industriales**

Una planta industrial es un conjunto formado por máquinas, aparatos y otras instalaciones dispuestas convenientemente en edificios o lugares adecuados, cuya función es transformar materias o energías de acuerdo a un proceso básico preestablecido. La función del hombre dentro de este conjunto es la utilización racional de estos elementos, para obtener mayor rendimiento de los equipos.

### **2.5.2.1 Plantas de producción o fabricación, de servicio y de ventas**

Las planta de producción o fabricación se dedican a la fabricación en serie de varios artículos o partes destinados a la industria textil, alimenticia, del calzado, etc, que según su tipo de instalación manejos de procedimiento, administración, distribución de planta y tecnología llegan a producir decenas y cientos de piezas o productos por minutos y por horas.

Las de servicio entre ellas encontramos a telcel que son empresas que generan un servicio como es el de las telecomunicaciones, intercable, tutoría de Internet.

Las de ventas dentro de este particular encontramos locales establecimientos y hasta plantas que dentro de su distribución de instalaciones cuentan con un área de ventas, por ejemplo: pastiven, fin de siglo

### **2.5.2.2 Distribución de una planta.**

La palabra Distribución se emplea aquí para indicar la disposición física de la Planta y las diversas partes de la misma.

En consecuencia la distribución comprende tanto la colocación del equipo en cada departamento como la disposición de los departamentos en el emplazamiento de la Planta.

La Distribución afecta a la Organización de la planta, la velocidad con que fluye el trabajo por la unidad es uno de los factores determinantes de la

supervivencia de dicha unidad por tanto el problema de la distribución de la planta es de importancia fundamentalmente para la Organización.

### **2.5.2.3 Distribución Orientada al producto o al Proceso.**

En un sentido amplio puede distribuirse de dos maneras, ya sea tratando de satisfacer las necesidades del producto o satisfacer necesidades del proceso.

Probablemente las organizaciones comienzan cuando son muy pequeñas con una distribución orientada al producto, y conforme aumentan de tamaño tienden a desviar hacia una distribución orientada al proceso, en la creencia de tal distribución permitiera hacer un mejor uso de los recursos físicos.

### **2.5.3 Procesos de Manufactura.**

El término plástico denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales. Los plásticos pueden clasificarse en tres grupos:

- **Termoplásticos.** Un termoplástico es un plástico el cual, a temperatura ambiente es plástico o deformable, se derrite a un líquido cuando es calentado y se endurece en un estado vítreo cuando es suficientemente enfriado.
- **Termofijos.** La definición más clara para un plástico Termofijo es que son materiales rígidos que tienen una estructura molecular compleja del tipo red, la cual tiene lugar en el proceso de moldeo.
- **Elastómeros.** Los elastómeros son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico, es decir, se deforman al someterlos a una fuerza pero recuperan su forma inicial al suprimir la fuerza.

#### **2.5.3.1 Procesos de manufactura de plásticos**

- **Vaciado.** Es un proceso primario para fabricar piezas conformadas por espesores grandes.

- **Calandreo.** Es un proceso primario continuo para la producción de láminas y películas, por medio de un sistema de cilindros que comprimen el material preplastificado, para llevarlo al espesor deseado.
- **Rotomoldeo.** Consiste en el calentamiento de un polímero dentro de un molde que gira.
- **Termoformado.** Una lámina de material termoplástico se moldea por la acción de la temperatura y presión.
- **Soplado.** Una resina termoplástica es fundida y transformada en una preforma hueca y llevada a un molde final, en donde por la introducción de aire a presión, se expande hasta tomar la forma del molde.
- **Inyección.** Es un proceso intermitente para producir piezas de plástico que consiste en un sistema de fusión y mezclado de la resina, diseñado para expulsarla a alta presión una vez que se encuentra en estado líquido.
- **Extrusión.** La resina es fundida por la acción de temperatura y fricción. Es forzada a pasar por un dado, para darle una forma definida, y enfriada para evitar deformaciones.
- **Compresión.** Es un proceso de conformado de piezas en el que el material, generalmente un polímero, es introducido en un molde abierto al que luego se le aplica presión para que el material adopte la forma del molde y calor para que el material reticule y adopte definitivamente la forma deseada.

Para cada proceso de manufactura de moldeo de plásticos, se utilizan diferentes máquinas y herramientas, dependiendo de sí se trata de producción a baja o alta escala, el tipo exacto de plástico y la tecnología preferida por la empresa.

#### **2.5.4 Inyectora de Poliuretano.**

La inyección de poliuretano es un proceso químico, el cual se produce por medio de la mezcla de dos compuestos; el polioliol y el isocianato. En este proceso se produce la reacción química de los dos componentes a temperaturas adecuadas. Ya la mezcla a una temperatura determinada se inyecta dentro un molde, con una establecida presión, caudal y temperatura. En el intervalo de tiempo en el que

permanece en el molde, la mezcla ya formado poliuretano, genera un incremento en su volumen, va perdiendo su calor y volviéndose esponjoso, copiando las formas del molde donde ha estado alojado. El resultado es una esponja rígida o suave, dependiendo de la dosificación de cada componente, que adopta las formas y dimensiones similares a las partes del molde.

#### **2.5.4.1 Descripción de una máquina inyectora de poliuretano.**

La máquina inyectora es un sistema encargado de dosificar con precisión y exactitud para mezclar líquidos conformado por dos componentes, pero antes de ingresar a la inyectora estos componentes son precalentados en un horno a determinada temperatura. Ésta mezcla es realizada utilizando un cabezal de inyección de mezcla.

#### **2.5.4.2 Componentes del sistema**

Los sistemas que componen la máquina inyectora se pueden dividir de la siguiente forma:

- a) Sistema de almacenamiento de los componentes
- b) Sistema de calefacción y enfriamiento de los componentes
- c) Cabezal de inyección
- d) Controladores

#### **2.5.4.3 Sistema de almacenamiento de componentes**

Dos tanques de acero son utilizados como unidad de almacenamiento de los componentes los cuales se montan a la inyectora, estos componentes se encuentran agitándose dentro de los mismos.



**Fig. 2.2. Tanques de los componentes**

*Fuente: El investigador*

#### **2.5.4.4 Sistema de calefacción y enfriamiento de los componentes.**

El sistema de calefacción permite mantener la temperatura de los componentes por medio de una resistencia eléctrica que calienta el agua dentro de un tanque cilíndrico que es recirculada por el sistema mediante las bombas de agua y esa temperatura es transmitida a los componentes para luego ser mezclados e inyectados a los moldes.



**Fig. 2.3. Sistema de calefacción**

*Fuente: El investigador*

El sistema de enfriamiento permite bajar la temperatura de los componentes ya que estos dos componentes son primeramente precalentados antes de ingresar a la inyectora, así mismo, las bombas recirculan agua fría por el sistema.



**Fig. 2.4. Sistema de enfriamiento**

*Fuente: El investigador*

En este sistema existen dos electroválvulas que permiten abrir y cerrar el paso de agua para regular la temperatura de los componentes.

#### **2.5.4.5 Cabezal de inyección.**

En el cabezal se encuentra conectado las unidades de dosificación por medio de mangueras de alta presión.

En el proceso los dos componentes entran a la cámara de mezcla a través de los mecanismos conectados. Estas permiten regular individualmente la presión de cada componente en el cabezal de inyección. Un cilindro y pistón son movidos por un motor eléctrico mediante transmisión por banda, permiten la circulación del componente a través de las mangueras hasta llegar a la cámara de mezcla en el cabezal de inyección y después, por medio de la boquilla de inyección, se expulsa el material mezclado (poliuretano), hacia el molde. Terminado el tiempo de inyección, los componentes circulan por la línea de retorno.





*Fig. 2.5. Cabezal de inyección*

*Fuente: El investigador*

#### **2.5.4.6 Tableros de Control**

Se ubicaron tres tableros en los cuales van todos los dispositivos y elementos de control para la máquina inyectora.



*Fig. 2.6. Tableros de control*

*Fuente: El investigador*

#### **2.5.4.7 Moldes**

Los moldes es otro elemento que compone la inyectora, dentro de la matriz que conforma el molde es inyectado y colado el poliuretano, al realizarse la apertura

del molde se procede a inyectar y colar el poliuretano y después la matriz se cierra en ese momento el poliuretano comienza a expandirse hasta cubrir la forma del molde que en este caso sería las plantas de calzado.



**Fig. 2.7. Molde**

*Fuente: El investigador*

Después de la descripción dada a la máquina inyectora, se ha visto que tiene zonas críticas de temperatura como son:

- Los componentes del poliuretano (Isocianato y Polioli).
- El cabezal de inyección.
- Los moldes.

#### **2.5.4.8 El Poliuretano**

Está formado por un poliéster y un derivado de bencol, son materiales sintéticos que proporcionan productos de gran elasticidad. Se emplean como pegamento de metales, barnices y actualmente en la generación de plantas de calado.

El Poliuretano también se le considera como una resina sintética que se caracteriza por poseer muy buena resistencia mecánica, a la abrasión, y a los impactos por deformaciones. Además de tener una resistencia a los agentes corrosivos, a la cristalización a bajas temperaturas y su gran tolerancia a elevadas presiones de carga, que son los factores que determinan la utilización en variados usos en mantenimiento industrial.

Es formado por la reacción química de dos compuestos, un Polioliol y un Isocianato, aunque su formulación necesita y admite múltiples variantes y aditivos. Dicha reacción libera unos gases, (dióxido de carbono) que son los que van formando las burbujas.

La espuma de poliuretano es un material muy versátil, ya que según los aditivos y los sistemas de fabricación utilizados se pueden conseguir espumas de poliuretano de muy distintas características, y destinadas a usos muy diferentes. Desde los bien conocidos bloques de espuma elástica para colchones hasta espumas casi rígidas para juguetería, automoción o calzados.

La firmeza del poliuretano flexible es independiente de su densidad. Puede haber espumas de baja densidad y superficie firme o de alta densidad y superficie blanda. Por lo tanto no existe el concepto de densidad “dura” o “blanda”.

Por otro lado existe una diferencia entre “firmeza” y “soporte”. La firmeza es una medida de las características de la superficie del poliuretano. El soporte es la capacidad de “empujar” contra un peso y que previene que la espuma se deforme. Las espumas de mayor densidad previenen que la espuma se colapse con el peso del cuerpo en aplicaciones finales.

### ***Espumas en caliente***

Son las espumas que liberan calor durante su reacción, fabricadas en piezas de gran tamaño, destinadas a ser cortadas posteriormente. Se fabrican en un proceso continuo, mediante un dispositivo llamado espumadora, que básicamente es la unión de varias máquinas, de las cuales la primera es un mezclador, que aporta y mezcla los diferentes compuestos de la mezcla; la segunda es un sistema de cintas

sin fin, que arrastra la espuma durante su crecimiento, limitando su crecimiento para darle al bloque la forma deseada; y la parte final de la espumadora es un dispositivo de corte, para cortar el bloque a la longitud deseada. Generalmente son las más baratas, las más utilizadas y conocidas por el público.

### ***Espumas en frío***

Son aquellas que apenas liberan calor en la reacción, se utilizan para crear piezas a partir de moldes; como rellenos de otros artículos; como aislantes, etc. Se fabrican mediante una espumadora sencilla, que consiste en un dispositivo mezclador. Normalmente suelen ser de mayor calidad y duración que las espumas en caliente, aunque su coste es bastante mayor. La espuma de poliuretano es un material muy versátil, ya que según los aditivos y los sistemas de fabricación utilizados se pueden conseguir espumas de poliuretano.

Los poliuretanos pueden ser de dos tipos, flexibles o rígidos, dependiendo del Polioliol usado. Los flexibles se obtienen cuando el di-isocianato se hace reaccionar con diglicol, triglicol, poliglicol, o una mezcla de éstos; Los poliuretanos rígidos se consiguen utilizando trioles obtenidos a partir del glicerol y el óxido de propileno. El uso más importante del poliuretano flexible es el relleno de colchones.

### **2.5.4.9 Química del poliuretano**

El poliuretano industrial es por lo general la mezcla de dos componentes o sistema bicomponente, el A y el B, en una proporción estequiométrica definida por el químico que diseña la fórmula.

Existen además poliuretanos monocomponentes, como por ejemplo los habitualmente usados en la industria de la construcción.

### **Componente A**

Consiste en el Polioliol: una mezcla cuidadosamente formulada y balanceada de glicoles (alcoholes de elevado peso molecular). Se encuentran en mezcla con

agentes espumantes y otros aditivos tales como aminas, siliconas, agua, propelentes y catalizadores organometálicos; condicionan la reacción y dan las características a la espuma final. La apariencia es como miel viscosa y puede tener un fuerte olor amoniacal.

### Componente B

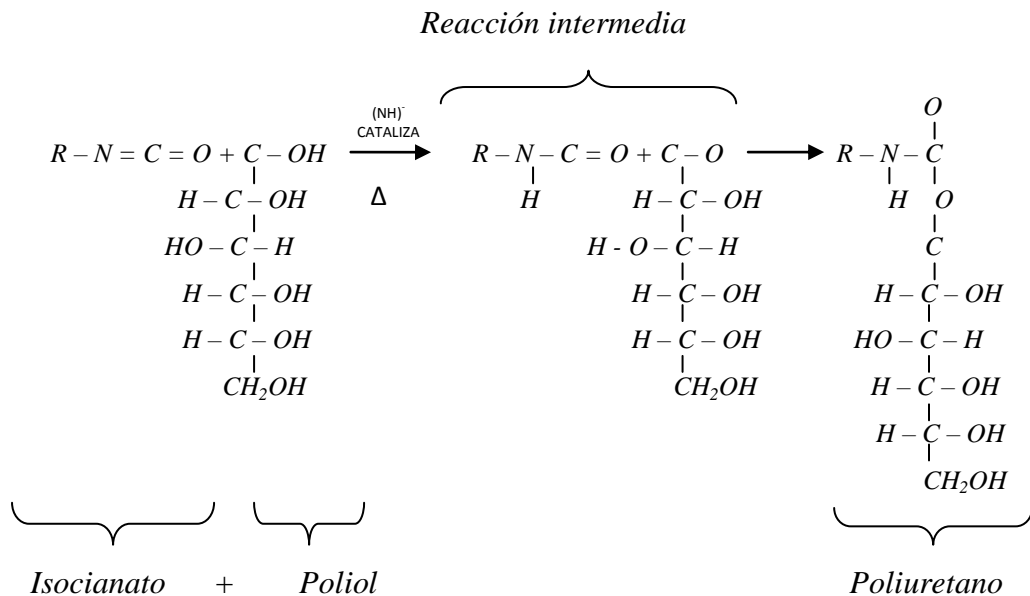
El componente B es una mezcla de Isocianato, a veces prepolimerizados (pre-iniciado), que puede variar desde el 18 al 35% en funcionalidad.

Algunos son de color café, muy viscosos (3000-5000 cps-Viscosímetro Brookfield), y otros son casi transparentes y fluidos. En ocasiones son mantenidos en atmósfera seca de nitrógeno.

Tienen además propiedades adhesivas muy apreciadas, por lo que también sirven de aglomerantes para fabricar bloques poli-material. Un ejemplo de aplicación sorprendente es su uso para aglomerar piedras y formar rompeolas para proteger costas.

### Reacción Química

En la siguiente ecuación se muestra la reacción para obtener poliuretano.



Donde:

R = Reactivo o catalizador.

N = Nitrógeno.

C = Carbono.

O = Oxígeno.

H = Hidrógeno.

#### **2.5.4.10 Reactividad**

La reactividad se puede observar en una simple inspección visual y, en el caso de las espumas, está dividida en los siguientes tiempos, medidos en segundos:

- Tiempo de crema: 5-15 s. Formación de monómeros y polímeros.
- Tiempo de hilo: 30-70 s. Estructuración, formación de redes cristalinas.
- Tiempo de subida: Finalización de la expansión.
- Tacto libre: 10-50 s. Formación de piel, finalización de la reacción. La superficie del material deja de ser adhesiva.

El Isocianato y el Polioliol, al mezclarse, ocasionan una serie de reacciones químicas que conducen a enlaces de uretanos, poliuretanos, alofanatos, ureas modificadas, cianatos prepolímeros etc. En total unas 17 reacciones químicas simultáneas, en que el paquete de catalizadores hace que se tome una dirección preferente u otra.

#### **2.5.5 Ingeniería mecánica**

La **ingeniería mecánica** es una rama de la ingeniería, que aplica las ciencias exactas, específicamente los principios físicostermodinámica, mecánica, ciencia de materiales, mecánica de fluidos y análisis estructural para el diseño y análisis de diversos elementos usados en la actualidad, tales como maquinarias con

diversos fines (térmicos, hidráulicos, de transporte, de manufactura), así como también de sistemas de ventilación, vehículos motorizados terrestres, aéreos y marítimos, entre otras aplicaciones. La ingeniería mecánica es un campo muy amplio de la ingeniería que implica el uso de los principios de la física para el análisis, diseño, fabricación de sistemas mecánicos. Tradicionalmente, ha sido la rama de la ingeniería que mediante la aplicación de los principios físicos ha permitido la creación de dispositivos útiles, como utensilios y máquinas. Los ingenieros mecánicos usan principios como el calor, las fuerzas y la conservación de la masa y la energía para analizar sistemas físicos estáticos y dinámicos, contribuyendo a diseñar objetos. La Ingeniería Mecánica es la rama de las máquinas, equipos e instalaciones teniendo siempre en mente aspectos ecológicos y económicos para el beneficio de la sociedad. Para cumplir con su labor, la ingeniería mecánica analiza las necesidades, formula y soluciona problemas técnicos mediante un trabajo interdisciplinario, y se apoya en los desarrollos científicos, traduciéndolos en elementos, máquinas, equipos e instalaciones que presten un servicio adecuado, mediante el uso racional y eficiente de los recursos disponibles.



**Fig. 2.8. Sistema termodinámico**

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_termico](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_termico) \_

Sistema termodinámico típico mostrando la entrada desde una fuente de calor (caldera) a la izquierda y la salida a un disipador de calor (condensador) a la derecha. El trabajo se extrae en este caso por una serie de pistones.

En el plan de estudios de la ingeniería mecánica usualmente se encuentra:

- Cálculo diferencial e integral, álgebra lineal y ecuaciones diferenciales
- Estática y dinámica

- Termodinámica, Transferencia de calor
- Dibujo técnico, diseño mecánico, diseño y fabricación asistida por computadora
- Ciencia de materiales
- Mecánica de fluidos
- Tecnología mecánica
- Análisis numérico, método de los elementos finitos
- Turbomáquinas
- Teoría de control

#### **2.5.6Automatización Industrial**

El concepto de automatización está evolucionando rápidamente, en parte debido a que las técnicas avanzan tanto dentro de una instalación o sector como entre las industrias. Por ejemplo, el sector petroquímico ha desarrollado el método de flujo continuo de producción, posible debido a la naturaleza de las materias primas utilizadas. En una refinería, el petróleo crudo entra por un punto y fluye por los conductos a través de dispositivos de destilación y reacción, a medida que va siendo procesado para obtener productos como la gasolina y el fuel. Un conjunto de dispositivos controlados automáticamente, dirigidos por microprocesadores y controlados por una computadora central, controla las válvulas, calderas y demás equipos, regulando así el flujo y las velocidades de reacción.

La apertura ha mostrado que, a pesar de existir en el país, un elevado número de industrias en todos los campos de la producción, la gran mayoría no está en capacidad de competir en los Mercados Internacionales, tanto en cantidad como en calidad. La explicación salta a la vista cuando se observa y analiza la máquina

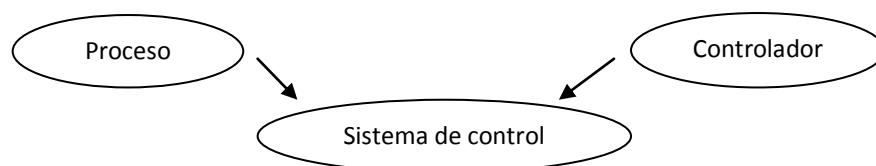


y equipo empleados. Este está formado por una amplia gama de tecnologías, la mayoría de ellas con una alta participación manual en sus procesos.

Como resultado, su rendimiento es mínimo y no hay homogeneidad en los bienes producidos. Se puede contar con los dedos de las manos las actuales empresas nacionales que podrían hacerlo. Sin embargo, lo anterior no debe ser una razón para permanecer en el actual estado de atraso. Existen soluciones viables para que cada uno de los grupos o niveles tecnológicos y aprovechando sus propias máquinas y equipos, Implanten una automatización acorde a sus condiciones. Para formar el recurso humano capaz de diseñar y dirigir esta labor, se ha estructurado el programa académico a nivel de Pregrado de Ingeniería en Automatización Industrial.

### 2.5.7 Sistemas de Control

Los **sistemas de control** según la Teoría Cibernética se aplican en esencia para los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones. Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados. Hoy en día los procesos de control son síntomas del proceso industrial que estamos viviendo. Estos sistemas se usan típicamente en sustituir un trabajador pasivo que controla una determinado sistema (ya sea eléctrico, mecánico, etc.) con una posibilidad nula o casi nula de error, y un grado de eficiencia mucho más grande que el de un trabajador. Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos en base a muchos parámetros y reciben el nombre de Controladores de Automatización Programables (PAC).



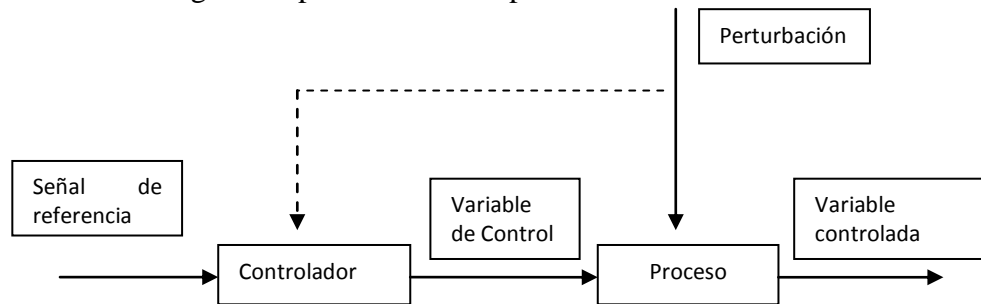
*Fig 2.9. Elementos de un sistema de control*

*Fuente: Fundamentos de Control Automático, Paolo BolzernPag. 5*

## 2.5.7.1 Clasificación de los Sistemas de Control

### 2.5.7.1.1 Sistemas de control de lazo abierto

Es aquel sistema en el cual la acción de control es, en cierto modo, independiente de la salida. La capacidad que tales sistemas tienen para ejecutar una acción con exactitud depende de su calibración. En general, los sistemas de lazo abierto están regulados por base de tiempo.

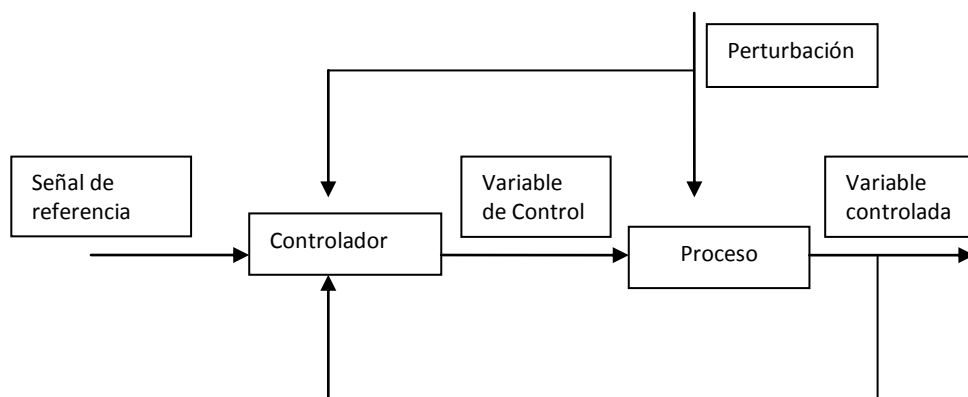


*Fig 2.10. Sistema de control en lazo abierto*

*Fuente: Fundamentos de Control Automático, Paolo BolzernPag. 6*

### 2.5.7.1.2 Sistema de control de lazo cerrado

Es aquel sistema en el cual la acción de control depende de la salida. Dicho sistema utiliza un sensor que detecta la respuesta real para compararla, entonces, con una referencia a manera cerrada, por esta razón, los sistemas de lazo cerrado se denominan sistemas retroalimentados.



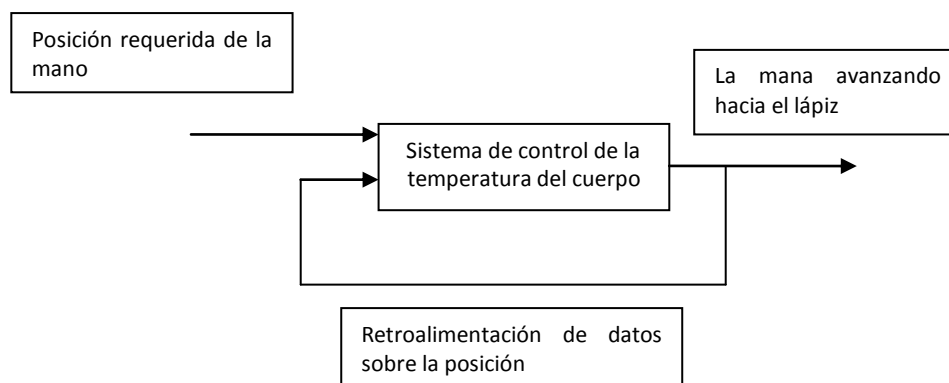
*Fig 2.11. Sistema de control en lazo cerrado*

*Fuente: Fundamentos de Control Automático, Paolo BolzernPag. 7*

### 2.5.7.1.3Retroalimentación

Considere el ejemplo de un sistema de control en el cual todos los seres humanos están ocluidos. A menos que esté enfermo, la temperatura del cuerpo humano es casi constante, independientemente de que se encuentre en un ambiente frío o caliente. Para poder mantener este valor de temperatura constante, el cuerpo consta con un sistema de control de temperatura. Si la temperatura del cuerpo empieza a revazar el valor normal. El sistema de control mantiene constante la temperatura. Este sistema recibe una entrada enviada por sensores que le dicen cual es la temperatura y comparan estos datos con el valor que deben tener.

A continuación produce la respuesta a fin de lograr la temperatura requerida.



*Fig. 2.12. Sistema de Retroalimentación*

*Fuente:Mecatronica, W. Bolton*

## 2.5.8 Controladores de temperatura

### 2.5.8.1 Medidores y controladores de temperatura

El proceso de medición de temperatura parte de la señal generada por un sensor, que está en contacto con la temperatura que se desea medir y cuya salida (tensión, corriente, variación de resistencia) guarda relación con la magnitud de la temperatura medida. Por lo general, la variación de la señal generada por el sensor respecto de la temperatura no es proporcional, por lo que parte del problema de acondicionamiento de esa señal es, justamente, la de corregir esas no linealidades, al menos si la precisión deseada del instrumento así lo requiere.

Instrumentos más precisos se diseñan utilizando sensores contruidos con materiales estables, tales como las resistencias de alambre de platino (conocidas como Pt100). En éstos, la precisión queda determinada, casi exclusivamente, por la calidad del circuito electrónico del instrumento, su diseño, selección de componentes, armado cuidadoso y calibración.

Un medidor de temperatura deberá, por lo tanto, recibir la señal de uno de los sensores descritos, procesarla lo mejor posible y cuando corresponda, acondicionarla, corregir los errores por falta de linealidad, generar la compensación por junta fría y finalmente escalarla para que el valor resultante se corresponda con las unidades de medida seleccionadas, ej. °C, mV, etc.

Un controlador de temperatura es, básicamente, un medidor al que se le agrega la posibilidad de fijar un "set" (temperatura deseada) y un circuito que compara la diferencia entre la temperatura real y la deseada, actuando en consecuencia para habilitar o no la calefacción o refrigeración que llevará la temperatura hasta niveles iguales al deseado de tal forma que, al hacerse cero la diferencia entre ambas temperaturas, la calefacción o refrigeración cese.

La forma en que se controla o habilita la calefacción, dependerá del tipo de control que se requiera, siendo el SI-NO (TODO-NADA) el más sencillo y rústico en su concepción. Sistemas más elaborados utilizan modos de control proporcionales, donde la potencia calefactora es proporcional a la magnitud del error. Por otro lado y donde es necesario reducir los errores en el estado estacionario o mejorar el seguimiento cuando el "set" de temperatura es variable según perfiles programados, se utilizan controladores llamados PID (Proporcional-Integral-Derivativo) con los que se obtienen mejores resultados, aunque requieren de un cuidadoso proceso de sintonía (ajuste del peso con que interviene cada uno de los factores proporcional, integral y derivativo) para lograr el efecto deseado.

Actualmente y gracias a la utilización de microprocesadores o computadoras, se han podido utilizar una gran variedad de modos de control "inteligentes", con capacidad de aprendizaje, tal como los llamados adaptivos. Pero en el fondo,

todos buscan lo mismo, que es lograr el control más estable y preciso aún bajo las condiciones más adversas.

### 2.5.8.2 Sensores de temperatura

Un **sensor** es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

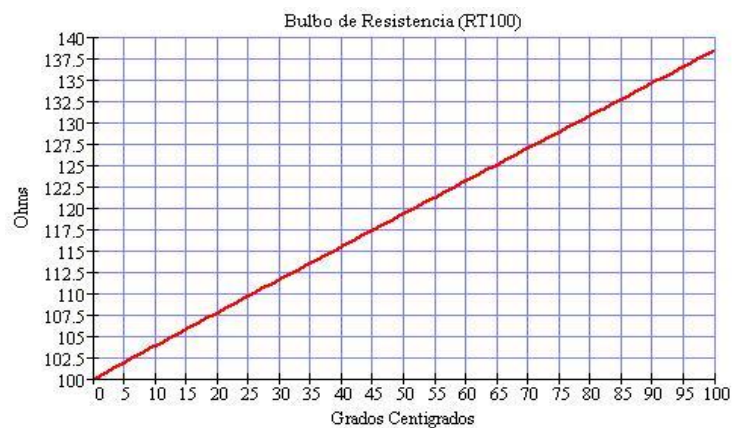
Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo entre sus características principales esta:

- Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- Precisión: es el error de medida máximo esperado.
- *Offset* o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el *offset*.
- Linealidad o correlación lineal.
- Sensibilidad de un sensor: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.

- Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- Repetibilidad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

### 2.5.8.3 Sensores de temperatura tipo RTD

Consideremos que un hilo metálico se encuentra inmerso en un medio a la temperatura  $T_a$  si el volumen y la masa del hilo son muy pequeños en comparación con los del medio, en el equilibrio térmico, el hilo adoptara la misma temperatura que el medio sin apenas intercambiar energía con el mismo, no afectando de esta manera el medio la inserción del hilo. En equilibrio térmico, el hilo presentara una resistencia  $R_{T_a}$  proporcional a la temperatura  $T_a$ . Si la temperatura del medio crece hasta  $T_b > T_a$ , la resistividad, e incluso en alguna medida, la longitud  $l$  y el área  $A$  cambian como producto de la dilatación del metal. Si consideramos los cambios en las dimensiones pequeñas en comparación con el cambio de la resistividad  $\rho$  y esta entonces la resistencia del hilo  $R$  cambiara linealmente con la resistividad y esta, a su vez, con la temperatura.



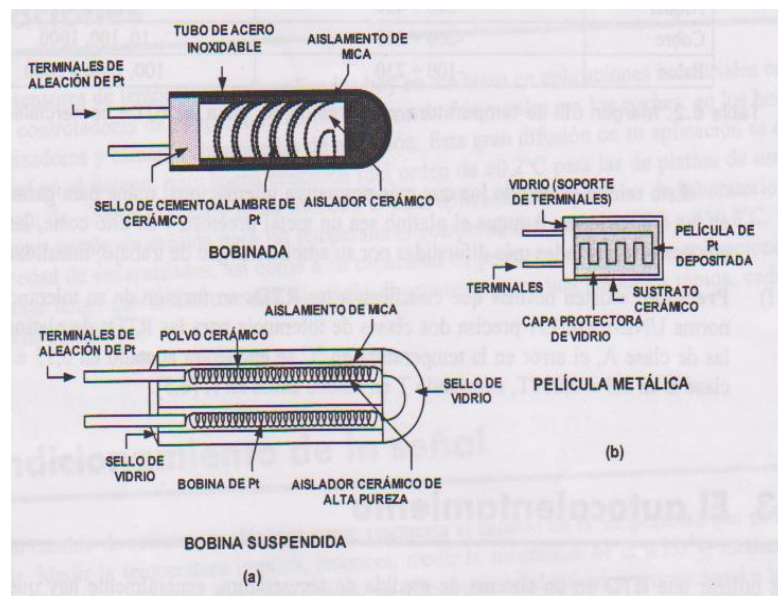
**Fig 2.13. Sistema de control en lazo cerrado**

**Fuente:** [www.jmi.com.mx/sensores.htm](http://www.jmi.com.mx/sensores.htm)

## Tipos de RTD

### Forma constructiva

Las RTDs pueden ser clasificadas en dos tipos, bobinados y de rejilla o película metálica. En los bobinados, el hilo conductor se bobina sobre un elemento aislante eléctrico y muy buen conductor del calor (cerámica), este bobinado permite las dilataciones del hilo al cambiar la temperatura. En las RTDs de bobina suspendida el hilo metálico se bobina helicoidalmente dentro de tubos de cerámica que son rellenos con materiales cerámicos en polvo y sellados con vidrio en sus extremos. Por su parte en las RTDs de rejilla metálica el hilo se dispone en un plano, permitiendo en este caso trabajar en la medida de temperatura de superficies.



**Fig 2.14. Diferentes tipos de RTD**

**Fuente:** Instrumentación Electrónica. Miguel A. Pérez García Pag 211

### Tamaño

Muy vinculado a la velocidad de respuesta, podemos encontrar desde RTDs en miniatura utilizadas donde se requiere medir la temperatura en un punto del medio y que, a la vez, la constante de tiempo es muy pequeña, hasta RTDs de varios centímetros de longitud utilizadas en aplicaciones muy especiales para medir la temperatura del promedio de una región del medio.

### **Características del medio**

Vinculado a su tecnología de fabricación, se diferencian las de inmersión de fluidos y las de contacto superficial. Las de inmersión suelen ser bobinadas, protegidas con una envolvente metálica (generalmente acero inoxidable) mientras que las de contacto superficial son generalmente de película delgada montada sobre sustratos planos o flexibles para adaptarse a la forma de la superficie.

### **Tipo de metal utilizado**

Las más populares son las de platino, por su amplio margen de trabajo lineal, baja reactividad con la mayoría de los medios en las aplicaciones en las que el hilo se encuentra en contacto directo con este, muy elevada estabilidad temporal y pequeñas deformaciones en un amplio margen de temperatura.

### **Valor de Ro**

También se puede clasificar por el valor de la resistencia a cero grados centígrados siendo los valores más utilizados 100, 500 y 1000Ω.

### **Precisión**

Existen normas que clasifican a las RTDs en función de su tolerancia. Por ejemplo la norma UNE-EN60751 precisa dos clases de tolerancia para las RTDs de platino: clases A y B. En las de clase A, el error en la temperatura en °C se encuentra acotado en  $0,15 \pm 0,002T$  y en las de clase B en  $0,3 \pm 0,002T$ , expresado T en ambos casos en K.

### **Aplicaciones**

Las RTD son los sensores de temperatura más utilizados hoy en día tanto en aplicaciones industriales como domésticas, en los controladores de temperatura de frío y calor, en los coches, en los hornos domésticos, climatizadores y cámaras climatizadas de precisión. Esta gran difusión de su aplicación se debe a su gran estabilidad en el tiempo, muy buena precisión, para aplicaciones especiales de laboratorio que hace que se use gran variedad de encapsulados, así como a su



capacidad de permanecer inertes en aplicaciones en que el hilo conductor tenga que interactuar con el medio directamente para una respuesta rápida, cada día aumenta su campo de aplicación.

#### 2.5.8.4 Termistores y fotorresistencias

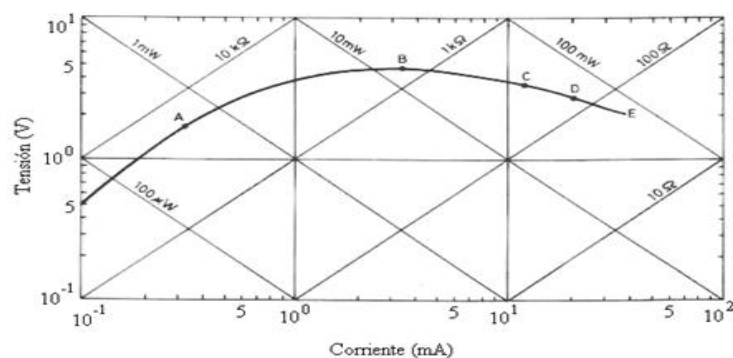
Los **termistores** son sensores de temperatura de tipo resistivo. El nombre de termistor nace de la contracción de las palabras inglesas thermal y resistor.

Los termistores se dividen en dos grupos atendiendo al signo del coeficiente de temperatura de la resistencia: **NTC** que presenta un coeficiente de temperatura negativo y **PTC** con coeficiente de temperatura positivo.

##### 2.5.8.4.1 Termistores NTCs.

Las NTC son resistencias de material semiconductor cuya resistencia disminuye cuando aumenta a temperatura, y están constituidas por una mezcla de óxidos metálicos. El mecanismo de conducción en este tipo de conductores es comparado con lo que ocurre en un simple cristal de silicio. Básicamente el incremento de temperatura aporta la energía necesaria para que se incremente el número de aportadores capaces de moverse, lo que lleva a un incremento en la conductividad del material.

En la siguiente figura 2.9 se muestra la relación tensión – corriente de un termistor NTC, en la que aparecen los efectos del autocalentamiento.



*Fig 2.15. Relación de tensión-corriente de un termistor NTC en efectos de Autocalentamiento*

*Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Termistor>*

Las NTC se aplican en medidas de temperatura es la aplicación más común que tiene. Generalmente se selecciona un NTC de resistencia nominal alta y con un buen acoplamiento térmico con el objeto cuya temperatura se desea medir.

Por otro lado el Autocalentamiento debe hacerse despreciable ya que introduce errores en la medida, el problema que debemos resolver es como obtener una magnitud eléctrica, por ejemplo, una tensión, que dependa de la temperatura de la forma más lineal posible, a Pesar de que la relación R-T del termistor no sea lineal.

En general las técnicas de linealización pueden realizarse en dos dominios: el digital y el analógico.

#### **2.5.8.4.2 Termistores PTCs.**

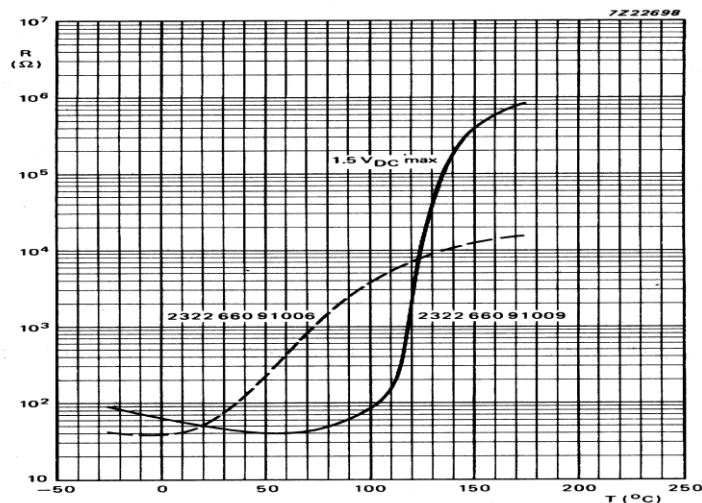
Son termistores con coeficiente de temperatura positivo, presentan la propiedad de experimenta un cambio brusco en su valor resistivo cuando la temperatura supera un valor crítico característico del material. Están fabricados con materiales cerámicos policristalinos dopados con impurezas. Se utilizan fundamentalmente en compuestos de plomo y titanio con aditivos tales como el manganeso y Tántalo. Su forma más común es un disco con las superficies de contacto metalizadas.

Entre las características de este elemento se tiene:

- Resistencia nominal  $R_{25}$ : esta resistencia se mide en condiciones de potencia nula, de manera que no produzca Autocalentamiento.
- Resistencia mínima  $R_{\min}$ : mínimo valor resistivo que puede adoptar el termistor, asociada a la temperatura  $T_{R_{\min}}$ . A partir de este punto, el coeficiente de temperatura empieza a hacerse positivo. Este valor se toma como resistencia base a partir de la cual la temperatura de conmutación.
- Temperatura de conmutación  $T_s$  : se define como la temperatura en la que la resistencia de la PTC es el doble de la resistencia mínima,  $R_{\min}$  y se considera

el punto donde se inicia el aumento acusado de resistencia. Esta temperatura puede variar entre  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- Resistencia de conmutación  $R_s$ : resistencia de la PTC a  $T_s$ . Se define como el doble de la resistencia mínima
- Resistencia de transición PTC: resistencia en el punto de máxima pendiente que se alcanza a la temperatura  $T_p$ .
- Resistencia máxima  $R_{\max}$ : resistencia máxima que se alcanza a la temperatura  $T_{\max}$ .
- Temperatura máxima admisible  $T_{\max}$ : temperatura máxima que puede aumentar el dispositivo en su superficie sin deteriorarse por causa eléctrica o térmica.
- Tensión máxima de funcionamiento  $V_{\max}$ : representa la máxima tensión en régimen permanente que puede aplicarse al termistor. Este valor suele incluir cierto margen de seguridad pero no debe sobrepasarse para no dañar el dispositivo



**Fig 2.16. Curva de resistencia-temperatura de una PTC de conmutación**

**Fuente:** [http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/industrial/tec\\_electronica/teoria/termistores\\_PTC\\_1.pdf](http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/industrial/tec_electronica/teoria/termistores_PTC_1.pdf)

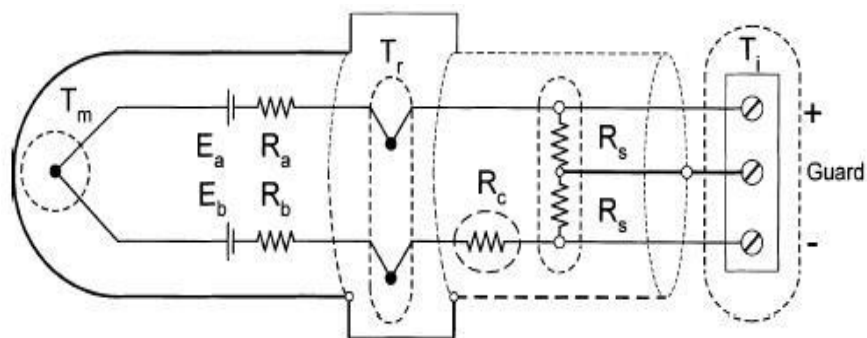
El termistor puede utilizarse en la supervisión de la temperatura de sistemas y máquinas basadas en el Autocalentamiento se aplica a calentadores auto-regulados, protección de sobrecorrientes, supresión de arcos, detección de niveles de líquidos, arranque de motores, retardos de tiempo.

### 2.5.8.4.3 Termopares

Un termopar es un sensor de temperatura constituido por dos metales diferentes cuya característica principal es que produce una tensión proporcional a la diferencia de temperaturas entre los puntos de unión de ambos metales.

En general los electrones situados en el nivel más externo están situados débilmente al núcleo. Cuando se calienta un conductor en un extremo, estos electrones aumentan su energía y tienden a alcanzar el otro extremo por mecanismos de difusión, de forma que el extremo frío adquiere carga negativa y el extremo caliente positiva. Esto provoca a su vez un campo eléctrico que tiende a oponerse a la difusión de forma que se llegue a un estado de equilibrio.

Se recomienda constatar siempre el estado general del circuito termoelectrico con el fin de determinar si el Termopar corresponde a los estándares conocidos, los milivoltímetros usados en pirometría deben ser construidos con elevada resistencia interna con el fin de que el consumo propio del instrumento sea reducido.



*Fig 2.17. Tensión generada  $T_m$  por el efecto termoelectrico*

*Fuente: [www.jmi.com.mx/sensores.htm](http://www.jmi.com.mx/sensores.htm)*

#### 2.5.8.4.3.1 Tipos de termopares

Aunque el termopar puede construirse con dos metales diferentes cualesquiera, la necesidad de una elevada sensibilidad, estabilidad a lo largo del tiempo, linealidad, etc. Ha llevado a que tan solo se utilicen determinados materiales dando lugar a diferentes tipos. Algunos de los más importantes son: J, K, N, T, R, S y B aunque existen otros como por ejemplo el E y W. Los cuatro primeros se conocen con el nombre de termopares de metales base porque están hechos de metales comunes, como el cobre, níquel, aluminio, etc. Mientras que los termopares R, S y B se conocen como termopares de metales nobles porque están hechos de platino y rodio. Estos últimos se utilizan cuando las temperaturas a medir son muy elevadas y exceden los márgenes que se pueden alcanzar con los metales base o cuando hay problemas de compatibilidad química.

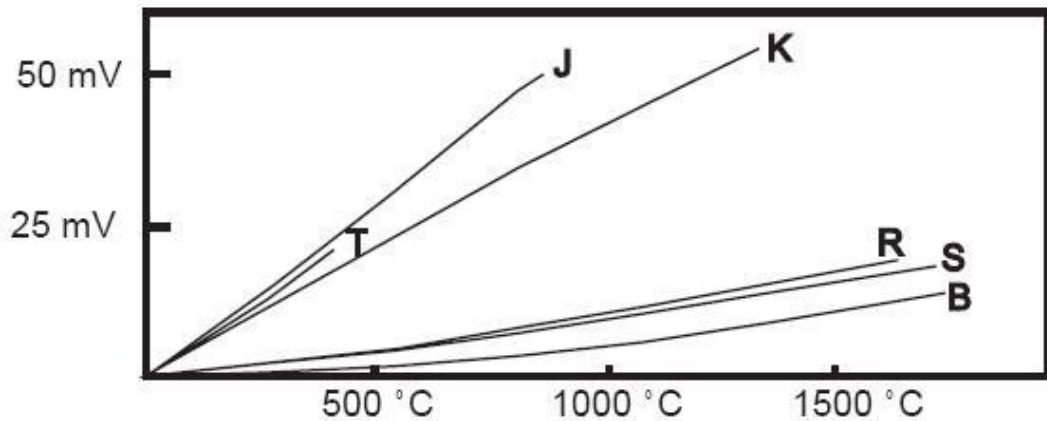
- **Tipo K** (Cromo (Ni-Cr) Chromel / Aluminio (aleación de Ni -Al) Alumel): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de  $-200^{\circ}\text{C}$  a  $+1.372^{\circ}\text{C}$  y una sensibilidad  $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  aprox. Posee buena resistencia a la oxidación.
- **Tipo E** (Cromo / Constantán (aleación de Cu-Ni)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de  $68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .
- **Tipo J** (Hierro / Constantán): debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a  $760^{\circ}\text{C}$  ya que una abrupta transformación magnética causa un desajuste permanente. Tienen un rango de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+750^{\circ}\text{C}$  y una sensibilidad de  $\sim 52\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ . Es afectado por la corrosión.
- **Tipo T** (Cobre / Constantán): ideales para mediciones entre  $-200$  y  $260^{\circ}\text{C}$ . Resisten atmósferas húmedas, reductoras y oxidantes y son aplicables en criogenia. El tipo termopares de T tiene una sensibilidad de cerca de  $43\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .

- **Tipo N** (Nicrosil (Ni-Cr-Si / Nisil (Ni-Si)): es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.

Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad ( $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a  $300^\circ\text{C}$ ).

- **Tipo B** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a  $1.800^\circ\text{C}$ . Los tipo B presentan el mismo resultado a  $0^\circ\text{C}$  y  $42^\circ\text{C}$  debido a su curva de temperatura/voltaje, limitando así su uso a temperaturas por encima de  $50^\circ\text{C}$ .
- **Tipo R** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): adecuados para la medición de temperaturas de hasta  $1.300^\circ\text{C}$ . Su baja sensibilidad ( $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) y su elevado precio quitan su atractivo.
- **Tipo S** (Platino / Rodio): ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los  $1.300^\circ\text{C}$ , pero su baja sensibilidad ( $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) y su elevado precio lo convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro ( $1064,43^\circ\text{C}$ ).

Los termopares con una baja sensibilidad, como en el caso de los tipos B, R y S, tienen además una resolución menor. La selección de termopares es importante para asegurarse que cubren el rango de temperaturas a determinar.



*Fig 2.18. Grafica de respuesta de diversos tipos de Termocuplas*

*Fuente: [www.jmi.com.mx/sensores.htm](http://www.jmi.com.mx/sensores.htm)*

### **2.5.8.5 Controladores Lógicos Programables PLC.**

Genéricamente, un Controlador Lógico Programable, es un dispositivo que puede ser programado para cumplir determinadas tareas de control en sistema automáticos.

Existen variados tamaños de PLC; para pequeñas aplicaciones, pueden ser como un paquete de cigarrillos, pero los hay del tamaño de un acondicionador de aire, o más grandes, teniendo en cuenta que a esta escala son modulares, es decir que se les pueden agregar tantos módulos como sea necesario de acuerdo a las necesidades. Estos módulos pueden ser de entrada, de salida, o unidades de proceso.

Los PLC son muy utilizados para controlar aquellas máquinas que deben seguir procesos secuenciales a nivel industrial, tales como empaque de productos, control de motores, monitoreo de sensores, monitoreo o control de armado de partes, etc. Su elección depende del tipo de proceso a automatizar, así como de la cantidad de entradas y salidas necesarias para atender todos los sensores y actuadores del sistema.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere

secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Un PLC, como cualquier sistema de control, entrega determinados estados en sus salidas dependiendo del estado de sus entradas y de un proceso de corrección, que en este caso sería el programa que tenga cargado en su memoria, que debió ser diseñado para la aplicación en especial.

#### **2.5.8.5.1 Unidad de entrada y salida**

La unidad de entrada y salida es la interface entre el sistema y el mundo externo y donde el procesador recibe información desde dispositivos externos y comunica información a dispositivos externos. Las interfaces de entrada y salida ofrecen aislamiento y funciones de acondicionamiento de señal de manera que esos sensores y actuadores a menudo pueden conectarse directamente a ellos y sin necesitar otro circuito. Las entradas pueden estar desde interruptores límite que se activen al presentarse algún evento, u otros sensores de temperatura o flujo de sensores. Las salidas pueden servir para activar para activar las bobinas de arranque, válvulas solenoides, etc, de un motor.



#### **2.5.8.5.2 Programas de Entrada**

Los programas se introducen dentro de la entrada y salida desde pequeños dispositivos programados a mano, consolas de escritorio con unidad de visualización (VDU), el teclado y el visualizador de pantalla o por medio de un enlace con una computadora personal (PC) que se encarga con un paquete de software apropiado.

El usuario puede cambiar los programas en RAM. Sin embargo, para activar la pérdida de estos programas cuando el suministro de poder se apaga, es probable que se emplee una batería en el PLC para mantener los contenidos del RAM durante un tiempo. Una vez desarrollado un programa en RAM puede ser cargado dentro de un chip EPROM y volverlo permanente. Las especificaciones para los PLC pequeños a menudo detallan el tamaño de la memoria del programa en términos de pasos de programas que pueden almacenarse.

#### **2.5.8.5.3 Formas de PLC**

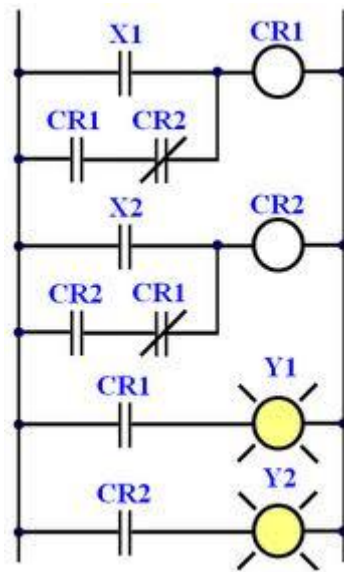
Hoy en día se usan ampliamente y se extienden desde unidades pequeñas de contenido autónomo, es decir, cajas sencillas, para usarse con tal vez en 20 entradas/salidas digitales para sistemas de montaje rack que pueden servir a una gran cantidad de entradas y salidas, manejar entradas/salidas digitales, y también acarrear modos de control PID.

Es común que estos PLC puedan tener 6, 8, 12 o 24 entradas y 4, 8, 16 salidas en una memoria que puede almacenar de 300 a 1000 instrucciones. Por ejemplo el MELSEC FX3U cuenta con modelos que pueden tener 6, 8, 12 o 24 entradas y 4, 8 o 16 salidas de relevadores y una memoria que puede almacenar de 300 a 1000 instrucciones. Algunos sistemas pueden extenderse para arreglarlos con más entradas y salidas al enlazar cajas de entrada y salida a estos.

De manera que el número de conexiones entrada/salida aumentan con tan solo agregar más módulos de entrada/salida. Por ejemplo, el PLC SIMATIC S7-300/400 se monta con rack con componentes para el circuito de potencia. Un PLC

continuamente trabaja a través de su programa y lo actualiza como resultado de las señales de entrada. Cada lazo de este tipo se denomina ciclo.

La forma más común de programar con PLC es el programa en escalera, que implica que se especifique cada tarea del programa considerándola como un escalón de una escalera. Existe una forma alternativa de introducir un programa y es al traducir un programa escalera en una lista de instrucciones.



*Fig 2.19. Diagrama en escalera para el PLC*

*Fuente: <http://www.espaciodelconocimiento.com/4%20SA%20CAPITULO%20XII%20DIAGRAMAS%20DE%20ESCALERA.pdf>*

### **2.5.8.6 Microcontroladores**

Los microcontroladores están conquistando el mundo. Están presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa y en nuestra vida, en general. Se pueden encontrar controlando el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, en los teléfonos, en los hornos microondas y los televisores de nuestro hogar. Pero la invasión acaba de comenzar y el nacimiento del siglo XXI es testigo de la conquista masiva de estos diminutos computadores, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que fabricaremos y usamos los humanos.

### **2.5.8.6.1 Controlador y microcontrolador.**

Recibe el nombre de controlador el dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos. Por ejemplo, el controlador que regula el funcionamiento de un horno dispone de un sensor que mide constantemente su temperatura interna y, cuando traspasa los límites prefijados, genera las señales adecuadas que accionan los efectores que intentan llevar el valor de la temperatura dentro del rango estipulado.

Aunque el concepto de controlador ha permanecido invariable a través del tiempo, su implementación física ha variado frecuentemente. Hace tres décadas, los controladores se construían exclusivamente con componentes de lógica discreta, posteriormente se emplearon los microprocesadores, que se rodeaban con chips de memoria y E/S sobre una tarjeta de circuito impreso. En la actualidad, todos los elementos del controlador se han podido incluir en un chip, el cual recibe el nombre de microcontrolador. Realmente consiste en un sencillo pero completo computador contenido en el corazón (chip) de un circuito integrado.

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para Contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).

- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Los productos que para su regulación incorporan un microcontrolador disponen de las siguientes ventajas:

- Aumento de prestaciones: un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo.
- Aumento de la fiabilidad: al reemplazar un elevado número de elementos por el microcontrolador disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes.
- Reducción del tamaño en el producto acabado: La integración del microcontrolador en un chip disminuye el volumen, la mano de obra y los stocks.
- Mayor flexibilidad: las características de control están programadas por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.

#### **2.5.8.6.2 Selección del microcontrolador**

Al elegir un microcontrolador se deben considerar los siguientes factores

- Número de terminales de entrada y salida
- Interfaces necesarias
- Necesidades de memoria
- Cantidad de interrupciones necesarias
- Velocidad de procesamiento requerida

El microcontrolador es en definitiva un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Debido a su reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna. En este caso el controlador recibe el nombre de controlador empotrado (embeddedcontroller).

### **Aplicaciones de los microcontroladores.**

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y coste, mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo.

Algunos fabricantes de microcontroladores superan el millón de unidades de un modelo determinado producidas en una semana. Este dato puede dar una idea de la masiva utilización de estos componentes.

Los microcontroladores están siendo empleados en multitud de sistemas presentes en nuestra vida diaria, como pueden ser juguetes, horno microondas, frigoríficos, televisores, computadoras, impresoras, módems, sistemas de arranque de automóviles, etc. y otras aplicaciones con las que seguramente no estaremos tan familiarizados como instrumentación electrónica, control de sistemas en una nave espacial, etc. Una aplicación típica podría emplear varios microcontroladores para controlar pequeñas partes del sistema. Estos pequeños controladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como, de hecho, ocurre ya habitualmente en cualquier PC.

#### **2.5.8.6.3 Microchip**

Otra familia de microprocesadores de 8 bits muy empleada es la de microchip. Usan el término PIC para designar a sus microcontroladores de un solo chip. Estos utilizan la arquitectura Harvard con ella las instrucciones son enviadas desde la memoria del programa utilizando buses distintos a los empleados para las variables de acceso.

#### **2.5.9 Perdidas de Material y Poliuretano en la Inyectora.**

Las inyectoras de poliuretano son en la actualidad las máquinas que van ocupando espacio dentro del área industrial por su versatilidad, resistencia, durabilidad, aunque puede presentar problemas como toda máquina cuando no recibe el mantenimiento y calibración adecuada en todos sus componentes.

La máquina inyectora en estudio presentó ciertas pérdidas de material en las tuberías de conexión de los tanques de componentes hacia el cabezal en la cual se dio los reajustes necesario para la solución del problema.

Las pérdidas más frecuentes de material era en la generación de la planta de calzado ya que en el momento de inyectar al molde la reacción era rápida porque la temperatura de los componentes no era la idónea si la temperatura de los componentes era alta la reacción era rápida y el resultado de la planta era malo. Así mismo si disminuimos la temperatura la reacción es muy lenta la temperatura del molde cambia para solidificar la planta pero generaba porosidades externas e internas de la misma.

Al momento de ver este inconveniente se procedió a realizar pruebas en la máquina a diferente temperatura de los componentes, moldes y cabezal obteniendo resultados de temperatura más convenientes para la generación de la planta.

## **2.6 Hipótesis**

La implementación de un sistema de control de temperatura en la inyectora de poliuretano permitirá establecer la optimización en los puntos claves del proceso y disminuir pérdidas de material.

## **2.7 Variables de la Hipótesis**

### **2.7.1 Variable Independiente**

Inyectora de Poliuretano.

### **2.7.2 Variable Dependiente**

Factibilidad de controlar la temperatura.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1 Enfoque**

El presente trabajo investigativo tendrá un análisis y representación cualitativa, enfocado en base de su variables.

El análisis cualitativo consiste en el manejo y selección de normas que servirán de ayuda para la transferencia y control de datos que serán instalados a la máquina por medio de puertos de comunicación que actúan como interfaz para transmisión de datos y distribución de energía, la norma o serie (RS-232) es una de las más utilizadas para el intercambio de datos a través de conexión con puertos USB ya que hoy en día son los más utilizados para el intercambio o traspaso de datos. Esta interfaz, transmite datos y está siendo adoptada rápidamente por la industria informática.

Sin embargo existen muchas aplicaciones en electrónica y también en procesos de control automático donde resulta muy conveniente usar el protocolo RS232 para el intercambio de información y la PC o el PLC resulta la interface más conveniente.

#### **3.2 Modalidad básica de la investigación**

Las modalidades de investigación que concuerdan con el presente proyecto son las siguientes:

- De campo, porque se va a realizar un estudio de la máquina y los posibles sistemas de control que podría adaptársela, permitiendo sistematizar los resultados obtenidos. Esta modalidad se manifiesta con la implementación de los dispositivos de control.

- Documental Bibliográfica, se basa en la averiguación de datos encontrados en documentos, estudios y publicaciones, profundizando y ampliando las teorías y perspectivas acerca del tema del proyecto evidentes al respecto.
- Experimental, se basa en estudiar las relaciones eventuales y casuales manejando la metodología experimental con el propósito de explicar el fenómeno y poder predecirlo, además se manifiesta al futuro con la intención de aportar con bases tecnológicas para posteriores investigaciones.

### **3.3 Nivel o tipo de investigación.**

El presente trabajo investigativo alcanza varios tipos de investigación entre los cuales mencionamos los siguientes:

#### **Nivel Exploratorio**

Tiene el objeto de proporcionar datos y conclusiones que puedan servir para la ejecución de futuros proyectos de sistemas de control automáticos.

#### **Nivel Descriptivo**

Tiene por objetivo fundamental la descripción del sistema, mediante la indagación, el estudio y la fomentación del desarrollo tecnológico. Se sitúa en un primer nivel del conocimiento científico.

#### **Nivel Correlación**

Permite establecer el comportamiento y la relación establecida entre las variables de temperatura y tiempo.

### **3.4 Población y Muestra**

En la investigación del proyecto se determinará por medio de la guía de observación y la encuesta.



### 3.5 Operacionalización de variables

#### Variable Independiente

Inyectora de poliuretano

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas
<p>La inyección de poliuretano es un proceso químico, el cual se produce por medio de la mezcla de dos compuestos; el poliol y el isocianato. Ya la mezcla a una temperatura determinada se inyecta dentro un molde, con una establecida presión, caudal y temperatura.</p>	<p>Proceso químico</p> <p>Moldeo por inyección</p>	<p>Lógica Cableada</p> <p>Temperatura</p> <p>Tiempo</p>	<p>¿Cómo es el proceso químico?</p> <p>¿Qué temperatura de trabajo será idónea?</p> <p>¿Qué tiempo será necesario para el moldeo de la planta?</p>	<p>La encuesta con cuestionario dirigido a los técnicos especializados en procesos de automatización</p> <p>Guía de Observación</p>

**Elaborado por:** El Investigador

## Variable dependiente

Factibilidad de controlar la temperatura

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas
Factibilidad condición de factible es algo que se puede hacer y realizar, el control de la temperatura es fundamental en todos los proceso que ha de realizar la máquina inyectora.	Implementación	Dispositivos Controlador de temperatura	¿Cuál será el tiempo estimado de trabajo para generación de la planta de calzado?	La encuesta con cuestionario dirigido a los técnicos especializados en procesos de automatización
	Sistemas de control		¿Determinar rangos de temperatura más estables?	Guía de Observación

**Elaborado por:** El Investigador

### 3.6. Plan de Recolección de la Información

En la recolección de la información del presente trabajo se utilizó la técnica de la Encuesta y la guía de observación. (Ver Anexos)

Según VIVANCO, Ketty (2002). La encuesta “**consiste en la obtención de datos de interés social mediante la interrogación a los miembros de la sociedad**”. (Pág. 200).

Como se puede dar cuenta la encuesta es una técnica o una manera de obtener información de la realidad, a través de preguntar o interrogar a una muestra de personas; pero para recoger dicha información se auxilia o se apoya en el cuestionario.

**CUESTIONARIO**, no es otra cosa que un conjunto de preguntas, preparado cuidadosamente, sobre los hechos y aspectos que interesan en una investigación, para que sea contestado por la población o su muestra.

El cuestionario fue dirigido a los técnicos de la empresa Italplásticos de la ciudad de Ambato.

### 3.7. Procesamiento de la Información

Luego de recogidos los datos fueron transformados siguiendo los siguientes procedimientos:

- Se limpió la información de toda contradicción, que no sea incompleta, no pertinente.
- Si se detectó fallas se volvió a repetir la recolección de la información
- Finalmente se tabuló según las variables, en este caso la variable independiente y la variable dependiente, luego se realizó los cuadros de cada variable y el cuadro con cruce de variables. Y se realizará un estudio estadístico de datos para la presentación de resultados.

### 3.8. Validez y Confiabilidad

#### 3.8.1. Validez

En el desarrollo del presente trabajo investigativo al tratarse de una ciencia tecnológica se determina la validez en el momento en que se demuestra la relación de las variables a través de su Operacionalización y la formulación de la hipótesis

#### 3.8.2. Confiabilidad

Dentro de la investigación, la confiabilidad se estipuló para el tema con el asesoramiento de personas especializadas que han realizado ya estudios al respecto y documentación bibliográfica encontrada.

### 3.9. Plan para la Recolección de la Información

<b>PREGUNTAS BÁSICAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
1 -¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación
2. ¿De qué personas u objeto	Técnicos
3.- ¿Sobre qué aspectos?	Matriz de Operacionalización de objetivos específicos
4.- ¿Quién?	El Investigador
5.- ¿Cuándo?	Año 2011
6.- ¿Dónde?	Empresa Italplásticos
7.- ¿Cuántas veces?	Una
8.- ¿Qué técnicas de recolección	Encuesta

9.- ¿Con qué?	Cuestionario
10.- ¿En qué situación?	Taller

**Elaborado por:** El Investigador

### **3.10. Plan para el Procesamiento de la Información**

Revisión crítica de la información recogida; es decir, limpieza de información defectuosa, contradicción, incompleta, no pertinente.

Repetición de la recolección, en ciertos casos individuales, para corregir fallas de contestación.

Tabulación o cuadros según variables de cada objetivo específico: cuadros de una sola variable, cuadro con cruces de variables.

Manejo de información (reajuste de cuadros con casillas vacías o con datos tan reducidos cuantitativamente, que no influyen significativamente en los análisis)

Estudio estadístico de datos para presentación de resultados

### **3.11. Análisis e Interpretación de Resultados**

Análisis de resultados estadísticos, destacando tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos

Interpretación de los resultados, con el apoyo del marco teórico, en el aspecto pertinente.

Comprobación estadística de los objetivos específicos.

Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

Elaboración de una alternativa de solución

## CAPITULO IV

### ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

#### 4.1 Resultado de la mezcla de los componentes para generar la planta de poliuretano a diferente temperatura.

##### Prueba 1

Temperatura del Isocianato 65 °C y el Polioliol 70 °C.



*Fig. 4.1. Resultado de la prueba*

*Fuente: El investigador*

Mezcla acelerada, la reacción de los componentes es rápida la planta de calzado se desvanece.

##### Prueba 2

Temperatura del Isocianato 50 °C y el Polioliol 60 °C.



*Fig. 4.2. Resultado de la prueba*

*Fuente: El investigador*

Se produce la mezcla de forma no muy acelerada, la reacción produce poros en la planta de calzado.

### Prueba 3

Temperatura del Isocianato 35 °C y el Polioliol 45 °C según anexo 9.



*Fig. 4.3. Resultado de la prueba*

*Fuente: El investigador*

Mezcla de los componentes homogénea la planta de calzado sale en mejores condiciones.

### Prueba 4

Temperatura del Isocianato 25 °C y el Polioliol 40 °C.



*Fig. 4.4. Resultado de la prueba*

*Fuente: El investigador*

Mezcla retardada los componentes se mezclan pero no se solidifican rápidamente con la temperatura del molde.

<b>Universidad Técnica de Ambato</b>					
<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>					
<b>Determinación de la temperatura de trabajo de los componentes para la generación de la planta de calzado</b>					
<b>Lugar:</b> Italplásticos					
<b>Ubicación:</b> Parroquia Santa Rosa					
<b>Material:</b> Poliuretano					
<b>Proporción de mezcla:</b>					
<b>Poliol:</b> 100gr.					
<b>Isocianato:</b> 82 ( $\pm 2$ ) gr.					
N° Prueba	Temperatura °C		Condición de la Planta		
	Isocianato	Poliol	Buena	Regular	Mala
1	65	70	---	----	✓
2	50	60	----	✓	----
3	35	45	✓	---	----
4	25	40	----	✓	----

**Tabla 4.1**

Según lo analizado a la máquina inyectora de poliuretano se determinó que la temperatura normal de trabajo de los componentes es de 35 y 45 °C lo cual es



justificado en el anexo 9, en donde se debe controlar la temperatura de estos dos componentes.

#### 4.2 Determinación experimental de la temperatura de mezcla de los componentes según datos del anexo 9.

Según criterio y legítimo juicio de expertos en procesos de polímeros (Ing. Jorge Medina decano de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central) recomienda realizar ensayos de mezcla de los componentes para determinar su temperatura de mezcla.

Aspecto físico de los componentes a temperatura ambiente de 18 a 20 °C.



*Fig. 4.5. Componentes del poliuretano antes de ser calentados*

*Fuente: El investigador*

Cantidad de componentes para el ensayo experimental según el anexo 9.



*Fig. 4.6. Prueba con proporciones recomendadas según anexo 9*

*Fuente: El investigador*

Aspecto de los componentes cuando son precalentados hasta llegar a la temperatura de trabajo según.



**Fig. 4.7. Aspecto físico después de ser calentados**

*Fuente: El investigador*

Aspectos del Isocianato y el polioli ya mezclados, al mezclar estos dos componentes se forma el poliuretano dando una apariencia cremosa la cual se expande formando una espuma o esponja con propiedades adherentes.



**Fig. 4.8. Temperatura experimental de la mezcla**

*Fuente: El investigador*

Esta temperatura encontrada a través de las pruebas de las pruebas realizadas es en la que deberá mantenerse el cabezal de mezcla para mantener caliente al material antes de ingresar al molde.

Al observar la máquina inyectora se realizó un esquema en el cual podemos observar que tiene tres puntos críticos de temperatura los cuales se deben controlar estableciendo parámetros de temperatura dado por los fabricantes.

Uno de las zonas críticas de temperatura son los componentes para formar poliuretano como son el Isocianato y el Polioliol estos componentes deben ser primeramente precalentados en un horno a temperatura y tiempo recomendados por el fabricante.

Luego de ser precalentados se los lleva a una temperatura de trabajo en la cual las plantas de calzado producidas salen en una forma adecuada.

El cabezal de mezcla e inyección es otro de los puntos claves de temperatura ya que debe encontrarse a una temperatura considerable para que la mezcla pueda formarse homogéneamente entre los dos componentes, si no se controlara la temperatura en este punto el material caliente entra a la cámara de mezcla en el cabezal encontrándose frío esto produce una reacción diferente produciendo burbujas y el material comenzando a adherirse como pega sin permitir el recorrido normal del pistón de expulsión.

Otra de las zonas críticas de temperatura son los moldes, al momento de ingresar el material al molde sufre cambios físicos el material comienza a reaccionar y a ensancharse hasta ocupar el volumen del molde a la temperatura y tiempo recomendados. Todos estos parámetros están especificados en el anexo 9.

Por el contrario sino se controlara la temperatura en estos puntos las plantas de calzado saldrían en mal estado con problemas de porosidad, la reacción de los componentes sería muy rápida o muy lenta dependiendo de la temperatura de los componentes, no se produciría una mezcla homogénea produciendo pérdidas y desperdicio de material y posiblemente daños en la máquina.

<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
<b>Determinación de la temperatura de mezcla de los componentes</b>			
<b>Temperatura del Isocianato: 35 °C</b>			
<b>Temperatura del Polioli: 45 °C</b>			
N° Prueba	Proporción de mezcla(gramos)		Temperatura de la mezcla°C
	Isocianato	Polioli	Poliuretano
1	200	200	40
2	180	200	40
3	150	150	38
4	120	150	39
5	100	120	39
6	80	100	42
<b>Proporción de mezcla: Polioli= 100 gr.</b>			
<b>Isocianato= 82 (±2)</b>			
N° Prueba	Temperatura de los componentes°C		Temperatura de mezcla°C
	Isocianato	Polioli	Poliuretano
1	60	70	58
2	50	65	54
3	40	60	47
4	35	55	43
5	30	45	40
6	35	45	38

**Tabla 4.2**

Al realizar las pruebas de temperatura de mezcla a diferentes proporciones se verifico que para la proporción de mezcla marcada en el cuadro superior de la tabla la temperatura es de 42 °C, del mismo modo al realizar las pruebas de temperatura de mezcla a diferente temperatura de los componentes manteniendo la misma proporción de mezcla se verifico que la temperatura de mezcla marcada

en el cuadro inferior es de 38 °C que en promedio sería de 40 °C para la temperatura a controlar en el cabezote.

Para este caso el tipo de control que ejerceremos será el control de la temperatura y tiempos a mantener.

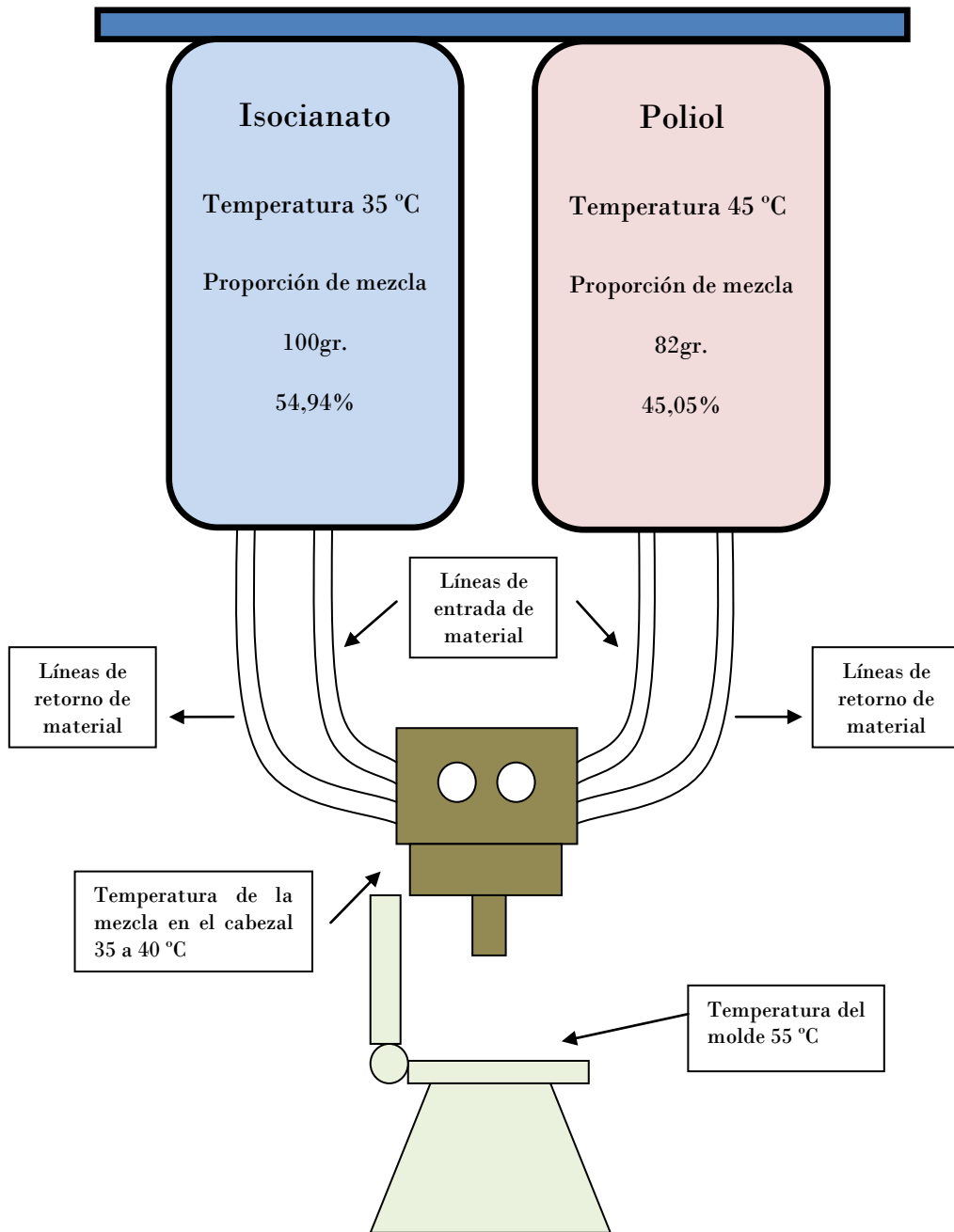
#### 4.3 Determinación del tiempo requerido de producción de la planta de calzado manteniendo la temperatura de los componentes según anexo 9.

<b>Universidad Técnica de Ambato</b>  <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>		
<b>Temperatura del Isocianato:</b> 35 °C  <b>Temperatura del Polioli:</b> 45 °C  <b>Temperatura del molde:</b> 55 °C  <b>Proporción de mezcla:</b>  <b>Polioli:</b> 100gr.  <b>Isocianato:</b> 82 (± 2) gr.		
<b>Lugar:</b> Italplásticos  <b>Ubicación:</b> Parroquia Santa Rosa  <b>Material:</b> Poliuretano		
N° Prueba	Tiempo  (min)	Número de pares de plantas
1	3min 20seg	1

**Tabla 4.3**

Los rangos de temperaturas que se debe controlar para el Polioli son de 45 °C y del Isocianato de 35 °C optimizando con estas temperaturas se puede obtener mejor control en los puntos claves del proceso y menos desperdicio de material.

Esquema de la inyectora de poliuretano y las zonas críticas de temperatura.



#### 4.4 Opinión para la elección de los equipos de control de temperatura.

##### Encuesta dirigida a los técnicos e ingenieros especializados en el área de Control y Automatización de la ciudad de Ambato.

1.- ¿Considera que la máquina inyectora de poliuretano cumple con todos los proceso de control automático?

Cuadro #: 4.1

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
SI	7	70
NO	3	30
<b>Total:</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Elaborado por: El Investigador

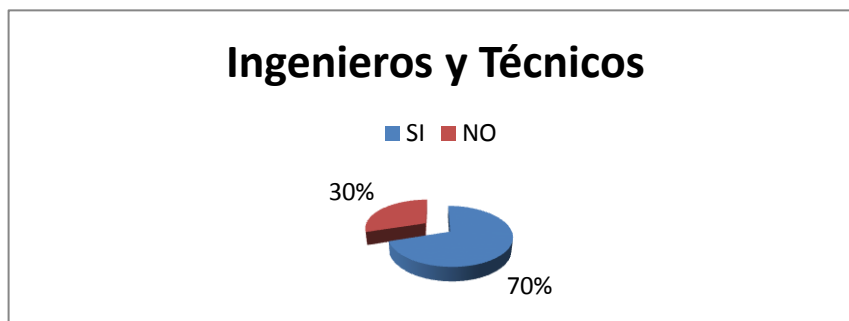


Gráfico #: 4.1

#### Análisis e Interpretación

De los encuestados, 7 señalan Si, lo que representa el 70%, en tanto 3 indica que No, que corresponde al 30%

La mayoría de los encuestados manifiestan que la máquina inyectora de poliuretano si cumple con todos los proceso de control automático, se considera esta respuesta por cuanto son ellos quien están construyendo dicha máquina, y es lógico suponer que deben aplicar todos los conocimientos para su correcto funcionamiento

2.- ¿Cree que el moldeo por inyección de poliuretano es un proceso más preciso para la elaboración de las plantas de calzado?

Cuadro # 4.2

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
SI	5	50
NO	5	50
<b>Total:</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Elaborado por: El Investigador

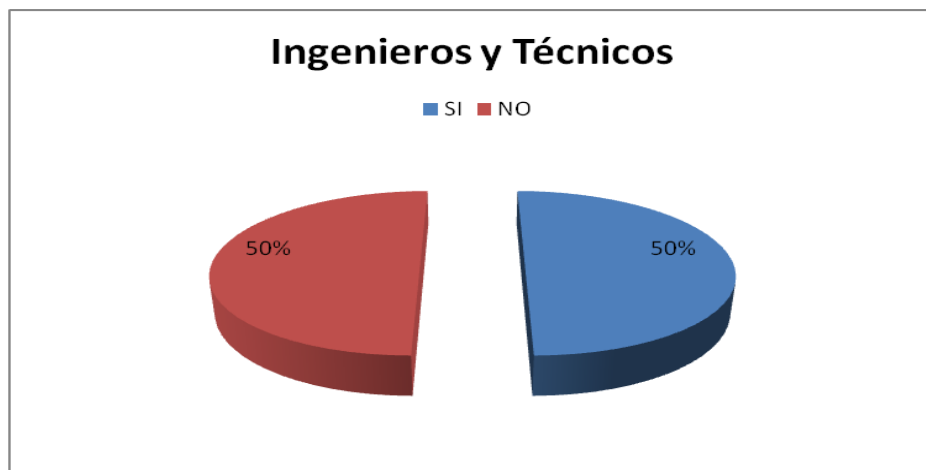


Grafico #: 4.2

### Análisis e Interpretación

De los encuestados, 5 señalan que Si, lo que representa el 50%, en tanto 5 indican que No, que corresponde al 50%.

En este caso los encuestados han respondido en una forma crítica ya que la mitad responde que Si y la otra que No, se puede decir que el proceso de inyección se realiza para materiales de PVC el cual va directamente inyectado al molde que se encuentra cerrado dando como resultado que no es aplicable para materiales como el poliuretano.



3.- ¿Cree que el sistema de inyección y colado es un proceso más conveniente y favorable en la fabricación de las plantas de calzado?

Cuadro #: 4.3

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
SI	9	90
NO	1	10
<b>Total:</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Elaborado por: El investigador

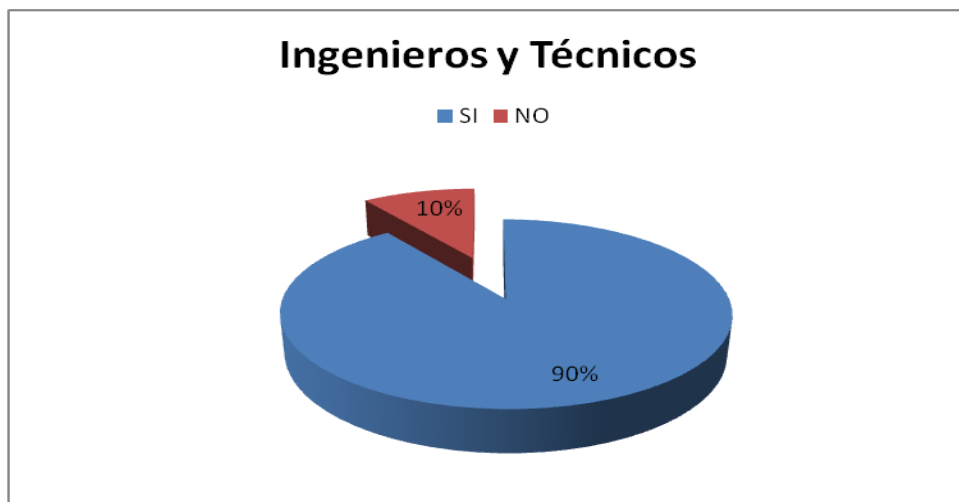


Grafico #: 4.3

### **Análisis e Interpretación**

De los encuestados, 9 señalan que Si, lo que representa el 90%, en tanto 1 indica que No, que corresponde al 10%.

En este caso la mayoría de los encuestados responde que el sistema de inyección y colado es un sistema más eficiente, se puede decir que la mayoría de máquinas inyectoras de poliuretano trabajan con este sistema y no ha presentado ningún problema e inconveniente al momento de generar la planta de calzado.

4.- ¿Considera que la inyectora de poliuretano realiza un proceso continuo?

Cuadro # 4.4

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
SI	10	100
NO	0	0
<b>Total:</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Elaborado por: El Investigador

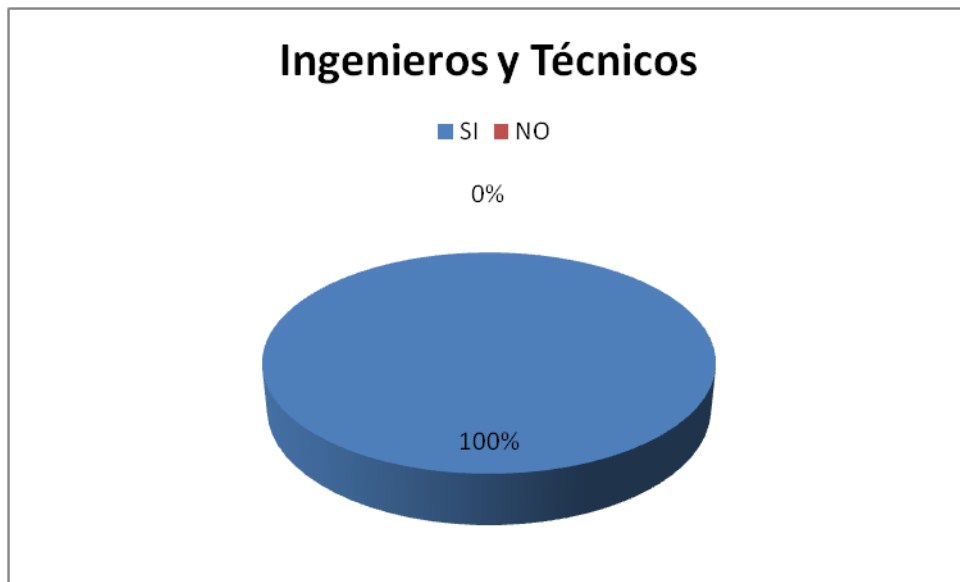


Grafico #: 4.4

### **Análisis e Interpretación**

Analizando esta pregunta todos los encuestados supieron manifestar que Si correspondiente al 100%.

El total de encuestados han respondido que la máquina inyectora de poliuretano realiza un proceso continuo, pues es evidente ya que las máquinas industriales destinadas a la producción realizan este proceso porque si no fuese así hubiera pérdidas de producción y tiempo de trabajo.

5.- ¿Considera que la inyectora de poliuretano debe tener un sistema de control de temperatura?

Cuadro #: 4.5

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
SI	10	100
NO	0	0
<b>Total:</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Elaborado por: El investigador

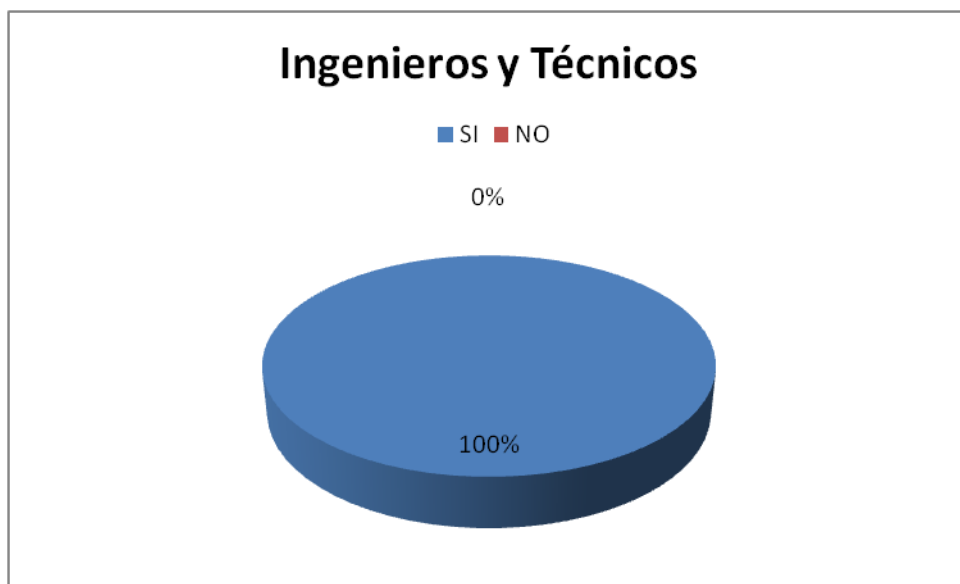


Grafico #: 4.5

### **Análisis e Interpretación.**

En esta pregunta todos los encuestados han respondido que Si con el 100%.

Los encuestados han respondido que la inyectora de poliuretano debe tener un sistema de control de temperatura, sea cual sea el punto en el que se debe controlar la temperatura dentro de la inyectora de poliuretano pues es algo esencial porque se trabaja con materiales que deben ingresar a determinada temperatura con esto se obtiene un producto de mejor calidad.

6.- ¿Considera que es necesario la implementación de un sistema de control de temperatura en un punto crítico de la máquina?

Cuadro #: 4.6

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
SI	8	80
NO	2	20
<b>Total:</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Elaborado por: El investigador

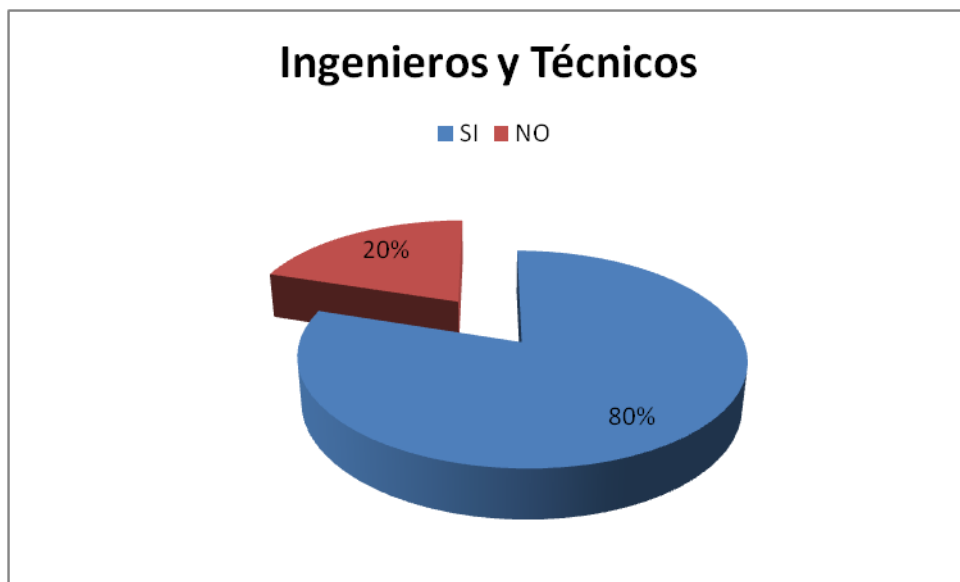


Grafico #: 4.6

### **Análisis e Interpretación.**

De los encuestados, 8 señalan Si, lo que representa el 80%, en tanto 2 indica que No, que corresponde al 20%.

La mayoría de encuestados dicen que es necesario la implementación de un sistema de control de la temperatura en un punto crítico de la máquina, siendo algo lógico porque si no se toma en cuenta el punto en donde necesita más control de la temperatura, es más probable que los procesos de producción sean ineficientes.

7.- ¿Cree que los sensores ayudan en gran parte en el control de la temperatura?

Cuadro #: 4.7

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
SI	10	100
NO	0	0
<b>Total:</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Elaborado por: El Investigador

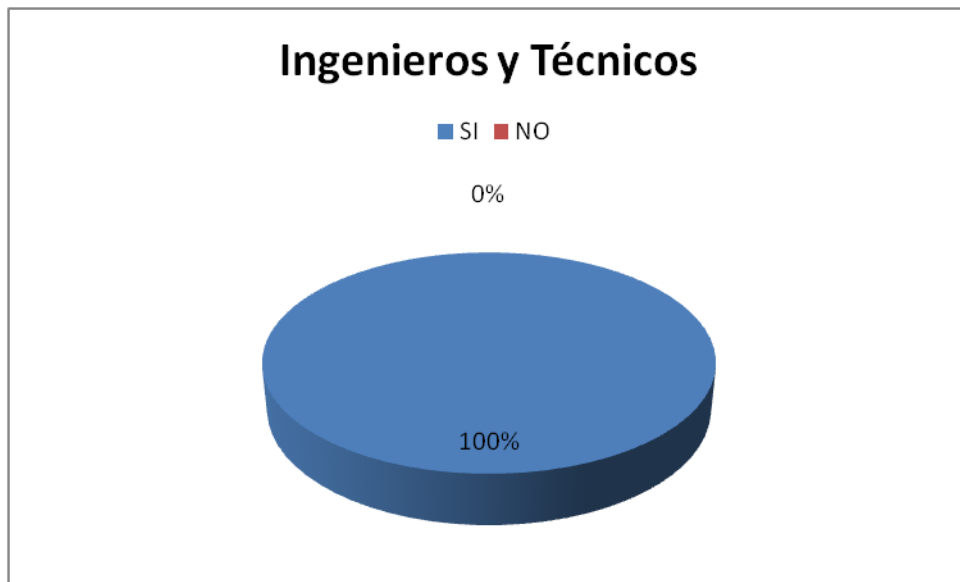


Grafico #: 4.7

### **Análisis e Interpretación.**

Analizando esta pregunta todos los encuestados supieron manifestar que Si correspondiente al 100%.

Todos los encuestados han manifestado que los sensores ayudan en gran parte al control de la temperatura, teniendo presente esta información de los encuestados los sensores son elementos indispensables en el manejo y control de la temperatura en el punto que se requiera la mayor observación posible en la inyectora de poliuretano.

8.- ¿Si tuviera que escoger algún sensor de temperatura para una inyectora de poliuretano cual escogería?

Cuadro #: 4.8

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Termorresistencia	4	40
Termopar	4	40
Termistor	2	20
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Elaborado por: El Investigador

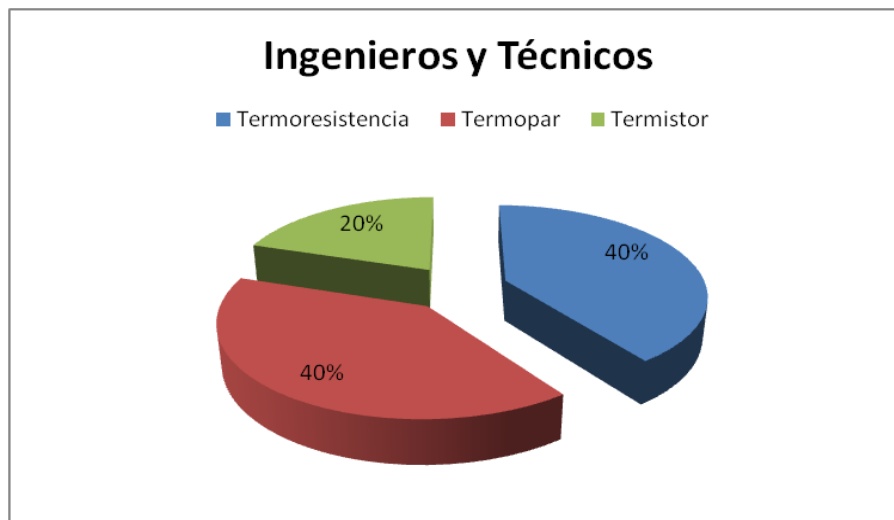


Grafico #: 4.8

### **Análisis e Interpretación.**

Del total de encuestados el 40% escoge una termorresistencia, el otro 40% escoge un termopar y el 20% restante escoge un termistor.

Pues el 40% de encuestados que escogieron la termorresistencia tiene una igualdad con el otro 40% que escogieron el termopar, esto nos da a entender que cualquiera de estos sensores sirve para el control de la temperatura en maquinaria de nivel industrial.

9.- ¿Cree que los equipos programables son indispensables en el control de procesos de alguna máquina?

Cuadro #: 4.9

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
SI	9	90
NO	1	10
<b>Total:</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Elaborado por: El Investigador

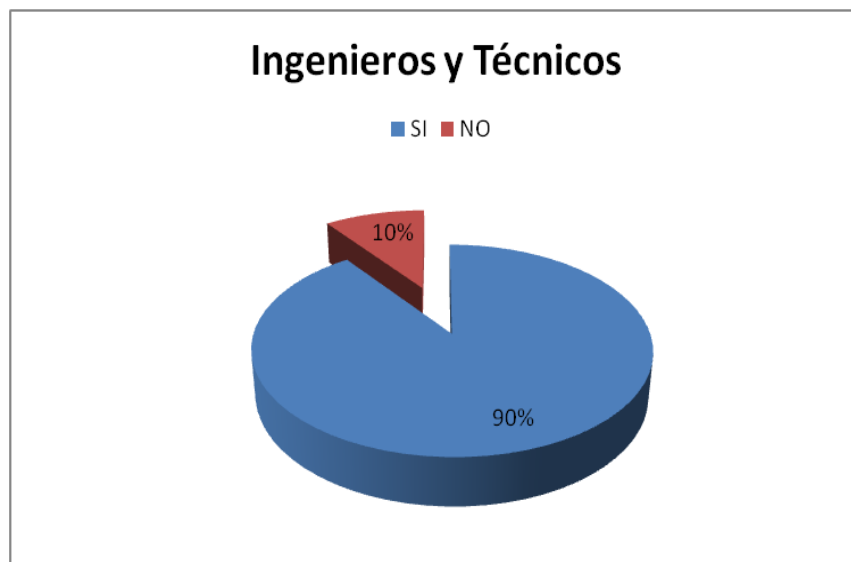


Gráfico #: 4.9

### **Análisis e Interpretación.**

De los encuestados, 9 señalan que Si, lo que representa el 90%, en tanto 1 indica que No, que corresponde al 10%.

La mayoría de encuestados manifiestan que un equipo programable es indispensable en el control de procesos de alguna máquina, pues son dispositivos que permiten controlar y regular todos los parámetros de producción.

10.- ¿Si tuviera que escoger algún equipo programable para el control de la temperatura cual escogería?

Cuadro #: 4.10

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
PLC	8	80
Microcontrolador	1	10
Microchip	1	10
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Elaborado por: El Investigador

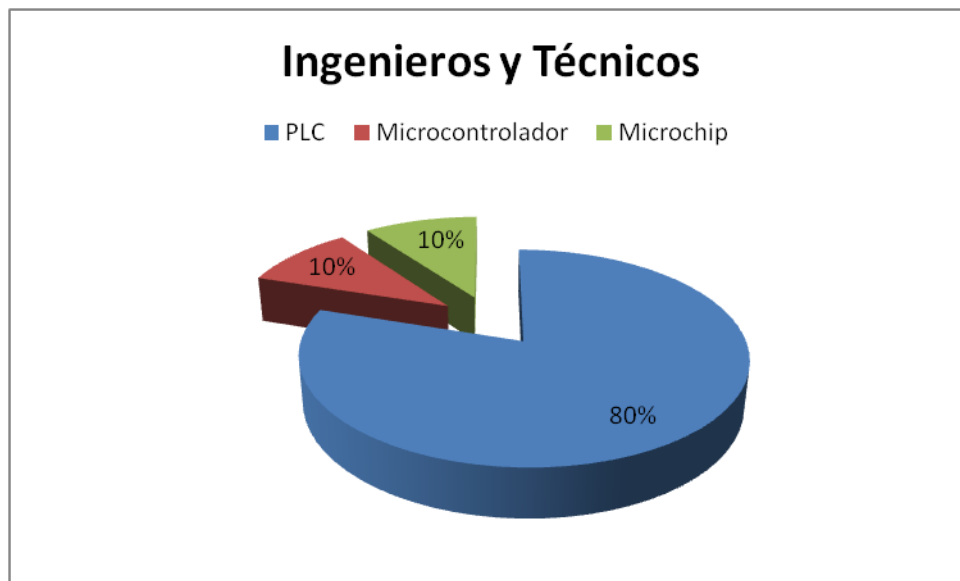


Gráfico #: 4.10

### **Análisis e Interpretación.**

Del total de encuestados el 80% escoge un PLC, el otro 10% escoge un microcontrolador y el 100% restante escoge un microchip

Se puede observar que la mayoría de encuestados prefieren trabajar con un PLC por las ventajas que tiene dentro de un sistema de control y es más seguro que los dispositivos nombrados anteriormente.



#### 4.5 Graficas en el comportamiento del control de la temperatura en los puntos críticos.

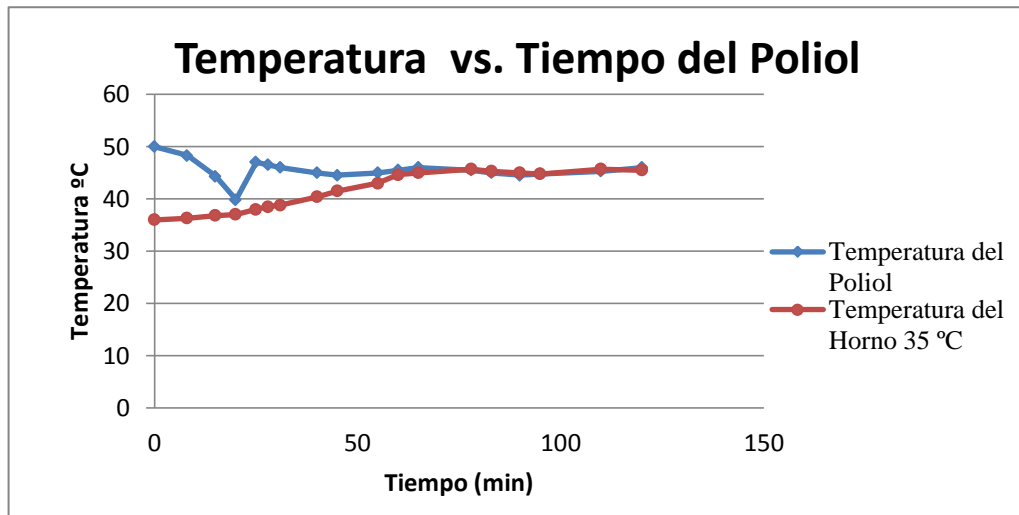


Grafico 4.11 Temperatura vs. Tiempo del Polioli

En la gráfica se puede observar que mantenemos la temperatura dentro del rango establecido que es de 45 °C según anexo 9, después al colocar más componente a 35 °C de temperatura el tiempo en que tarda para estabilizar la temperatura de trabajo es de 60 minutos.

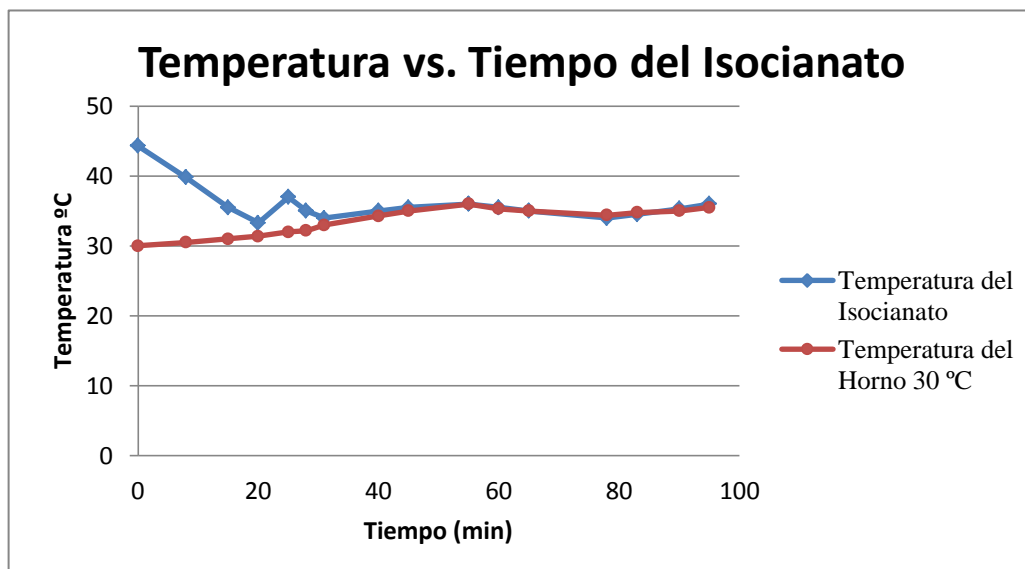
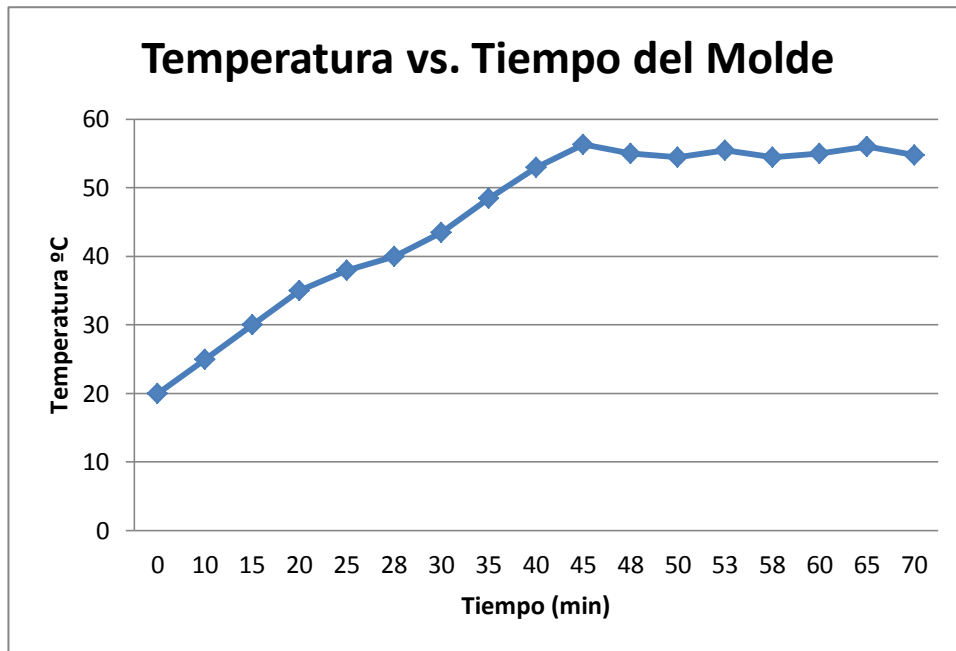


Grafico 4.12 Temperatura vs. Tiempo del Isocianato

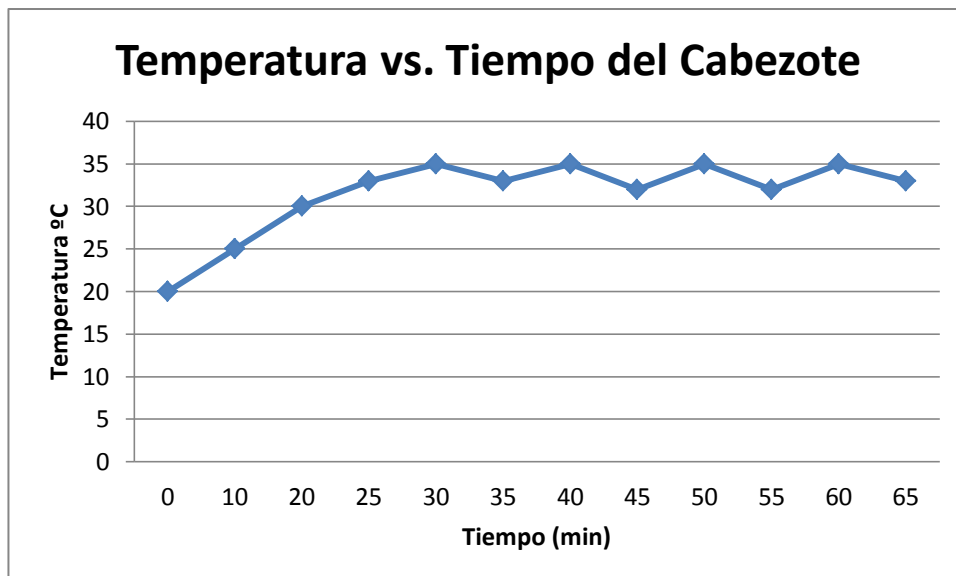
En la gráfica se puede observar que mantenemos la temperatura dentro del rango establecido que es de 35 °C según anexo 9, después al colocar

más componente a 30°C de temperatura el tiempo en que tarda para estabilizar la temperatura de trabajo es de 40 minutos.



*Grafico 4.13 Temperatura vs. Tiempo del molde*

En la gráfica se puede observar que mantenemos la temperatura dentro del rango establecido que es de 55 °C según anexo 9.



*Grafico 4.14 Temperatura vs. Tiempo del cabezote*

En la gráfica podemos observar que se encuentra en el rango de temperatura demostrado por el método experimental de la mezcla de los dos componentes.

#### **4.6 Verificación de Hipótesis**

##### **Conclusión**

De esta manera se acepta la hipótesis alterna, que manifiesta que la máquina inyectora de poliuretano SI requiere y permite optimizar la temperatura en los puntos claves del proceso y el tiempo de producción.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se comprobó que la máquina inyectora de poliuretano tiene como puntos críticos los moldes, el cabezal de inyección, los componentes del poliuretano (Isocianato y el Polioliol) ya que son elementos indispensables que al mezclarse forman el poliuretano.
- Según la encuesta aplicada se seleccionó un sistema de control de temperatura por medio de PLC y sensores de temperatura para el cual se realizó un estudio de los diversos tipos de dispositivos de control y comprobar cuál de estos sería el más factible e idóneo para su selección tomando en cuenta que esta máquina es de tipo industrial y los rangos de temperatura a medir deben ser lo más aceptable posible.
- Se determinó que la temperatura de trabajo de estos dos componentes en los puntos críticos es de 45 °C para el Polioliol y de 35 °C para el Isocianato, 38 a 40°C en el cabezal de inyección para generar las plantas de calzado mejorando de esta forma la mezcla entre los mismos antes de ingresar a los moldes que se encuentran a una temperatura de 55 °C.
- Se determinó que es necesario la implementación de dispositivos de control de la temperatura y que debe ser monitoreada por un sistema de control como el PID (Control Proporcional Integral Derivativo) que comande todos los dispositivos que intervienen en este sistema para el mejor control de la temperatura en los puntos críticos de estudio.

## 5.2 Recomendaciones

- La máquina inyectora de poliuretano tiene un proceso de inyección y colado para generar las plantas de calzado dado que el poliuretano también tiene propiedades adherentes se recomienda limpiar la boquilla de inyección del cabezote después de haber terminado el trabajo y por ende el cabezote también.
- Para este tipo de máquina es recomendable utilizar sensores de tipo industrial que pueden ser termocuplas o termorresistencia, ya que estos sensores son montables y desmontables y están colocadas dentro de una vaina protectora que puede ser cerámica o metálica.
- Es recomendable diseñar un sistema de control de la temperatura para la máquina inyectora de poliuretano por medio de dispositivos de control y equipos de programación como un PLC y también la utilización de programas que permiten programar el PLC de esta forma se controlará la temperatura en los puntos críticos de estudio.

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 Tema**

“Implementación de un Sistema de Control Automático en la Inyectora de Poliuretano para controlar la temperatura en los puntos críticos de la máquina construida por la empresa Italplásticos de la ciudad de Ambato”.

#### **6.2 Datos Informativos.**

**Institución:** Italplásticos cía. Ltda.

**Parroquia:** Santa Rosa

**Cantón:** Ambato

**Provincia:** Tungurahua

**Sostenimiento:** Fiscal

**Jornada:** Matutina y Vespertina

**Tipo:** Mixto

#### **6.3 Antecedentes de la propuesta**

En los tiempos actuales las máquinas inyectoras que prestan servicio en la generación de plantas de calzado han sufrido cambios en su desarrollo tecnológico cada vez se busca tener los mejores requerimientos y resultados en cada proceso que van a realizar, dando como resultado un producto de máxima calidad sin que se desperdicie material y tampoco recursos energéticos.

Utilizando dispositivos eléctricos y electrónicos se maneja uno de los parámetros y sistemas más comunes que es el sistema de control de la temperatura, varios diseñadores y constructores de maquinaria buscan controlar de mejor forma este sistema por medio de microcontroladores, PLCs, y sensores de temperatura que en nuestro medio son algo costosos dependiendo la marca pero con una gran exactitud y velocidad de respuesta en el punto que se requiera controlar la temperatura.

La facilidad que brindan estos equipos hace que los procesos automáticos y rangos de medición de temperatura sean más fáciles de manejar y visualizar, ayudando de esta forma al operario y aumentando la productividad de la empresa.

#### **6.4 Justificación**

En este sistema hay puntos claves para el control de procesos y su importancia radica en el aspecto técnico que presenta manejar uno de ellos como el control de la temperatura de los componentes del poliuretano como son el Polioliol e Isocianato ya que estos dos materiales entran calientes y a determinada temperatura de trabajo con esto se pretende manejar automáticamente los rangos de temperatura más estables para ser mezclados y luego inyectados a los moldes.

Esta máquina es interesante y novedosa porque su estructura de construcción es diferente a las inyectoras de poliuretano normales, esta máquina lleva montado en el brazo giratorio los tanques de los dos componentes del poliuretano, en cambio en las otras máquinas los tanques de los componentes se encuentran a cierta distancia de la máquina.

Los beneficiarios serán las personas y la empresa porque con la implementación de un sistema de control se puede monitorear la temperatura y optimizar la misma en los puntos claves del proceso que son los componentes de Isocianato y Polio ubicados en los tanques ya que con esto las temperaturas idóneas y recomendadas por el fabricante de las materias primas serán manejadas de una forma correcta y precisa.

Las temperaturas manejadas de una forma factible en los puntos claves del proceso permitirán tener como resultado una mejor calidad del producto final en la cual asemos referencia a las plantas de calzado. Si no se controlara la temperatura de los componentes, estas plantas de calzado pueden salir deterioradas, porosas y en mal estado ya que se manejaría el control de la temperatura de una forma empírica y al azar sin utilizar un sistema de control que permita optimizar de mejor forma la funcionabilidad de la máquina inyectora.

## **6.5 Objetivos**

### **6.5.1 Objetivo General**

Implementar un Sistema de Control de Temperatura idónea en los puntos críticos de la máquina inyectora de poliuretano para la fabricación de las plantas de calzado construida por la empresa Italplásticos de la ciudad de Ambato.

### **6.5.2 Objetivos Específicos**

- Efectuar un sistema de control que permita manejar los rangos de temperatura recomendables del proceso.
- Implementarlos elementos y dispositivos de control de la temperatura en la inyectora de poliuretano para que funcionen íntegramente dentro del sistema de control.
- Examinar que todos los elementos de control incorporados a la máquina operen lúcidamente.

## **6.6 Análisis de Factibilidad**

Observando la máquina nos pudimos dar cuenta que la instalación de este sistema de control es factible realizarlo por el beneficio que tendrá, tanto en la ubicación que va a tener con respecto a la máquina y el ventaja que tendrá la misma ya que no presenta ningún problema para el operario, el sensor de temperatura se encuentra ubicado en la parte inferior de los tanques comandado por el sistema de control que se encuentra operando desde en el tablero ubicado de tal forma que sea accesible para el mantenimiento.



La implementación de este proceso amplía más el desarrollo tecnológico, las empresas dedicadas a esta labor tendrían ganancias productivas con resultados más espontáneos con mejor calidad en cada uno de los procesos utilizando dispositivos modernos presentando mejores resultados y abarcando las demandas de la sociedad.

## **6.7 Fundamentación Teórica**

La máquina inyectora de poliuretano tiene diversos sistemas de control y por ende procesos de fabricación para generar las plantas de calzado, que permiten el correcto funcionamiento de la inyectora.

Uno de los sistemas es justamente el control de la temperatura, pero para la realización de esto necesitamos conocer cuál es el punto de mayor incidencia, este punto será nuestro punto crítico de estudio en la inyectora de poliuretano, determinado este punto lo describiremos así:

### **6.7.1 Descripción de los Puntos Críticos de estudio**

1. Dos tanques cilíndricos uno para el Isocianato y uno para el Polioliol
2. Cabezote de inyección
3. Moldes

#### **6.7.1.1 Funcionamiento**

El Isocianato como el Polioliol es fundido en un horno, el Isocianato se calienta a 80°C por 24 hrs y el Polioliol a 80 °C por 12 hrs, después son ingresados a los tanques cilíndricos que se encuentran acopladas a la mesa y está montada en el brazo giratorio, dos agitadores (uno por componente) que se encuentran montadas en la mesa, mantienen moviendo a los componentes uniformemente los componentes como se encuentran a una temperatura alta de trabajo el sensor detecta esta temperatura y entra en funcionamiento en sistema de enfriamiento haciendo recircular agua fría a través del cilindro interno que se encuentra dentro de los tanques cilíndricos de los componentes, de esta manera reduce la temperatura de los componentes hasta llegar a su temperatura de trabajo registrada por el sensor, que para el Isocianato es de 35 °C y el Polioliol de 45°C.

Si llegara a bajar la temperatura de trabajo de la misma forma el sensor detecta esta temperatura permitiendo que entre el sistema de calefacción en funcionamiento, el agua que circula dentro del cilindro interno es calentada por la niquelina, y por transferencia de calor hace que se caliente y mantenga la temperatura de trabajo de los dos componentes, como el Isocianato y el Polioli se encuentran en movimiento por efecto de los agitadores, la temperatura generada es repartida uniformemente a cada uno de los componentes.

Luego los componentes son llevados por un sistema de bombeo al cabezal de inyección en donde el cabezote se encuentra a una temperatura de 38 a 40°C en este punto es donde se mezclan los componentes formando poliuretano por medio de un motor neumático que hace girar al mezclador en un tiempo de 8 segundos antes de ser inyectados y colados al molde. Después de este proceso el material poliuretano es inyectado y colado al molde en donde se encuentra a una temperatura de 55 °C y permanece por un tiempo de 180 segundos.

### **6.7.2 Sistemas de Control de Temperatura**

Como hemos mencionado previamente en nuestro sitio, la palabra sistema puede tener varias acepciones o si se la combina puede otorgar varios resultados; el sistema de control de temperatura es bastante ignorado por muchos individuos ya que desconocen su función y aplicación en las viviendas como en la industria. Hoy contamos con un control de temperatura por zonas lo que implica el alcance de una mayor comodidad.

El objetivo de un sistema de control de temperatura es mejorar el confort del usuario y los diversos procesos que manejan algunas máquinas industriales al mismo tiempo incurrir en un ahorro energético; debemos señalar que no existe un solo tipo, aunque hasta hace un par de años atrás este sistema era único. A todo esto debemos agregar que la percepción del “confort” de cada usuario difiere en demasía, cuando utilizamos un sistema de control de temperatura por zonas nos aseguramos de que cada individuo o algún elemento de máquina que resida en un mismo lugar pueda sentirse cómodo para efectuar sus tareas y evitar que se resignen a “lo que le toque”.

### **6.7.3 Ventajas del Sistema de Control de la Temperatura**

La ventaja de estos sistemas es que pueden regularse o programarse a medida y para cada área en particular, es decir, podemos hacer que el sistema de control de temperatura se prenda o apague a ciertas horas del día, también podemos hacer que las corrientes frescas o cálidas se dirijan a sitios específicos, los más necesitados. El ahorro energético que obtenemos es considerable, si la instalación corresponde a un edificio de oficinas con una serie de despachos individuales, es muy posible que por la flexibilidad del horario de trabajo haya oficinas vacías y ocupadas, si tenemos un climatizador de características comunes entonces estaríamos gastando inútilmente energía climatizando espacios vacíos.

Con el sistema de control de temperatura para máquinas industriales, se puede controlar la temperatura deseada en algún punto de la misma por el usuario en cada sitio, dentro de ciertos límites, y no dejar que el sistema alcance aquellas zonas desocupadas ahorrando así una gran suma de dinero.

### **6.7.4 Componentes básicos de un Sistema de Control de Temperatura**

Los componentes básicos de un sistema de control de temperatura son: a unidad de control, mando sensor máster, mando sensor esclavo, rejilla de impulsión y una compuerta de sobrepresión. La primera está conectada al climatizador para transmitirle directivas de “encendido/marcha” y su modo de funcionamiento: ventilación, calor o frío; a su vez también está conectada a las rejillas con compuerta motorizada mediante un Bus de dos hilos para alimentar los motores. El mando sensor máster puede ser inalámbrico o tener una conexión por cable, su ubicación está generalmente en la pared, sus funciones características son: controlar la temperatura de la sala en donde está ubicado, dar órdenes al climatizador a través de la unidad de control, programar horarios y fijar límites de temperatura. El mando sensor esclavo también puede ser inalámbrico o tener una conexión mediante un cable, se coloca empotrado a la pared y se encarga de abrir o cerrar las compuertas de las rejillas de la zona en donde está ubicado, mostrar en su display los valores de temperatura que el ambiente posee; una vez establecida la puesta en marcha, controla la temperatura del lugar en función a la que fue

asignada y programa horarios específicos. Por último, en el sistema de control de temperatura tenemos la rejilla de impulsión y la compuerta de sobrepresión; la primera es motorizada, y la segunda posee un mecanismo gobernado por un muelle.

### **6.7.5 Sistemas de Control Automático**

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

El control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo de los procesos industriales, lo que compensa con creces la inversión en equipo de control. Además hay muchas ganancias intangibles, como por ejemplo la eliminación de mano de obra pasiva, la cual provoca una demanda equivalente de trabajo especializado. La eliminación de errores es otra contribución positiva del uso del control automático.

El principio del control automático o sea el empleo de una realimentación o medición para accionar un mecanismo de control, es muy simple. El mismo principio del control automático se usa en diversos campos, como control de procesos químicos y del petróleo, control de hornos en la fabricación del acero, control de máquinas herramientas, y en el control y trayectoria de un proyectil.

El uso de las computadoras analógicas y digitales ha posibilitado la aplicación de ideas de control automático a sistemas físicos que hace apenas pocos años eran imposibles de analizar o controlar.

Es necesaria la comprensión del principio del control automático en la ingeniería moderna, por ser su uso tan común como el uso de los principios de electricidad o termodinámica, siendo por lo tanto, una parte de primordial importancia dentro de la esfera del conocimiento de ingeniería. También son tema

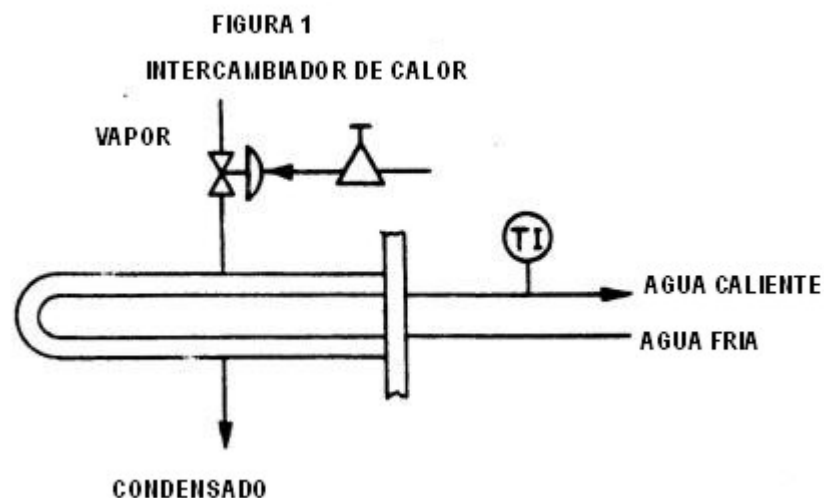
de estudio los aparatos para control automático, los cuales emplean el principio de realimentación para mejorar su funcionamiento.

### 6.7.5.1 Aplicaciones del Sistema de Control

Algunas aplicaciones de los instrumentos de medida pueden caracterizarse por tener esencialmente una función de monitorización. Los termómetros, barómetros y anemómetros sirven para ese propósito, simplemente indican la condición del medio ambiente y sus lecturas no sirven como función de control en sentido ordinario, al igual los medidores de agua, gas y electricidad del hogar cuentan las cantidades que se consumen de esos fluidos para poder cancelar el monto a pagar por el usuario. Todos estos elementos de medición reportan beneficios, pero no sirven para poder controlar procesos dinámicos como los empleados hoy por cualquier industria.

### 6.7.6 Función del Control Automático

La idea básica de lazo realimentado de control es más fácilmente entendida imaginando qué es lo que un operador tendría que hacer si el control automático no existiera.



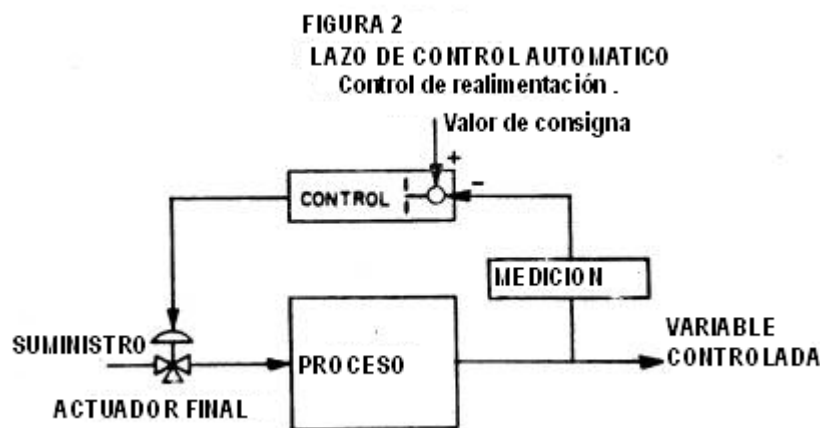
*Fig. 6.1. Aplicación común de Control Automático*  
*Fuente: [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico/](http://www.sapiensman.com/control_automatico/)*

La figura 6.1 muestra una aplicación común del control automático encontrada en muchas plantas industriales, un intercambiador de calor que usa calor para calentar agua fría. Para controlar la temperatura manualmente, el operador observaría la temperatura indicada, y al compararla con el valor de temperatura deseado, abriría o cerraría la válvula para admitir más o menos vapor. Cuando la temperatura ha alcanzado el valor deseado, el operador simplemente mantendría esa regulación en la válvula para mantener la temperatura constante. Bajo el control automático, el controlador de temperatura lleva a cabo la misma función. La señal de medición hacia el controlador desde el sensor de temperatura es continuamente comparada con el valor de consigna ingresado al controlador. Basándose en una comparación de señales, el controlador automático puede decir si la señal de medición está por arriba o por debajo del valor de consigna y mueve la válvula de acuerdo a ésta diferencia hasta que la medición (temperatura) alcance su valor final.

## 6.7.7 Clasificación de los Sistemas de Control

### 6.7.7.1 Sistemas de lazo cerrado o Realimentación

El lazo de control realimentado simple sirve para ilustrar los cuatro elementos principales de cualquier lazo de control.



*Fig. 6.2.Lazo de control Realimentado*

*Fuente: [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico/](http://www.sapiensman.com/control_automatico/)*

La medición debe ser hecha para indicar el valor actual de la variable controlada por el lazo. Mediciones corrientes usadas en la industria incluyen caudal, presión, temperatura, mediciones analíticas tales como pH, ORP, conductividad y muchas otras particulares específicas de cada industria.

#### **6.7.7.2 Realimentación**

Es la propiedad de un sistema de lazo cerrado que permite que la salida (o cualquier otra variable controlada del sistema) sea comparada con la entrada al sistema (o con una entrada a cualquier componente interno del mismo con un subsistema) de manera tal que se pueda establecer una acción de control apropiada como función de la diferencia entre la entrada y la salida. Más generalmente se dice que existe realimentación en un sistema cuando existe una secuencia cerrada de relaciones de causa y efecto entre las variables del sistema. El concepto de realimentación está claramente ilustrado en el mecanismo del piloto automático del ejemplo dado.

La entrada es la dirección especificada, que se fija en el tablero de control del avión y la salida es la dirección instantánea determinada por los instrumentos de navegación automática. Un dispositivo de comparación explora continuamente la entrada y la salida.

Cuando los dos coinciden, no se requiere acción de control. Cuando existe una diferencia entre ambas, el dispositivo de comparación suministra una señal de acción de control al controlador, o sea al mecanismo de piloto automático. El controlador suministra las señales apropiadas a las superficies de control del avión, con el fin de reducir la diferencia entre la entrada y la salida. La realimentación se puede efectuar por medio de una conexión eléctrica o mecánica que vaya desde los instrumentos de navegación que miden la dirección hasta el dispositivo de comparación.

### **6.7.7.3 Características de la realimentación.**

Los rasgos más importantes que la presencia de realimentación imparte a un sistema son:

a) Aumento de la exactitud. Por ejemplo, la habilidad para reproducir la entrada fielmente.

b) Reducción de la sensibilidad de la salida, correspondiente a una determinada entrada, ante variaciones en las características del sistema.

c) Efectos reducidos de la no linealidad y de la distorsión.

d) Aumento del intervalo de frecuencias (de la entrada) en el cual el sistema responde satisfactoriamente (aumento del ancho de banda)

e) Tendencia a la oscilación o a la inestabilidad.

### **6.7.7.4 Sistema de lazo Abierto**

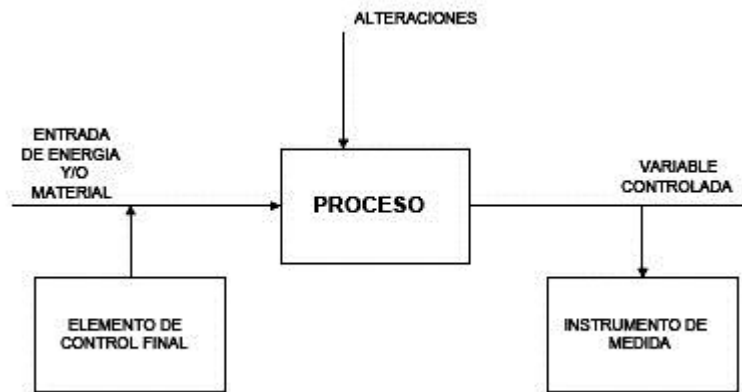
Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida.

Los sistemas de control a lazo abierto tienen dos rasgos sobresalientes:

a) La habilidad que éstos tienen para ejecutar una acción con exactitud está determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o restablecer una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.

b) Estos sistemas no tienen el problema de la inestabilidad, que presentan los de lazo cerrado.





**Fig. 6.3. Lazo de control abierto**

*Fuente:* [http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador\\_l%C3%B3gico\\_programable](http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable)

### 6.7.8 Sensores

Los sensores los podemos definir como dispositivos electrónicos que convierten una variable física a un correspondiente valor eléctrico, este valor eléctrico puede estar en términos de la corriente, voltaje ó resistencia. Los sensores a su vez pertenecen a los elementos de entrada de datos de un sistema de control automático, por lo que la clasificación de los elementos de entrada queda como sigue:

#### 6.7.8.1 Clasificación de los sensores

- Discretos
- Analógicos

**Los sensores discretos**, simplemente nos indican si se encuentran detectando algún objeto ó no, esto es, generan un “1” lógico si detectan o un “0” lógico si no detectan, esta información es originada principalmente por presencia de voltaje o por ausencia de este, aunque en algunos casos la información nos la reportan por medio de un flujo de corriente eléctrica. Los sensores discretos pueden operar tanto con señales de voltajes de corriente directa (VCD) como con señales de voltajes de corriente alterna (VCA).

**Los sensores analógicos**, pueden presentar como resultado un número infinito de valores, mismos que pueden representar las diferentes magnitudes que estén presentes de una variable física, por lo tanto en los sensores analógicos su trabajo se representa mediante rangos, por ejemplo, de 0V a 1.5V y dentro de este rango de posibles valores que puede adquirir la señal del sensor, está comprendido el rango de medición que le es permitido al sensor de medir una variable física. En los sensores analógicos la señal que entrega puede representarse mediante variaciones de una señal de voltaje o mediante variaciones de un valor resistivo.

### **6.7.9 Sensores de Temperatura**

Este es de los sensores más comunes que se emplean dentro de un proceso industrial, ya que por ejemplo en la industria alimenticia, metalúrgica ó inyección de plásticos, etc. Se requiere de mantener los procesos ya sean de cocción ó fundición por ejemplo en sus niveles de temperatura adecuada, ahora bien, dependiendo del proceso que se está controlando, de los niveles de temperatura que se tienen que medir, y de la resolución se cuenta con un sensor adecuado a las características que posee el proceso.

#### **6.7.9.1 Tipos de Sensores de Temperatura**

- a. RTD.** Su nombre es el de Resistencias Detectoras de Temperatura (por sus siglas en ingles RTD), también llamadas resistencias metálicas, la característica principal de estos sensores es que poseen coeficiente positivo de temperatura (PTC), lo que significa que al incrementarse la temperatura que se está censando se produce un aumento en la resistencia de los materiales que conforman al RTD.

La respuesta que presentan estos sensores por lo general es de características lineales, esto es, cuando cambia el valor de la temperatura se refleja con un cambio proporcional del valor de resistencia. El rango de medición de temperatura se encuentra aproximadamente entre -200 °C y 400 °C.



**Fig. 6.4. RTD**

**Fuente:** [www.instrumentacionycontrol.net/...plcs/108-capitulo-41-se...](http://www.instrumentacionycontrol.net/...plcs/108-capitulo-41-se...)

- b. Termistor.** Su nombre es el de Resistencia Sensible a la Temperatura, este tipo de sensor poseen tanto coeficiente positivo de temperatura (PTC) como coeficiente negativo de temperatura (NTC), lo que significa que al incrementarse la temperatura que se está sensando se produce un aumento en la resistencia de los materiales que conforman al termistor (PTC), mientras que en los NTC al incrementarse la temperatura se disminuye el valor de resistencia, y al decrementarse el valor de la temperatura se aumenta el valor de la temperatura. La respuesta que presentan estos sensores no es lineal, sino más bien es del tipo exponencial, esto significa que cuando cambia el valor de la temperatura se obtiene un cambio brusco de resistencia, por lo que este tipo de sensores es empleado para registrar cambios finos en la variable de la temperatura. El rango de medición de temperatura se encuentra aproximadamente entre  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Fig. 6.5. Termistor**

**Fuente:** [www.instrumentacionycontrol.net/...plcs/108-capitulo-41-se...](http://www.instrumentacionycontrol.net/...plcs/108-capitulo-41-se...)

- c. **Termopar.** Este sensor debe su nombre debido al efecto que presenta la unión de 2 metales diferentes, esta unión genera una cierta cantidad de voltaje dependiendo de la temperatura que se encuentre presente en la unión de los 2 metales. La respuesta que presentan estos sensores se encuentra en términos de pequeñas magnitudes de voltaje que tienen correspondencia directa con el valor de la temperatura que se está midiendo. La característica principal de los termopares es que están diseñados para medir altas cantidades de temperatura, que pueden llegar inclusive al punto de fundición de los metales. El rango de medición de temperatura se encuentra aproximadamente entre  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



*Fig. 6.6. Termopar*

*Fuente: [www.instrumentacionycontrol.net/...plcs/108-capitulo-41-se...](http://www.instrumentacionycontrol.net/...plcs/108-capitulo-41-se...)*

### **6.7.10 Controladores Lógicos Programables (PLC)**

Como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Los PLC sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento, y con un microprocesador integrado, corre el programa, se tiene que saber que hay infinitudes de tipos de PLC, los cuales tienen diferentes propiedades, que ayudan a facilitar ciertas tareas para las cuales se los diseñan.

### **6.7.10.1 Funciones**

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

### **6.7.10.2 Ventajas**

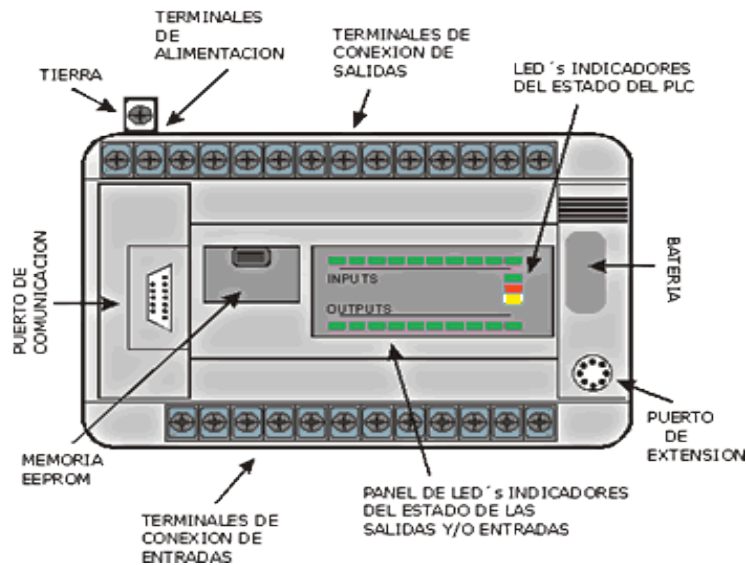
Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

### 6.7.10.3 Estructura

Su estructura básica son dos o más planos de puertas lógicas, normalmente AND y OR, que el programador debe conectar de forma adecuada para que hagan la función lógica requerida. Suelen programarse con lenguaje en escalera ó también con bloques de funciones. Para aplicaciones de mayor capacidad son sustituidos por FPGAs.

Las entradas y salidas (E/S) de un PLC son digitales, analógicas o especiales. Las E/S digitales se identifican por presentar dos estados diferentes: on u off, presencia o ausencia de tensión, contacto abierto o cerrado, etc. Los niveles de tensión de las entradas más comunes son 5 VDC, 24 VDC, 48 VDC y 220 VAC. Los dispositivos de salida más frecuentes son los relés.

Las E/S análogas se encargan de convertir una magnitud analógica (tensión o corriente) equivalente a una magnitud física (temperatura, flujo, presión, etc.) en una expresión binaria. Esto se realiza mediante conversores analógico-digitales (ADC's).



**Fig. 6.7. Entradas y salidas de un PLC**

**Fuente:** [http://www.rocatek.com/forum\\_plc2.php](http://www.rocatek.com/forum_plc2.php)

#### **6.7.10.4 Programación de la memoria de un PLC**

Al programar un PLC se necesita una interfaz entre el operador y el PLC para introducir en la memoria de usuario el programa con las instrucciones que definen las secuencias de control. Normalmente esta interfaz se lleva a cabo a través de software instalado en Computadoras personales (PC). Dependiendo del tipo de PLC el equipo de programación produce unos códigos de instrucción directamente ejecutables por el procesador o bien un código intermedio, que es interpretado por un programa residente en el procesador (firmware).

Las funciones que estos equipos o software de programación son la edición y modificación del programa, detección de errores, archivamiento de programas (discos duros) y monitoreo en línea de variables. La conexión del PC al PLC comúnmente se realiza mediante una conexión en serie (generalmente la RS-232C o la RS-422). Hoy en día existen distintos puertos disponibles según la marca del PLC.

### **6.8 Metodología**

Se requiere de ciertas consideraciones para la selección de los equipos de control así como también las temperaturas a las que van a trabajar los componentes del poliuretano.

El Polioliol entra a 80 °C y hay que estabilizarlo a una temperatura de trabajo de 45 °C, en cambio que para el Isocianato entra a 80 °C y su temperatura de trabajo es de 35°C

#### **6.8.1 Cálculo de cargas térmicas.**

Se establece como la sumatoria de pérdidas de calor generadas por las siguientes causas.

- Transmisión de calor a través de los tanques cilíndricos de los dos componentes.

- Transmisión de calor del cilindro interno de los tanques de los dos componentes.

### 6.8.2 Transmisión de calor a través de tanques y cilindros.

Dichas pérdidas se cuantifican tomando en cuenta que existe convección y conducción de calor del ambiente a las paredes del cilindro, los cilindros están protegidos por un aislante y el material de los tanques es de acero galvanizado y el cilindro que se encuentra dentro de los tanques es de acero galvanizado.

$$q_r = \frac{2\pi Lk(T_{s,1} - T_{s,2})}{\ln(r_2/r_1)}$$

$$R_{t,cond} = \frac{\ln r_2/r_1}{2\pi Lk}$$

Donde:

$q_r$ : Cantidad de calor transferido en W

$R_T$ : Resistencia total de transmisión de calor °K/W

Datos Iniciales:

Propiedades del aire a 25°C = 298 °K (*temperatura asumida para efectos de cálculo*).

Propiedades del agua a 50 °C = 323 °K (*temperatura asumida para efectos de cálculo*).

Conductividad Térmica del tanque cilíndrico  $k_{tanque} = 40W/m \cdot K$ .

Conductividad térmica del Aislante  $k_{poliuretano} = 0,024W/m \cdot K$

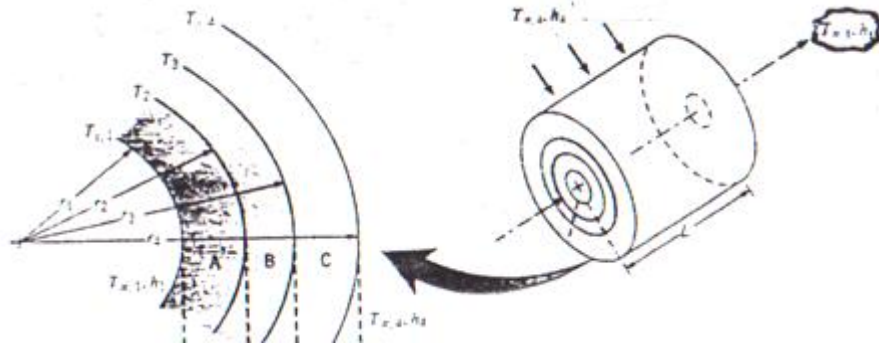
Coficiente de Convección  $h_{isocianto} = 60W/m^2 \cdot K$ ,  $h_{poliol} = 60W/m^2 \cdot K$



$$h_{\text{aire}} = 15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}, h_{\text{agua}} = 50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Radio = r

**Cálculo de la transferencia de calor en el tanque de Isocianato hacia el ambiente.**



**Datos:**

Material del tanque = lámina galvanizada

$$r_1 = r_{\text{isocianato}} = 0,194 \text{ m}$$

$$r_2 = r_{\text{tanque}} = 0,196 \text{ m}$$

$$r_3 = r_{\text{aislante}} = 0,216 \text{ m}$$

$$L = L_{\text{tanque}} = 0,635 \text{ m}$$

$$k_{\text{tanque}} = 40 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$k_{\text{aislante}} = 0,024 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$T_{\text{isocianato}} = 40 \text{ }^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$$

$$T_{\text{aire}} = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$h_{\text{isocianato}} = 60 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_{\text{aire}} = 15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$q_r = \frac{T_{iso} - T_{aire}}{\frac{1}{2\pi r_1 L h_{iso}} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_{tanque} L} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_{aislante} L} + \frac{1}{2\pi r_3 L h_{aire}}}$$

$$q_r = \frac{313 - 298}{\frac{1}{2\pi(0,194)(0,635)(60)} + \frac{\ln(0,196/0,194)}{2\pi(40)(0,635)} + \frac{\ln(0,216/0,196)}{2\pi(0,024)(0,635)} + \frac{1}{2\pi(15)(0,216)(0,635)}}$$

$$q_r = \frac{15}{0,0215 + 6,426 * 10^{-5} + 1,014 + 0,0773}$$

$$q_{r \text{ isocianato}} = 13,4W$$

### Cálculo de la transferencia de calor en el tanque de Polio hacia el ambiente

#### Datos:

Material del tanque = lámina galvanizada

$$r_1 = r_{poliol} = 0,194m$$

$$r_2 = r_{tanque} = 0,196m$$

$$r_3 = r_{aislante} = 0,216m$$

$$L = L_{tanque} = 0,635m$$

$$k_{tanque} = 40W/m \cdot K$$

$$k_{aislante} = 0,024W/m \cdot K$$

$$T_{poliol} = 44 \text{ } ^\circ\text{C} = 317 K$$

$$T_{aire} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298 K$$

$$h_{poliol} = 60W/m^2 \cdot K$$

$$h_{aire} = 15W/m^2 \cdot K$$

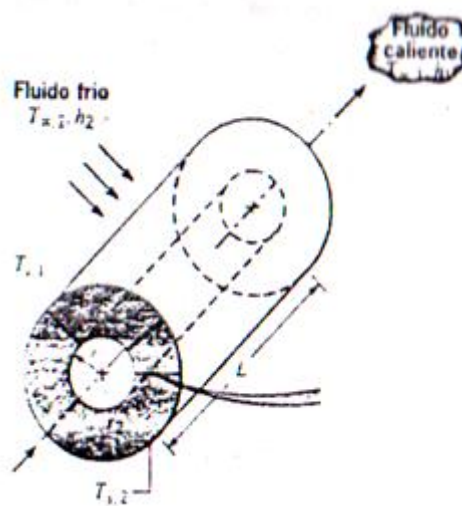
$$q_r = \frac{T_{polio} - T_{aire}}{\frac{1}{2\pi r_1 L h_{poliol}} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_{tanque} L} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_{aislante} L} + \frac{1}{2\pi r_3 L h_{aire}}}$$

$$q_r = \frac{317 - 298}{\frac{1}{2\pi(0,194)(0,635)(60)} + \frac{\ln(0,196/0,194)}{2\pi(40)(0,635)} + \frac{\ln(0,216/0,196)}{2\pi(0,024)(0,635)} + \frac{1}{2\pi(15)(0,216)(0,635)}}$$

$$q_r = \frac{19}{0,0215 + 6,426 * 10^{-5} + 1,014 + 0,0773}$$

$$q_r \text{ poliol} = 17,1W$$

**Cálculo de la transferencia de calor en el cilindro ubicado en la parte interna del Tanque de Isocianato.**



**Datos:**

Material cilindro = tubo galvanizado

$$r_1 = r_{agua} = 0,054m$$

$$r_2 = r_{\text{cilindro interno}} = 0,058m$$

$$L = L_{\text{cilindro interno}} = 0,593m$$

$$k_{\text{cilindro galvanizado}} = 40W/m \cdot K$$

$$T_{\text{isocianato}} = 40 \text{ } ^\circ\text{C} = 313 K$$

$$T_{\text{agua}} = 70 \text{ } ^\circ\text{C} = 343 K$$

$$h_{\text{isocianato}} = 60W/m^2 \cdot K$$

$$h_{\text{agua}} = 50W/m^2 \cdot K$$

$$q_r = \frac{T_{\text{agua}} - T_{\text{iso}}}{\frac{1}{2\pi r_1 L h_{\text{agua}}} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_{\text{cilindro}} L} + \frac{1}{2\pi r_2 L h_{\text{iso}}}}$$

$$q_r = \frac{343 - 313}{\frac{1}{2\pi(0,054)(0,593)(50)} + \frac{\ln(0,058/0,054)}{2\pi(40)(0,593)} + \frac{1}{2\pi(0,058)(0,593)(60)}}$$

$$q_r = \frac{30}{0,0994 + 4,79470 * 10^{-4} + 0,077123}$$

$$q_r \text{ agua al isocianato} = 169.48 W$$

**Cálculo de la transferencia de calor en el cilindro ubicado en la parte interna del Tanque de Polio.**

**Datos:**

Material del cilindro = Tubo galvanizado

$$r_1 = r_{\text{agua}} = 0,054m$$

$$r_2 = r_{\text{cilindro interno}} = 0,058m$$

$$L = L_{\text{cilindro interno}} = 0,593m$$

$$k_{\text{cilindro galvanizado}} = 40W/m \cdot K$$

$$T_{polio} = 44 \text{ }^{\circ}\text{C} = 317 \text{ K}$$

$$T_{agua} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C} = 343 \text{ K}$$

$$h_{poliol} = 60 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_{agua} = 50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$q_r = \frac{T_{agua} - T_{poliol}}{\frac{1}{2\pi r_1 L h_{agua}} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_{cilindro} L} + \frac{1}{2\pi r_2 L h_{poliol}}}$$

$$q_r = \frac{343 - 317}{\frac{1}{2\pi(0,054)(0,593)(50)} + \frac{\ln(0,058/0,054)}{2\pi(40)(0,593)} + \frac{1}{2\pi(0,058)(0,593)(60)}}$$

$$q_r = \frac{26}{0,0994 + 4,79470 * 10^{-4} + 0,077123}$$

$$q_r \text{ igual al poliol} = 146.89 \text{ W}$$

### **Cálculo de pérdidas totales de calor por conducción y convección.**

$$Q_{r_{tanque\ iso}} = q_{r_{isocianato}} + q_{r_{agua\ al\ isocianato}}$$

$$Q_{r_{tanque\ iso}} = 13.4 + 169.48$$

$$Q_{r_{tanque\ iso}} = 182.88 \text{ W}$$

$$Q_{r_{poliol}} = q_{r_{poliol}} + q_{r_{igual\ al\ poliol}}$$

$$Q_{r_{poliol}} = 17.1 + 146.89$$

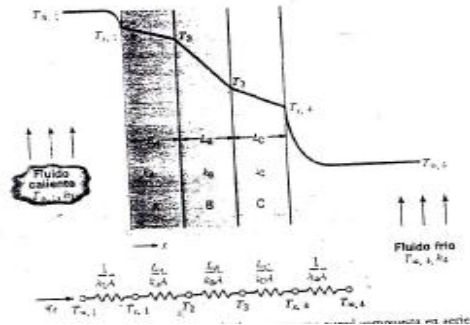
$$Q_{r_{poliol}} = 163.99 \text{ W}$$

$$Q_{r_{total}} = Q_{r_{poliol}} + Q_{r_{tanque\ iso}}$$

$$Q_r = 163.99 + 182.88$$

$$Q_r = 346.87 \text{ W}$$

### 6.8.2.1 Transmisión de calor a través de la tapa y matriz del molde.



$$A_1 = A_{\text{tapa superior}} = 40\text{cm} * 34\text{cm} = 1360\text{cm}^2$$

$$A_2 = A_{\text{matriz superior}} = 36\text{cm} * 30\text{cm} = 1080\text{cm}^2$$

$$L_a = L_{\text{tapa}} = 1\text{cm} \quad T_{\text{aire}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$L_b = L_{\text{matriz}} = 3\text{cm} \quad T_{\text{molde}} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$k_{\text{aluminioaleado}} = 177\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$$

$$k_{\text{molde}} = 0.046\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$$

$$h_{\text{aire}} = 25\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

$$Q_r \text{ tapa y matriz superior} = \frac{T_{\text{tapa superior}} - T_{\text{ambiente}}}{\frac{1}{A_1 h_{\text{aire}}} + \frac{L_a}{A_1 k_{\text{aluminio}}} + \frac{L_b}{A_2 k_{\text{molde}}} + \frac{1}{A_2 h_{\text{aire}}}}$$

$$Q_r \text{ tapa y matriz superior} = \frac{55 - 25}{\frac{1}{(1360)25} + \frac{1}{(1360)177} + \frac{3}{(1080)0.046} + \frac{1}{(1080)25}}$$

$$Q_r \text{ tapa y matriz superior} = Q_r \text{ tapa y matriz inferior} = 496.9 \text{ W} = 500\text{W}$$

Se necesita de dos resistencias de 250W por cada tapa del molde para mantener y controlar la temperatura del molde en 55 °C.

### 6.8.2.2 Sistema de calefacción.

Después de haber establecido los parámetros necesarios para la selección del sistema de calefacción que será colocado dentro de los cilindros de agua que se encuentran en el interior de los tanques manteniendo al Isocianato y Polioliol a la temperatura de trabajo, se ha seleccionado para este tipo de trabajo una resistencia eléctrica de tipo tubular

#### Resistencias eléctricas

Consta de dos resistencias eléctricas de tipo tubular a 400 W cada una, cada resistencia calentará el volumen de agua que circula en el interior del cilindro por cada tanque, esta temperatura se transmitirá a los dos componentes independientemente y será censada por dos sensores (un sensor por tanque) que controlara los rangos de temperatura de cada uno de los componentes.

Para esto se calculó la masa de agua que estará circulando en el interior del cilindro con los datos iniciales descritos a continuación.

Densidad del agua a 70 °C  $\rho = 977.7 \text{ Kg/m}^3$

Altura del cilindro  $h = 597\text{mm} = 0.597\text{m}$

Diámetro interno del cilindro  $d = 108\text{mm} = 0.108\text{m}$

Altura del tubo protector de la resistencia = 505mm = 0.505m

Diámetro exterior del tubo protector = 21.3mm = 0.0213m

Volumen de agua  $V_{agua} = \frac{\pi}{4} h d^2$

$$V_{agua} = \frac{\pi}{4} (0.597)(0.108)^2$$

$$V_{agua} = 0.0054\text{m}^3$$

Volumen del tubo  $V_{tubo} = \frac{\pi}{4} h d^2$

$$V_{tubo} = \frac{\pi}{4}(0.505)(0.0213)^2$$

$$V_{tubo} = 0.000179m^3$$

Volumen total de agua en el cilindro

$$V_{total\ de\ agua} = V_{agua} - V_{tubo}$$

$$V_{total\ de\ agua} = 0.0054 - 0.000179$$

$$V_{total\ de\ agua} = 0.00522m^3$$

Masa de agua en el cilindro  $m = \rho * V$

$$m = 977.7 \frac{kg}{m^3} * 0.00522m^3$$

$$m_{agua} = 5,10 \text{ kg}$$

Tiempo en la que comienza la transferencia de calor y temperatura del sistema de calefacción al Isocianato y el Polioli.

Tiempo: t

Masa de agua  $m = 5,10 \text{ kg}$

Entalpia de vaporización del agua a  $343 \text{ °K} = 2236 \text{ kJ/kg}$

Espesor del cilindro  $e = 4\text{mm} = 0.004\text{m}$

Temperatura del Isocianato =  $40 \text{ °C} = 313 \text{ °K}$

Temperatura del Polioli =  $44 \text{ °C} = 317 \text{ °K}$

Temperatura del Agua =  $70 \text{ °C} = 343 \text{ °K}$

Conductividad térmica del cilindro galvanizado  $k = 40\text{W/m °k}$

Diámetro interno del cilindro  $d = 108\text{mm} = 0.108\text{m}$



$$t = \frac{mh_{sfe}}{6 \frac{\pi d^2}{4} k (T_{agua} - T_{iso})}$$

$$t = \frac{5,10 * 2236 * 0.004}{6 \frac{\pi * 0.108^2}{4} * 40 (343 - 313)}$$

$$t = 691.65 \text{ seg} = 11,5 \text{ min}$$

Para el Polioli

$$t = \frac{mh_{sfe}}{6 \frac{\pi d^2}{4} k (T_{agua} - T_{polioli})}$$

$$t = \frac{5,10 * 2236 * 0.004}{6 \frac{\pi * 0.108^2}{4} * 40 (343 - 317)}$$

$$t = 797,95 \text{ seg} = 13,2 \text{ min}$$

La resistencia tubular calentará la masa de agua calculada y esa temperatura generada se transmitirá por transferencia de calor a los componentes de Isocianato y Polioli en que se encuentran agitándose uniformemente dentro del cilindro hasta llegar a la temperatura óptima de trabajo.

### **Especificaciones.**

Energía de alimentación: 110 V – 60 Hz

Rangos de Potencia generada: 400W

Diámetro de la niquelina: 16.3mm

Longitud de la niquelina: 460mm



**Fig. 6.8 Resistencia Tubular**

### 6.8.3 Selección de Equipos para el Sistema de Control

Como la inyectora de Poliuretano es una máquina destinada al trabajo en el campo industrial y está comprometida con muchos procesos de control se ha visto en la necesidad de escoger un PLC por las ventajas que puede tener en relación a un microcontrolador o un microchip.

#### Características:

Características Principales	PLC
Tensión de trabajo (V)	24 DC
Módulos de Entradas y salidas	4,8,16
Consumo de corriente (A)	0,050/0,140
Manejo memoria de Datos	ROM, PROM, EPROM, RAM y EEPROM
Retardo on/off de entrada (ms)	8/160
Corriente nominal de entrada (mA)	8
Retardo on/off de salida (ms)	0,1/11

**Tabla 6.1 Características del PLC**

#### Aspectos Generales para la selección del PLC

Aspectos Generales	Microcontrolador	PLC
--------------------	------------------	-----

Utilización en la industria		X
Utilización para prototipos	X	
Confiabilidad del equipo		X
Facilidad de montar y programar		X
Amplio conocimiento de electrónica para diseñarlo y programarlo	X	
Diseño del software para la programación	X	
Incluye hardware y sistema operativo		X
Visualiza las señales en un computador		X
Conversores A/D		X
Reutilizable en otras aplicaciones		X
Incorporado en procesos ya funcionando	X	X
Consta de hardware y software	X	X
Memoria de Programa	X	X
Memoria para datos	X	X
Facilidad de Programación		X

**Tabla 6.2 Aspectos generales del PLC y del microcontrolador**

Para este tipo de proceso industrial se escogió un PLC ya que dispone de una mejor facilidad de programación de marca SIEMENS y contiene una fuente de poder de 24V/2.5 A, un logo con modulo lógico de 8 entradas 4 salidas, módulo de 2 entradas para la Pt100 y visualizador de Texto logo.



**Fig. 6.9 PLC marca SIEMENS**

#### **6.8.4 Selección del Sensor de temperatura**

Como se pudo observar en el análisis de resultados las RTD como los Termopares son utilizados por la mayoría de empresas de nivel industrial, pero para este tipo de control se escogió el sensor RTD, de los cuales se necesitara dos uno por cada componente ya que se maneja rangos estables de temperatura, facilidad de montarlo sin presentar inconvenientes.

Se escogió un tipo de sensor de temperatura tipo termorresistencia RTD Pt100 modelo 7MC1006-2DA11 por las siguientes consideraciones.

<b>CONCIDERACION</b>	<b>RTD</b>	<b>TERMOPAR</b>
Precisión	Más preciso	Menos preciso
Rango de temperatura	-50 a 300°C	-200 a 2000 °C
Estabilidad para periodos largos	Excelente	Menos satisfactoria
Terminalesde conexión	Normalmente cobre	Material del termopar a la unión de referencia
Unión de referencia	No aplicable	Requerida
Velocidad de respuesta	Más rápida	Menos rápida

**Tabla 6.3 Diferencias entre una RTD y el Termopar**



**Fig. 6.10 Sensor RTD**

### **6.8.5 Selección de los contactores.**

Se requieren de dos contactores uno por niquelina que controlara el sistema de calefacción de cada uno de los componentes los contactores son de marca Telemecanique de 110V y son muy comerciales en el mercado.



**Fig. 6.11 Contactor**

#### **6.8.5.1 Lógica de programación**

Para la programación utilizaremos el Sistema de Control PID. El cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional nos ayudara a determina la reacción del error

actual. El Integral genera una corrección proporcional, esto nos asegura que aplicando control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero.

El Derivativo determina la variación del tiempo en el que haya el error. Ajustando estas tres constantes en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar.

Para programar el PLC se requirió de la utilización de un programa de control para este caso se utilizó el programa denominado LogoSoftComfort V6 ya que es compatible con algunos PLC existentes en el mercado y puede ser utilizado en el PLC seleccionado.

Este programa trabaja a través de bloques de programación o también en lenguaje ladder lo que resulta más fácil para el usuario escoger cualquiera de estos dos sistemas que le resulte conveniente.

Para la programación del PLC se ingresó los rangos de temperatura de trabajo de los dos componentes Polioli e Isocianato.

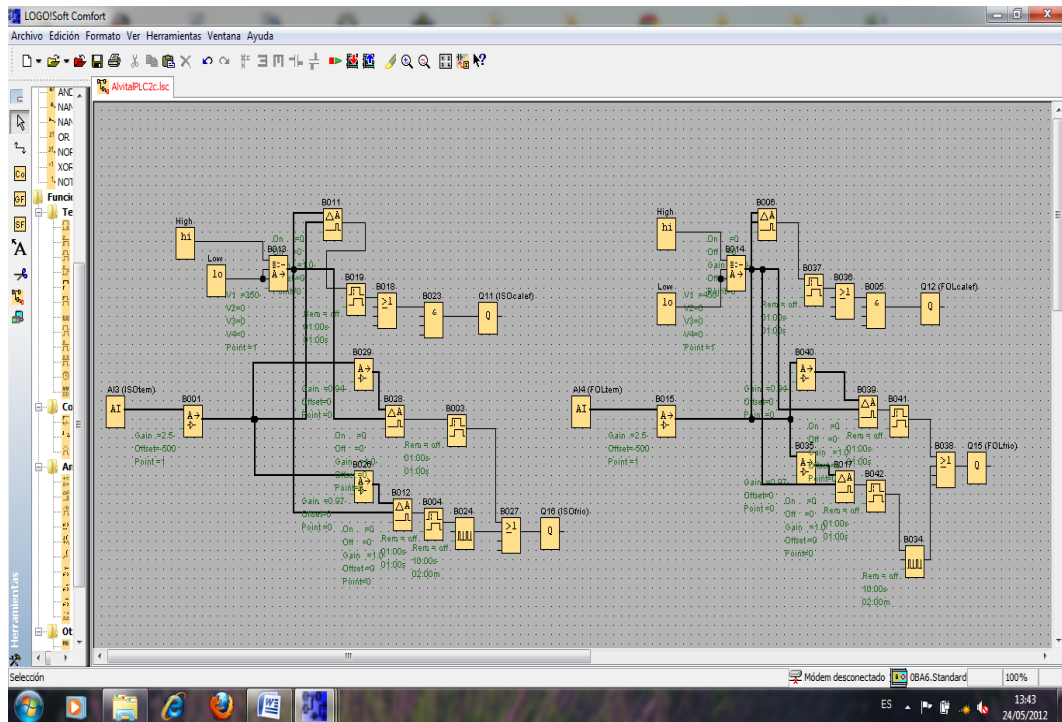
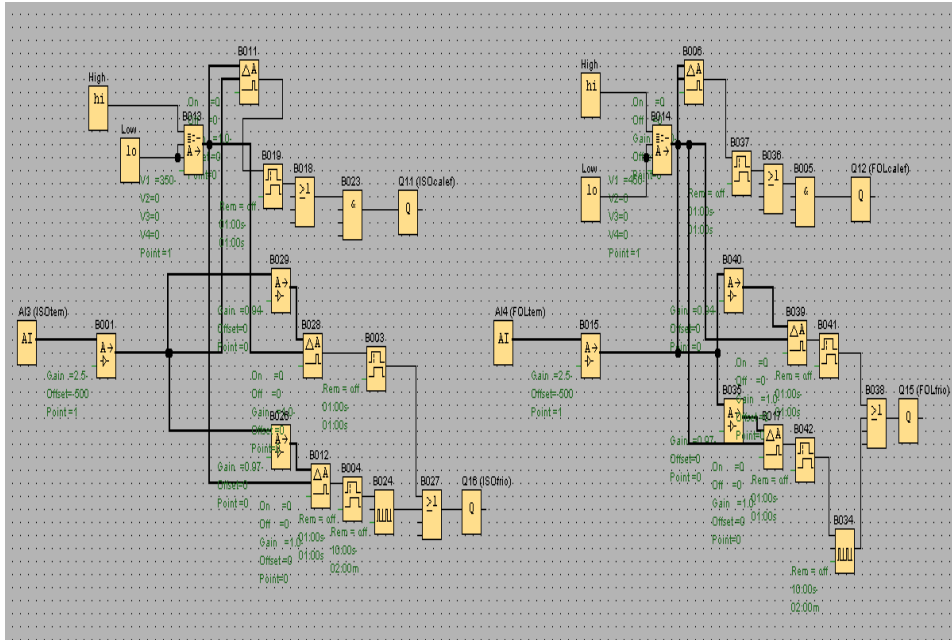
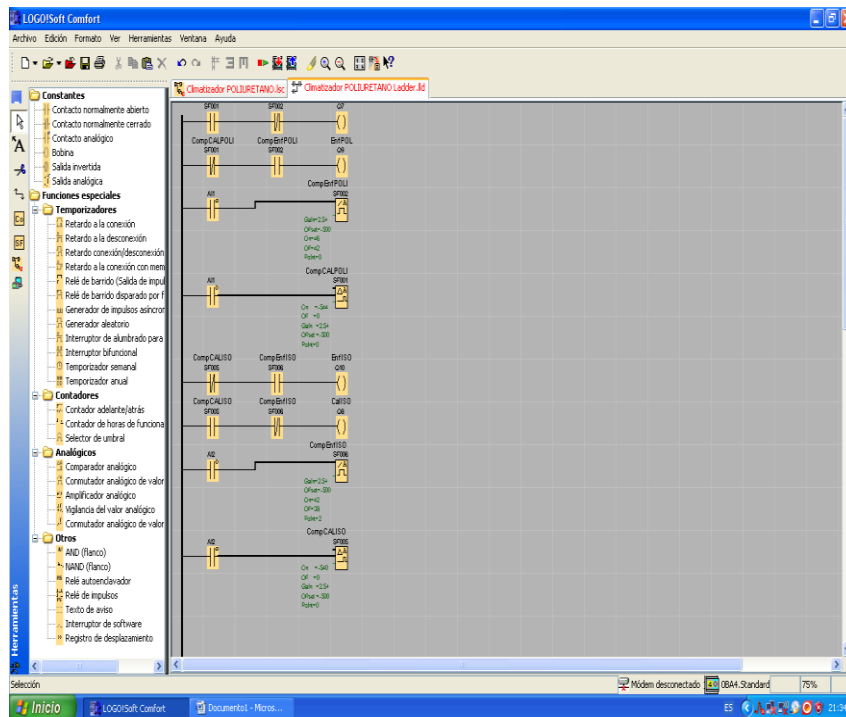


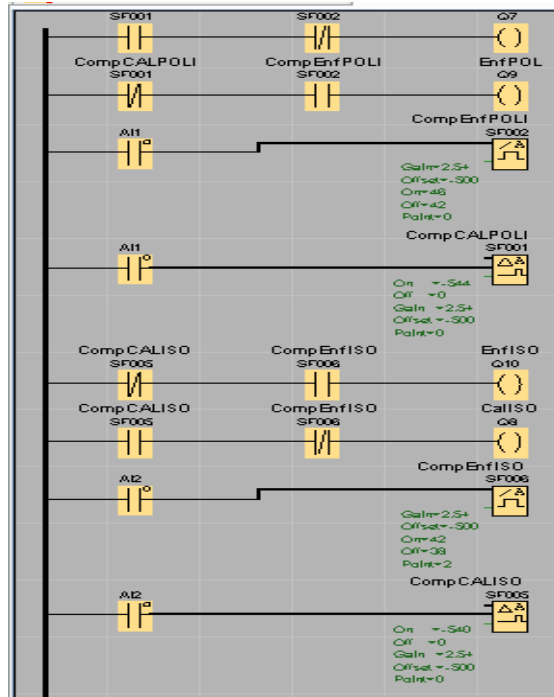
Fig. 6.12 Programación del PLC por diagrama de Bloques



**Fig. 6.13 Programación del PLC y las RTD para el control de la temperatura del Poliolo Isocianato**

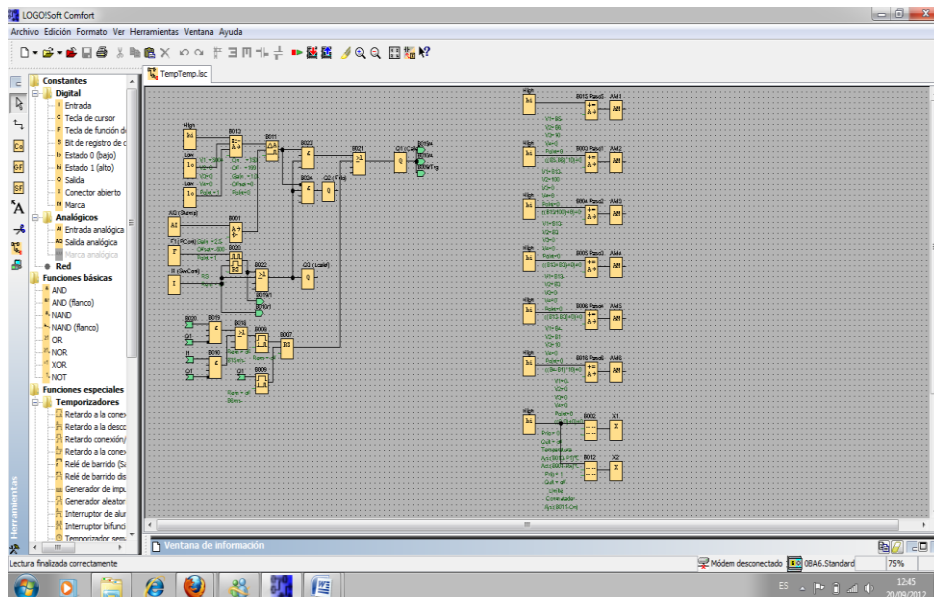


**Fig. 6.14 Programación del PLC y las RTD para el control de la temperatura del Poliolo Isocianato en lenguaje Ladder**



**Fig. 6.15** Diseño de Programación del PLC y las RTD para el control de la temperatura del Poliol e Isocianato en lenguaje Ladder

Para la programación del control de temperatura en el Cabezote de inyección y el molde.



**Fig. 6.16** Diseño de Programación del PLC y las RTD para el control de la temperatura del Cabezote y el Molde en lenguaje Ladder





## 6.9. Matriz del Plan de Acción

FASES	METAS	ACTIVIDADES	RECURSOS	RESPONSABLES	RESULTADOS
<b>Socialización</b>	Sociabilizar al personal con el Sistema de control de temperatura adaptado a la máquina inyectora de poliuretano	Reunión de trabajo con todos los técnicos y operarios	Humanos y Materiales	Ingenieros, Técnicos, operarios e Investigador	Personal motivados para manejar el Sistema de control de Temperatura
<b>Capacitación</b>	Entrega del Equipo de Sistema de control de temperatura	Análisis y discusión sobre el Sistema de control de temperatura	Humanos y Materiales	Ingenieros, Técnicos, operarios e Investigador	Personal capacitado para utilizar el Sistema de control de temperatura
<b>Ejecución</b>	Los operarios usan el Sistema de control de Temperatura en la inyectora de Poliuretano	Aplican el Sistema de Control de Temperatura	Humanos y Materiales	Operario	Se fortalece el manejo y control del proceso en la inyectora de poliuretano
<b>Evaluación</b>	Evaluar el Sistema de control de Temperatura	Observaciones ocasionales a los operarios y dueños de la máquina	Humanos y Materiales	Ingeniero responsable	El sistema de control de temperatura cumple con las expectativas esperadas

## 6.10 Administración

### 6.10.1 Análisis de Costos

#### 6.10.1.1 Costo directo

Insumos	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Fuente de Poder 24V/2,5A	1	93,40	93,40
Logo 12/24 RC modulo lógico 8E/4S	1	135,80	135,80
Moduloexpa. Logo 2E Pt100	2	110,33	220
Visualizador de Texto Logo	1	158,00	158,00
Sensor de temperatura Pt100	4	140,00	460,00
Breiker 10A	2	10.71	21.42
Contactores NA 110V/ 9A	2	12.00	24.00
Niquelinas 400W 110V	2	19.00	38.00
<b>Total</b>	<b>12</b>		<b>1150.62</b>

Mano de Obra	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Técnico electrónico	h	8	13	104
<b>Total</b>				<b>104</b>

### 6.10.1.2 Cotos indirectos

<b>Rubro</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V. TOTAL (USD)</b>
Internet		10,00
Materiales de Oficina		20,00
Trasporte		30,00
Alimentación		40,00
<b>SUBTOTAL</b>		100,00
<b>10% MAS IMPREVISTOS</b>		10,00
<b>TOTAL</b>		<b>110,00</b>

Costo Total = Costos directos + Costos indirectos

Costo Total = (1150.62 + 104 + 110) USD

Costo Total = 1364.62 USD.

## **6.11. Previsión de la Evaluación**

La evaluación de la propuesta se lo realizará en tres momentos que a continuación se señala:

### **6.11.1. Evaluación Ex Ante.**

En forma previa a la ejecución de la propuesta esta evaluación está en función de los objetivos propuestos, los mismos que se orientan en el estudio de la inyectora de poliuretano, en donde el control de la temperatura cumple un papel importante en la fabricación de las plantas de calzado y también en la producción y ganancias de la empresa. Esta evaluación se lo realiza antes de poner o ejecutar la propuesta.

### **6.11.2. Evaluación Concurrente o de Procesos**

Esta evaluación se irá dando en el desarrollo de la aplicación de la propuesta, de manera que sea flexible a la realización de cambios que permitan ofrecer una adaptación de los Sistemas de control de temperatura dentro de la máquina y bienestar para los operarios.

### **6.11.3. Evaluación Ex-post o Final.**

Mediante esta evaluación, se propone conocer como ha influido el sistema dentro de la inyectora de poliuretano, y si ha alcanzado las expectativas de los constructores y los futuros dueños que adquirirán esta máquina, la cual se la realizará después de la ejecución de la propuesta.

La proporción de mezcla para generar la planta de calzado es de 180 gramos en peso pero como son el par de plantas sería de 360 gramos a las condiciones establecidas en el anexo, pero si las condiciones de temperatura cambian manteniendo el mismo peso la pérdida de material en una planta de calzado sería.

<b>Planta de Calzado</b>		
	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
<b>Peso Normal</b>	180 gramos	180 gramos
<b>Peso de prueba</b>	100 gramos	178 gramos
<b>Material Perdido</b>	80 gramos	2 gramos

**Tabla 6.4** Perdida de material de la planta

**ANTES**



**DESPUES**



**Fig. 6.18** Plantas de calzado antes y después

## **Bibliografía:**

- **Internet**

1. [www.ingenieriaplastica.com/.../sandretto.html](http://www.ingenieriaplastica.com/.../sandretto.html) -
2. [www.quiminet.com/ar6/ar\\_RsDFadddsazgt-que-es-la-espuma-de-poliuretano.htm](http://www.quiminet.com/ar6/ar_RsDFadddsazgt-que-es-la-espuma-de-poliuretano.htm)
3. [www.quiminet.com/ar5/ar\\_vcdarmadddsaAAss-bombas-dosificadoras-para-la-fabricacion-de-espuma-de-poliuretano.htm](http://www.quiminet.com/ar5/ar_vcdarmadddsaAAss-bombas-dosificadoras-para-la-fabricacion-de-espuma-de-poliuretano.htm)
4. [http://www.maqtec.com.co/maqtec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55&Itemid=70](http://www.maqtec.com.co/maqtec/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=70)
5. <http://ec.portaldelaindustria.com/rubro/M%C3%A1quinas+Inyectoras>
6. [http://www.siroco-ltda.com/index\\_archivos/INYECTORAS/SIROCO\\_INYECTORAS\\_ELECTRICAS.htm](http://www.siroco-ltda.com/index_archivos/INYECTORAS/SIROCO_INYECTORAS_ELECTRICAS.htm)
7. Microsoft Encarta 2009.
8. <http://www.monografias.com/trabajos6/auti/auti.shtml>
9. [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_control](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_control)
10. <http://www.criba.edu.ar/cribabb/servicios/secelec/mycdetemp.htm>
11. <http://www.criba.edu.ar/cribabb/servicios/secelec/mycdetemp.htm>
12. <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>
13. <http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar>
14. <http://html.rincondelvago.com/plantas-industriales.html>
15. <http://pdf.rincondelvago.com/plantas-industriales.html>

16. <http://www.slideshare.net/gvelascq/procesos-de-manufactura-resumen-mod-5-y-6>
17. [www.jmi.com.mx/sensores.htm](http://www.jmi.com.mx/sensores.htm)
18. <http://www.esi2.us.es/~fcuesta/tempLCPI.pdf>
19. [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_control](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_control)»
20. <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/UNI5200.pdf>
21. [http://www.grupomaser.com/PAG\\_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/ESTRUCTURAS/ESTRUCTURA%20INTERNA/SECCION%20DE%20ES/seccion\\_de\\_es.htm](http://www.grupomaser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/ESTRUCTURAS/ESTRUCTURA%20INTERNA/SECCION%20DE%20ES/seccion_de_es.htm)
22. <http://www.plc-alliance.org/es/por-que-plc/index.htm>
23. <http://usuarios.multimania.es/sfriswolker/pic/uno.htm> - 26k
24. [http://www.ecured.cu/index.php/Microcontroladores\\_PIC](http://www.ecured.cu/index.php/Microcontroladores_PIC).
25. <http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/3636/1/T-ESPEL-0737.pdf>
26. <http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/PMAN/PROTOCOLO%20DE%20PLASTICOS%20REV1.pdf>
27. <http://www.textoscientificos.com/quimica/isocianatos>
28. <http://www.todoplasticos.com/poliuretanos>

- **Libros**

29. Tutoría de la INVESTIGACION CIENTIFICA, Herrera E. Luis, Edición 2004.
30. Introducción a los Sistemas de Control, Ricardo Hernández Gaviño, Editorial PEARSON, Edición 2010.



31. Fundamentos de Control Automático, Paolo Bolzern, Editorial McGrawHill, Edición 2008
32. InstalacionesEléctricas, Antonio Conejo, Editorial McGrawHill, Edición 2007.
33. Tecnología de Materiales, María Elena Sánchez, Editorial Trillas, Edición 2010.
34. Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Donald R. Askeland, Editorial THOMSON, Cuarta edición.
35. Neumática e Hidráulica, Antonio CreusSole, Editorial Alfaomega, Edición 2009.
36. Mecatronica, W Bolton, Editorial Alfaomega, cuarta edición.
37. Instrumentación Electrónica. Miguel A. Pérez García, Editorial Thomson, cuarta edición.
38. Administración de la producción e inventarios, Donald W. Fogarty, Editorial Patria, segunda edición.
39. Resistencia de Materiales, Robert L. Mott

# **Anexos**

## Anexo 1

### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA

Encuesta dirigida a los Técnicos e Ingenieros especializados en procesos de control y Automatización de la ciudad de Ambato

Objetivo: Recolectar información sobre la inyectora de poliuretano y la factibilidad de controlar la temperatura de los puntos críticos.

#### Indicaciones

- Marque con una X dentro del paréntesis en la respuesta que considere correcta.
- Al ser la encuesta anónima responda con toda sinceridad y libertad.

#### Contenido

¿Considera que la máquina inyectora de poliuretano cumple con todos los procesos de control automático?

SI  NO

¿Cree que el proceso de moldeo por inyección de poliuretano es un proceso más preciso para la elaboración de las plantas de calzado?

SI  NO

¿Cree que el sistema de inyección y colado del poliuretano es un proceso más conveniente y favorable en la fabricación de las plantas de calzado?

SI  NO

¿Considera que la inyectora de poliuretano realiza un proceso continuo?

SI  NO

¿Considera que la inyectora de poliuretano debe tener un sistema de control de temperatura?

SI                      NO                                           

¿Considera que es necesario la implementación de un sistema de control de temperatura en un punto crítico de la máquina inyectora?

SI                      NO                                           

¿Cree que los sensores ayudan en gran parte en el control de la temperatura?

SI                      NO                                           

¿Si tuviera que escoger algún sensor de temperatura cual escogería usted?

RTD                          Termisto                         

¿Cree que los equipos programables son indispensables en el control de procesos de alguna máquina?

SI                      NO                                           

¿Si tuviera que escoger algún equipo programable para el control de la temperatura, cual escogería?

PLC                          Microcontrolador                          Microchip

## Instrumentos para medida de temperatura SITRANS T

### Termorresistencias

Termorresistencias de baja presión para enroscar con cabezal de conexión, sin cuello

#### Sinopsis

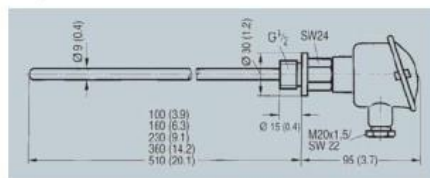


La termorresistencia de rosca de baja presión con cabezal de conexión (sin cuello) es idónea para un rango de temperaturas comprendido entre -50 y +400 °C (-58 y +752 °F) y está también disponible con convertidor de temperatura incorporado.

#### Datos técnicos

Forma constructiva	según DIN 43765: termómetro de rosca
Vaina de protección	
• Forma	similar 2G, DIN 43772; cilindr., Ø 9 mm (0.35 pulgadas), espesor de pared 1 mm (0.04 pulgadas)
• Capacidad de carga	hasta 20 bares (290.1 psi) (capacidad de carga en dependencia del material, temperatura, velocidad de flujo, longitud de inmersión etc., detalles según DIN 43772)
Rosca	G½; junta idónea 21 x 26, similar a las formas C o D, DIN 7603
Unidad de medida	intercambiable, con tubo (Ø 6 mm ó 0.24 pulgadas) de acero inoxidable; zócalo de conexión con resortes
Tiempos de respuesta (según VDI/VDE 3 522)	
• en agua con la velocidad de flujo v = 0,4 m/s (1.31 ft/s)	t <sub>0,5</sub> = 25 s, t <sub>0,9</sub> = 75 s
• en aire con la velocidad de flujo v = 1 m/s (3.28 ft/s)	t <sub>0,5</sub> = 2 min, t <sub>0,9</sub> = 6,3 min
Protección contra explosiones	II 1/2G EEx ia IIC T4/T6

#### Croquis acotados



Termorresistencia de rosca de baja presión, con cabezal de conexión, sin cuello, medidas en mm (pulgadas)

#### Datos de selección y pedido

#### Referencia

<p><b>Termorresistencia de rosca de baja presión, con cabezal de conexión, sin cuello</b></p> <p>Vaina de protección y boquilla X 6 CrNiMoTi 17 122, n° de mat. 1.4571</p> <p>Vaina de protección según DIN 43 772, forma: similar a 2G</p> <p>resistencias de medida encapsuladas en cerámica, 1 resistencia Pt100: conexión a 3 hilos, 2 resistencias Pt100: conexión a 2 hilos</p> <p><b>Unidad de medida sin prot. contra explosión</b></p> <p><b>1 resistencia Pt100</b></p> <p>longitud de inmersión Peso/ U<sub>p</sub>/mm (pulgadas): kg (lb):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 (3.9) 0,6 (1.32)</li> <li>• 160 (6.3) 0,7 (1.54)</li> <li>• 230 (9.1) 0,8 (1.76)</li> <li>• 360 (14.2) 0,9 (1.98)</li> <li>• 510 (20.1) 1,0 (2.20)</li> </ul> <p><b>2 resistencias Pt100</b></p> <p>longitud de inmersión Peso/ U<sub>p</sub>/mm (pulgadas): kg (lb):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 (3.9) 0,6 (1.32)</li> <li>• 160 (6.3) 0,71 (1.57)</li> <li>• 230 (9.1) 0,81 (1.79)</li> <li>• 360 (14.2) 0,91 (2.01)</li> <li>• 510 (20.1) 1,01 (2.23)</li> </ul> <p><b>Unidad de medida con prot. contra explosión</b></p> <p><b>1 resistencia Pt100</b></p> <p>longitud de inmersión Peso/ U<sub>p</sub>/mm (pulgadas): kg (lb):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 (3.9) 0,6 (1.32)</li> <li>• 160 (6.3) 0,7 (1.54)</li> <li>• 230 (9.1) 0,8 (1.76)</li> <li>• 360 (14.2) 0,9 (1.98)</li> <li>• 510 (20.1) 1,0 (2.20)</li> </ul> <p><b>2 resistencias Pt100</b></p> <p>longitud de inmersión Peso/ U<sub>p</sub>/mm (pulgadas): kg (lb):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 (3.9) 0,6 (1.32)</li> <li>• 160 (6.3) 0,71 (1.57)</li> <li>• 230 (9.1) 0,81 (1.79)</li> <li>• 360 (14.2) 0,91 (2.01)</li> <li>• 510 (20.1) 1,01 (2.23)</li> </ul> <p><b>Cabezal, forma B</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• en fundición de metal ligera, con 1 entrada de cable y                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- tapa de fijación por tornillos 1</li> <li>- tapa articulada estándar 4</li> <li>- tapa articulada alta 6</li> </ul> </li> <li>• de acero inoxidable, con 1 entrada de cable y tapa de fijación por tornillos 7</li> </ul>	<p>7MC1006-1DA1</p> <p>7MC1006-2DA1</p> <p>7MC1006-3DA1</p> <p>7MC1006-4DA1</p> <p>7MC1006-5DA1</p> <p>7MC1006-1DB1</p> <p>7MC1006-2DB1</p> <p>7MC1006-3DB1</p> <p>7MC1006-4DB1</p> <p>7MC1006-5DB1</p> <p>7MC1006-1DE1</p> <p>7MC1006-2DE1</p> <p>7MC1006-3DE1</p> <p>7MC1006-4DE1</p> <p>7MC1006-5DE1</p> <p>7MC1006-1DF1</p> <p>7MC1006-2DF1</p> <p>7MC1006-3DF1</p> <p>7MC1006-4DF1</p> <p>7MC1006-5DF1</p> <p>Clave</p> <p>Y01</p> <p>Y15</p> <p>Y33</p>
---	---

► Suministrable ex almacén.

Para pedir un convertidor de temperatura incorporado en el cabezal de conexión, véase la sección "Convertidores de temperatura para el montaje en cabezal" (páginas 3/75).

Elementos individuales: Unidades de medida y cabezales de conexión; véase "Accesorios".

### Anexo 3

#### Comparación del coeficiente de conductividad térmica entre diferentes materiales

Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m·K)
Chapa de Aluminio	2.700	2,04
Hormigón	2.400	1,63
Vidrio plano	2.500	0,81
Ladrillo macizo	1.600	0,81
Tejas (plana)	1.800	0,76
Yeso (placas)	1.000	0,44
Hormigón liviano	1.000	0,36
Nieve compactada	300	0,23
Madera (pino)	700	0,17
Lana de vidrio	11	0,041
Lana de vidrio	15	0,038
Lana de vidrio	35	0,038
Lana de vidrio	50	0,032
Lana de vidrio	70	0,031
Lana de vidrio	100	0,032
Poliuretano rígido	35	0,020
Poliuretano proyectado	30	0,024

*Fuente: Norma IRAM 11601. (Argentina)*

## Anexo 4

### Propiedades físicas y químicas de algunos isocianatos

Propiedades	TDI	MDI	HDI	NDI	IPDI
Fórmula	$C_9H_6N_2O_2$	$C_{15}H_{10}N_2O_2$	$C_8H_{12}N_2O_2$	$C_{12}H_6N_2O_2$	$C_{12}H_{18}N_2O_2$
CAS	584-84-9	101-68-4	822-06-0	3173-72-6	4098-71-9
Peso molecular	174.16	250.3	168.0	210.19	222.29
Punto de ebullición	251°C	314°C	212.8°C	263°C	158°C
Densidad	1.22	1.23	1.04	1.42	1.062
Presión Vapor (mm Hg)	0.05 (25°C)	0.00014 (25°C)	0.05 (24°C)	0.004 (24°C)	0.0003 (20°C)
Punto de Ignición	135°C	195°C	140°C	155°C	155°C
Solubilidad	Hidrocarburos aromáticos, nitrobeneno, acetona, éter, ésteres	Hidrocarburos, nitrobeneno, acetona, éter, ésteres	Solventes orgánicos		hidrocarburos alifáticos y aromáticos, cetonas, éteres y ésteres
Nomenclatura Química	Toluen 2,4 diisocianato	4,4 Difenilmetanodii isocianato	Hexametilendii isocianato	1,5 naftalendiiso cianato	isoforonadiis ocianato

Propiedades/Comp.	Elastomol 803-A (Poliol)	Elastomol 803-B (Isocianato)
Densidad ( $\rho$ )	1.13 g/cm <sup>3</sup>	1.23 g/cm <sup>3</sup>
Viscosidad ( $\mu$ )	450 cPs	250 cPs

*Fuente: Tesis ESPE*

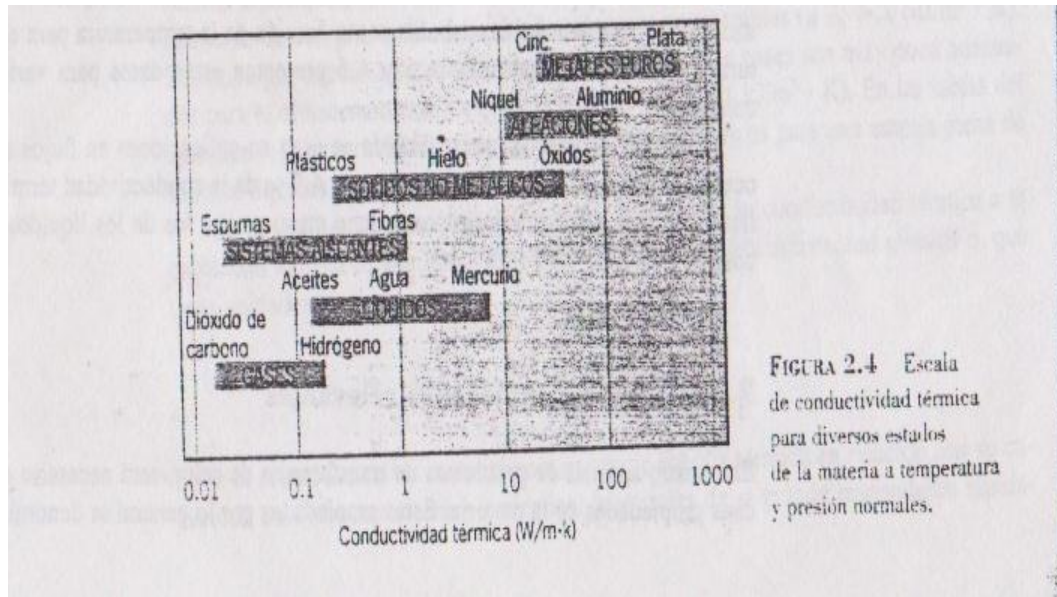
## Anexo 5

8      Capítulo 1 • Introducción

TABLA 1.1 Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección

Proceso	$h$ (W/m <sup>2</sup> · K)
Convección libre	
Gases	2-25
Líquidos	50-1000
Convección forzada	
Gases	25-250
Líquidos	50-20,000
Convección con cambio de fase	
Ebullición o condensación	2500-100,000



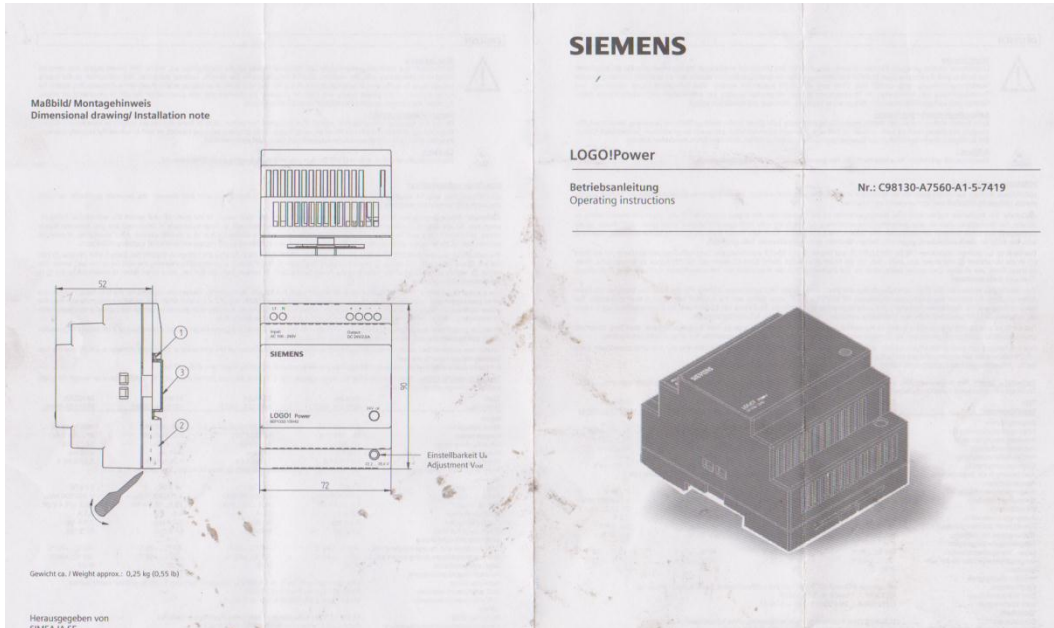


Fuente: *Transferencia de Calor de Incropera*

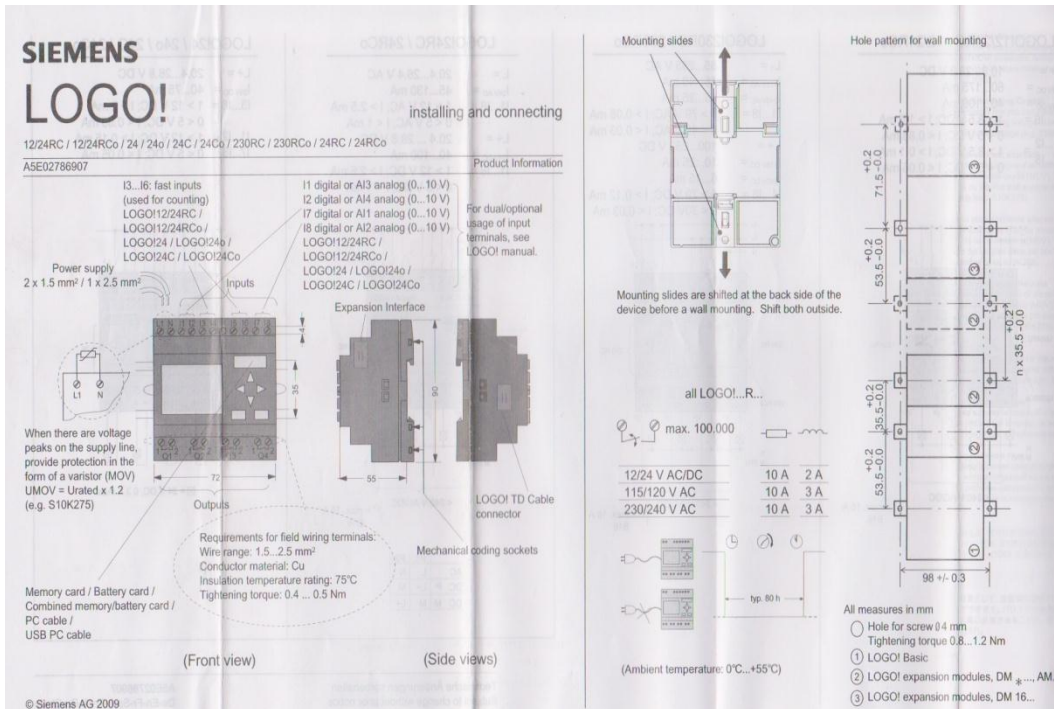
## Anexo 6

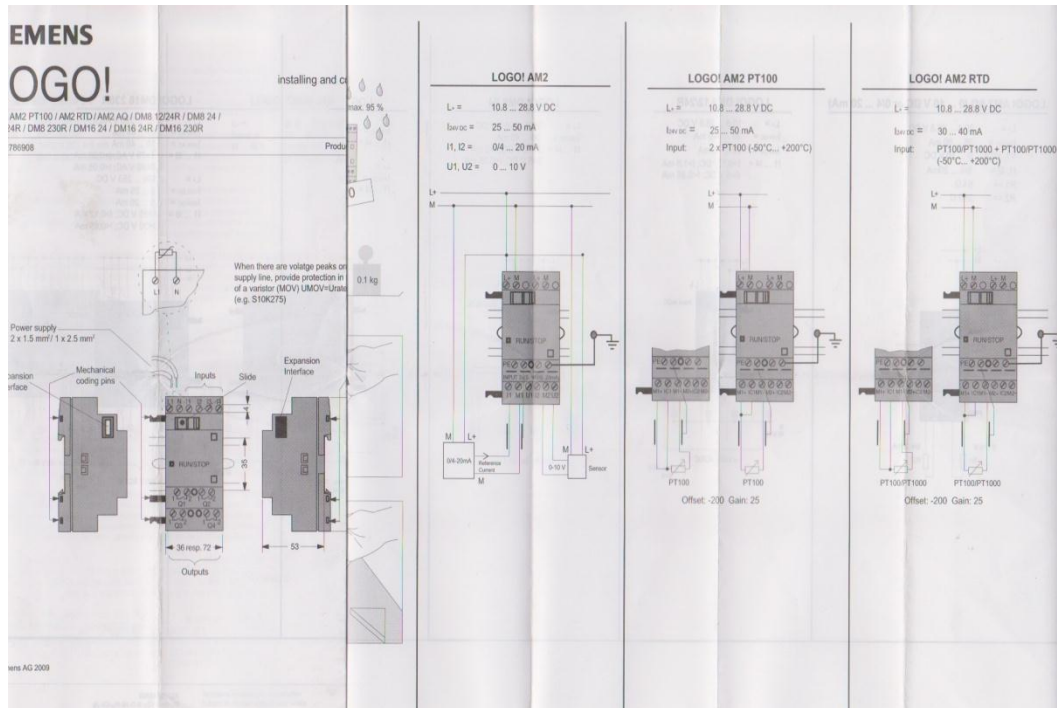
TABLA A.6 Propiedades termofísicas de agua saturada<sup>a</sup>

Temperatura, $T$ (K)	Presión $P$ (bars) <sup>b</sup>	Volumen específico (m <sup>3</sup> /kg)		Entalpía de vaporización $h_{fg}$ (kJ/kg)	Calor específico (kJ/kg · K)		Viscosidad (N · s/m <sup>2</sup> )		Conductividad térmica (W/m · K)		Número de Prandtl		Tensión superficial $\sigma_f \cdot 10^3$ (N/m)	Coeficiente de expansión $\beta_f \cdot 10^6$ (K <sup>-1</sup> )
		$v_f \cdot 10^3$	$v_g$		$c_{p,f}$	$c_{p,g}$	$\mu_f \cdot 10^6$	$\mu_g \cdot 10^6$	$k_f \cdot 10^3$	$k_g \cdot 10^3$	$Pr_f$	$Pr_g$		
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815	75.5	-68.05
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817	75.3	-32.74
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1.858	1422	8.29	582	18.6	10.26	0.825	74.8	46.04
285	0.01387	1.000	99.4	2473	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833	74.3	114.1
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841	73.7	174.0
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	227.5
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	276.1
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865	70.9	320.6
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	361.9
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	400.4
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	436.7
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	471.2
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908	66.6	504.0
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	535.5
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	566.0
345	0.3372	1.024	4.683	2329	4.191	1.941	389	10.89	668	22.6	2.45	0.933	64.1	595.4



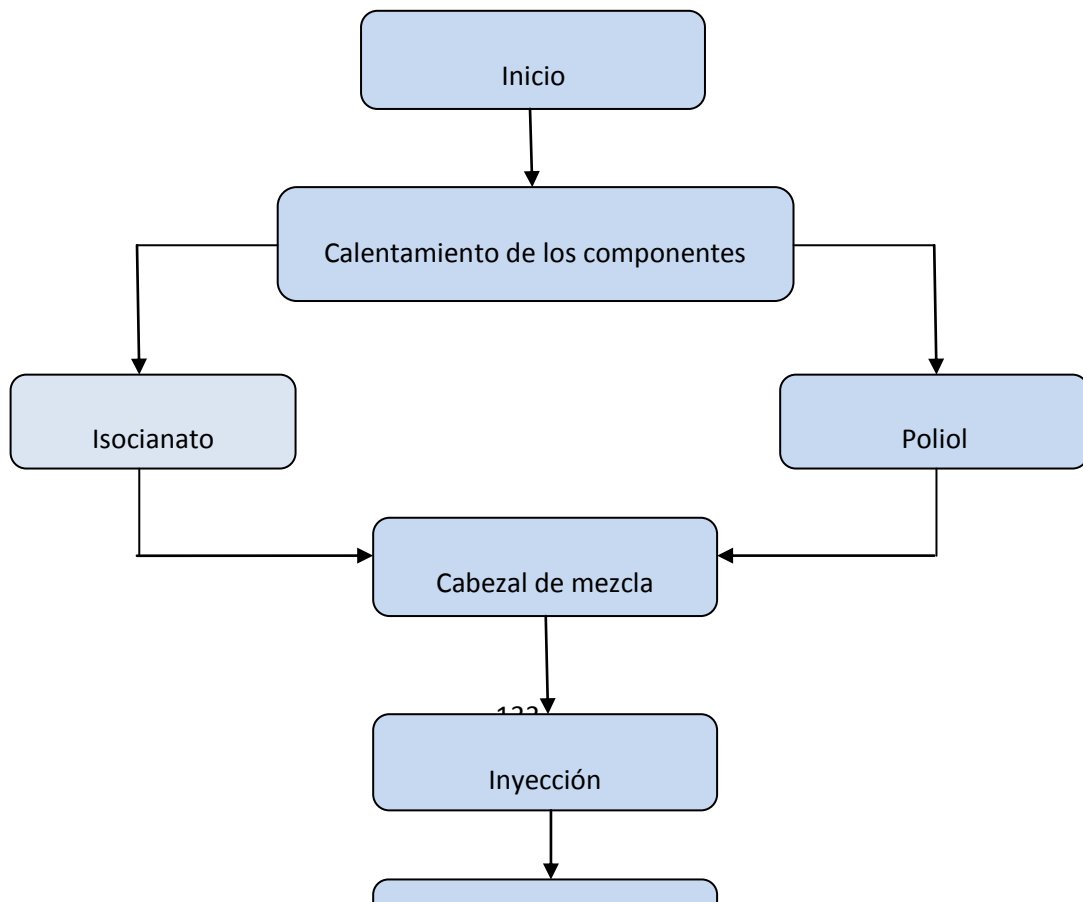
## Anexo 7





## Anexo 8

### Diagrama de Flujo de Procesos.



**Anexo 9**

**Guía de Observación**

**INSTRUMENTO DE EVALUACION**

Guía de observación N°:.....

Situación a evaluar:.....

Objetivo:.....

Instrucciones: .....

No	Acciones a valorar	REGISTRO DE DESEMPEÑO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1				
2				
3				
4				
5				

**Anexo 10**

**ELAchem**

## ELApol V354 / VR.250-B1 / ISO 03

THREE COMPONENTS POLYESTER SYSTEM FOR **HIGH QUALITY FLEXIBLE SINGLE DENSITY SOLES** AND MID-SOLES FOR DUAL DENSITY SAFETY SHOES

**COMPONENTS:**

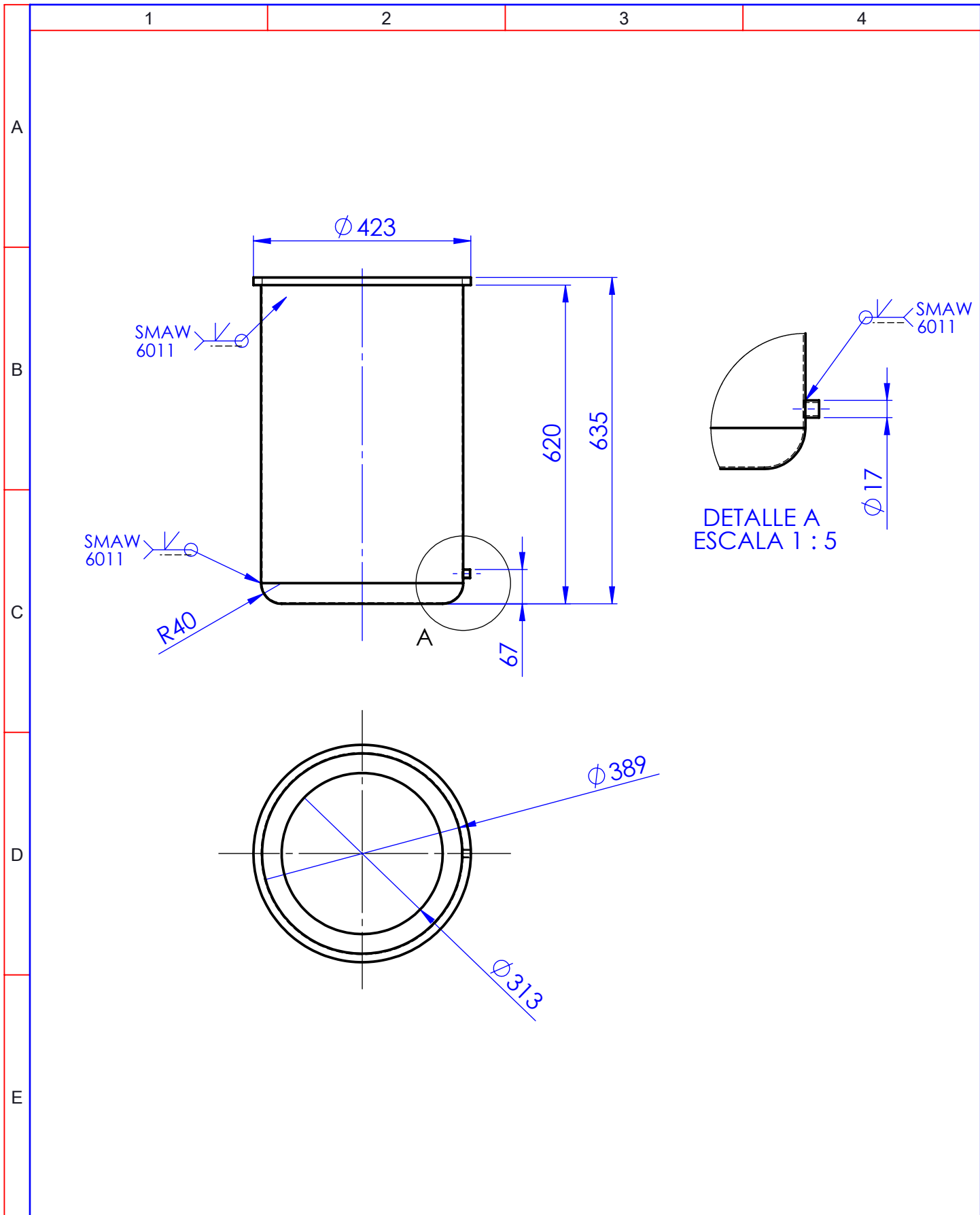
<b>A1) POLYOL</b>	<b>ELAPOL V354</b> : Polyester resin with additives Melting temperature: +70/80°C for 12/24 hrs
<b>A2) Crosslinker</b>	<b>ELACAT VR250-B1</b> : Crosslinker : catalyser amines base
-----	
<b>B) PREPOLYMER</b>	<b>ISO 03</b> : Prepolymer MDI base for PU soles systems Melting temperature: +70/80°C for 12/24 hrs

<b>MIX RATIO</b>	<b>POLYOL (A)</b>	<b>PREPOLYMER (B)</b>
	<b>100</b>	<b>82 (±2)</b>

**WORKING CONDITIONS**

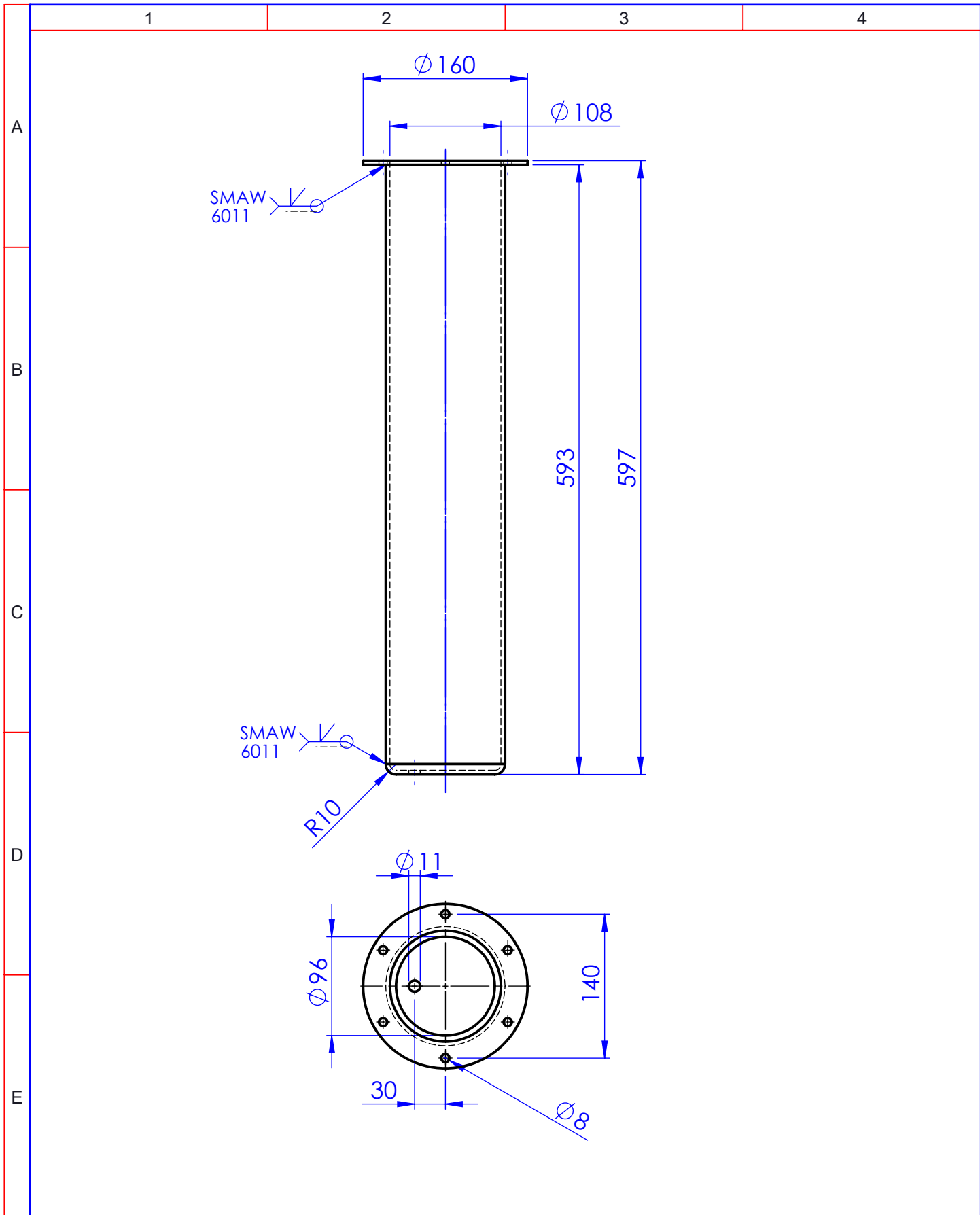
SPECIFIC WEIGHT POLYOL AT 40°C	g/l	1100
SPECIFIC WEIGHT ISO AT 40°C	g/l	1180
VISCOSITY POLYOL AT 40°C	cPs	1100
VISCOSITY ISO AT 40°C	cPs	500
POLYOL WORKING TEMPERATURE	°C	+45
ISO WORKING TEMPERATURE	°C	+35
MOULDS TEMPERATURE	°C	+55
CREAM TIME	seconds	6/8
<b>DEMOULDING TIME</b>	seconds	<b>180 / 240</b>
FREE RISE DENSITY	g/lt	300 / 340
<b>MOULDED DENSITY</b>	g/cm <sup>3</sup>	<b>0.56- 0.60</b>
HARDNESS	Shore A	<b>57 -64</b>
TENSILE STRENGTH	Kg/cm <sup>2</sup>	58 – 65
ELONGATION AT BREAK	%	450-500
ABRASION RESISTANCE (DIN 53516)	Mm <sup>3</sup>	<100
<b>FLEX RESISTANCE (ISO 6907 AT -20 °C)</b>	CUT GROWTH	<b>0</b>

The value given here have been established on standardised test specimens. The figures should be regarded as guide values only. These information and our technical advises, whether verbal and/or in writing, are given in good faith but without warranty. The final properties of the parts produced can be effected to a considerable extent by the design of the mould and the processing conditions. For these reasons they have to be determined on the actual PU parts produced.



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	14 Kg	Acero A653	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib. 05/09/11	García Alex	Tanque Isocianato y Poliol	1:1
				Rev.			
				Apro.		Número del dibujo:	
				UTA Ing. Mecánica		01	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	





				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>Acero A500</b>	
				$\pm 0,1$	7.1 kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>Cilindro Interno Isocianato y Poliol</b>	Escala: <b>1:1</b>
			Dib.	05/09/11	García Alex		
			Rev.				
				Apro.		Número del dibujo: <b>02</b>	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>UTA</b> <b>Ing. Mecánica</b>		(Sustitución)	



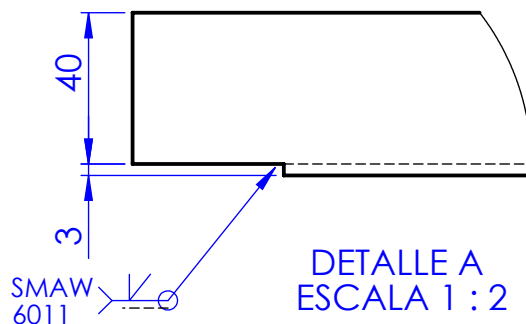
1

2

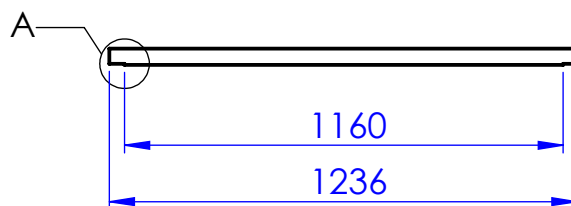
3

4

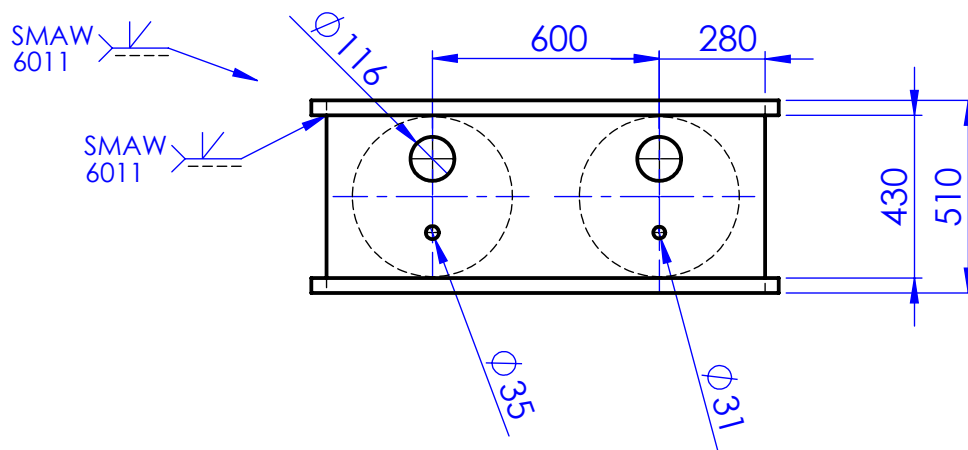
A



B



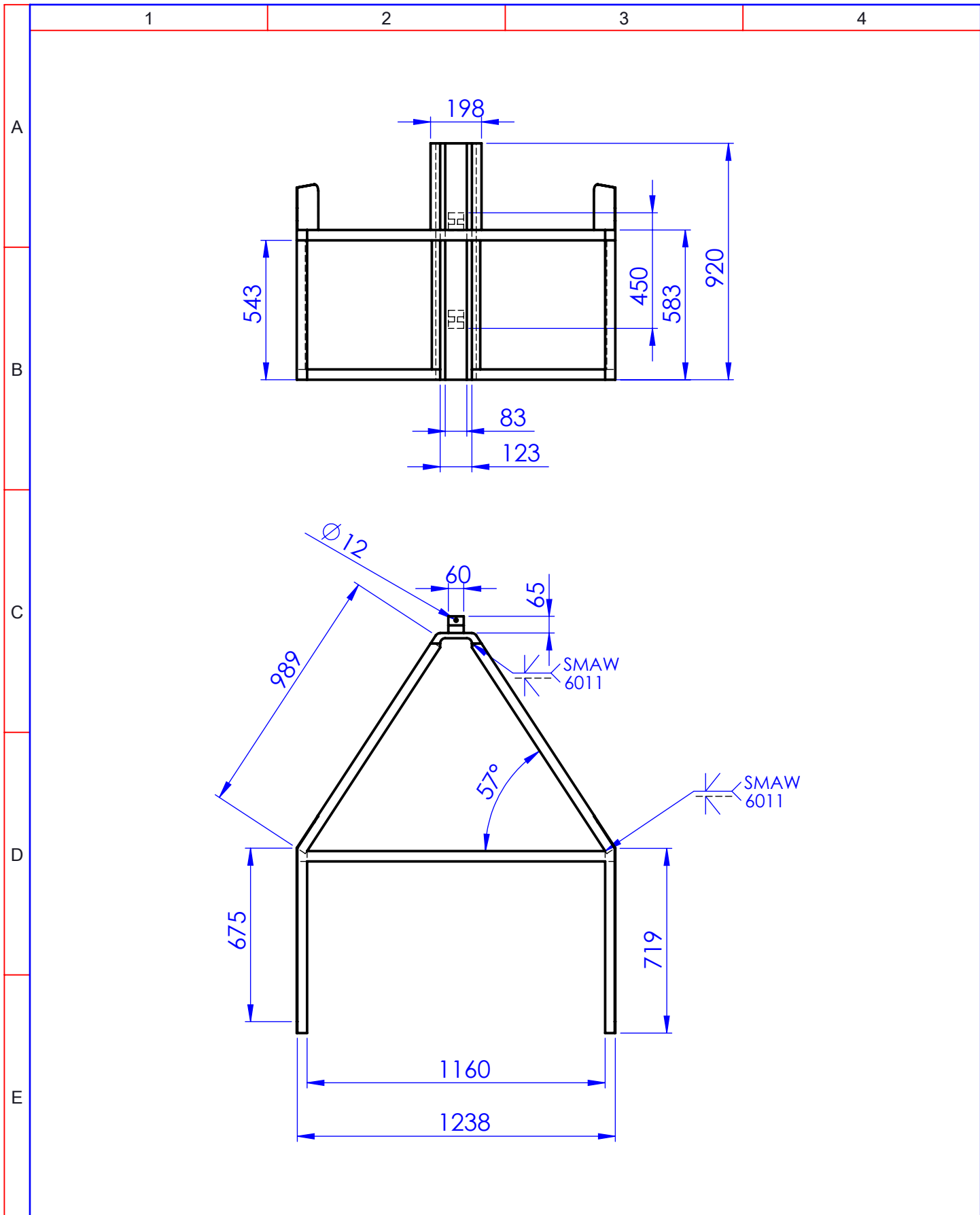
C



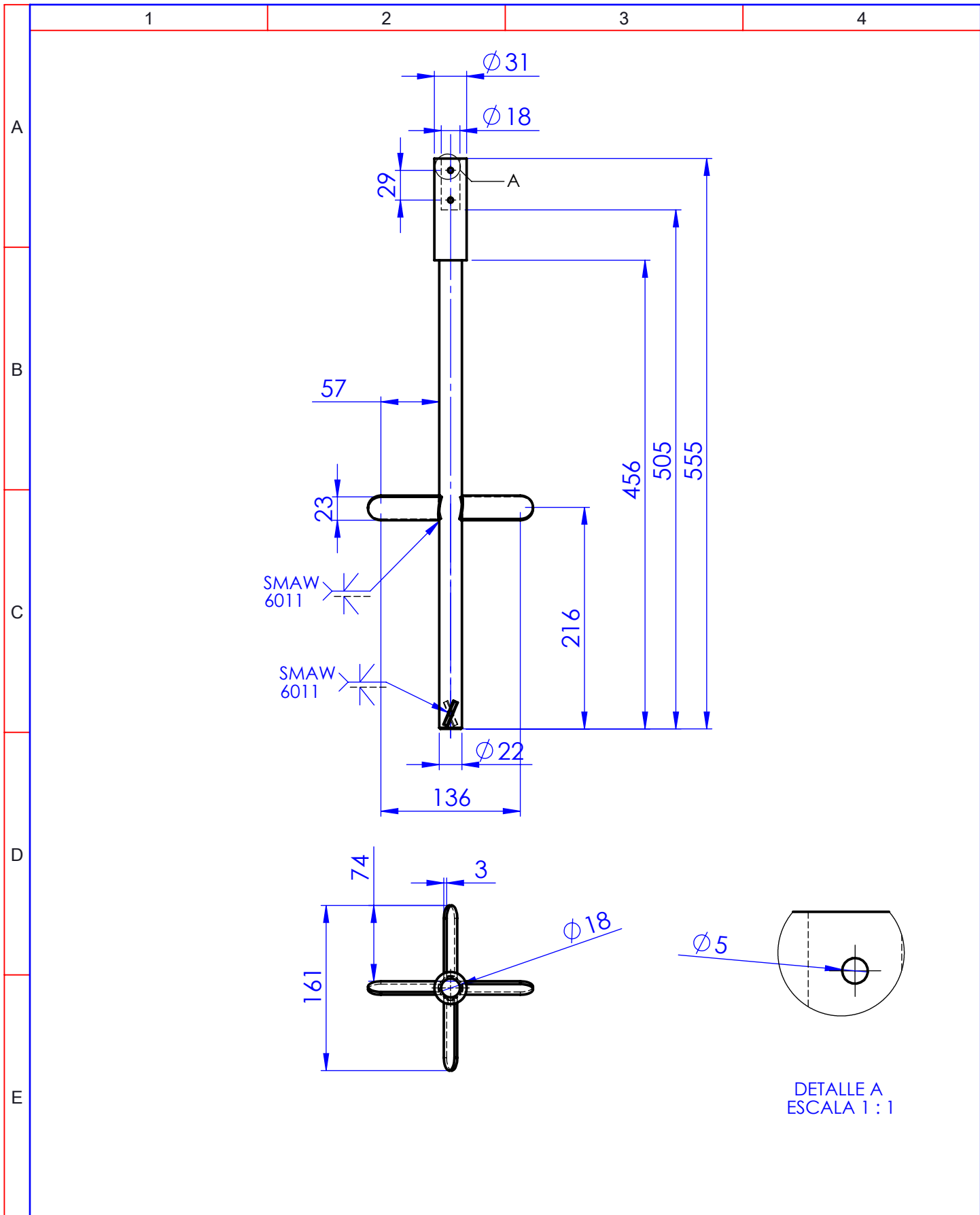
D

E

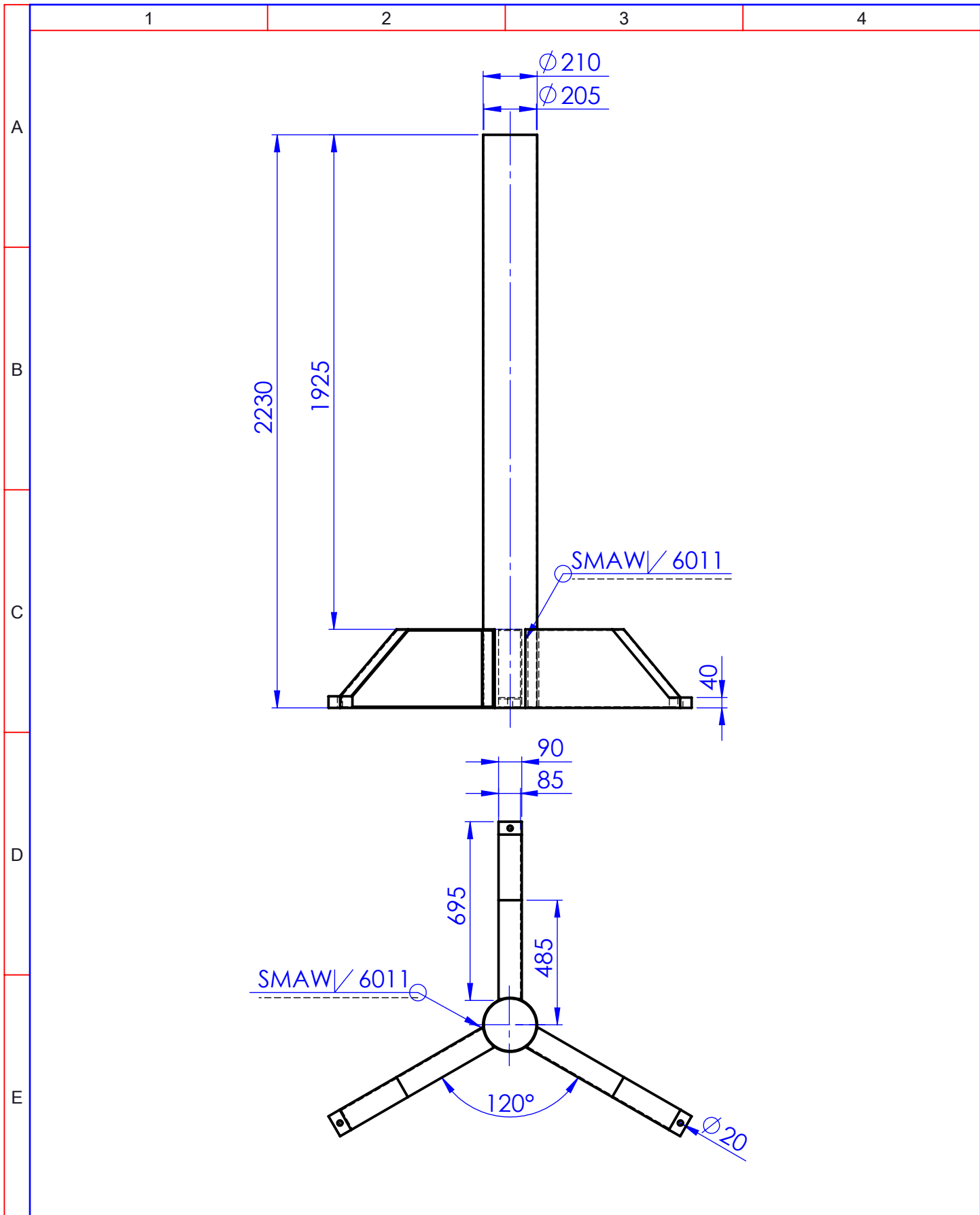
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>Acera A653</b>	
				±0,1	13,5 kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib. 05/09/11	García Alex	<b>Mesa</b>	1:1
				Rev.			
				Apro.			
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 03	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

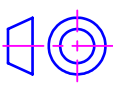


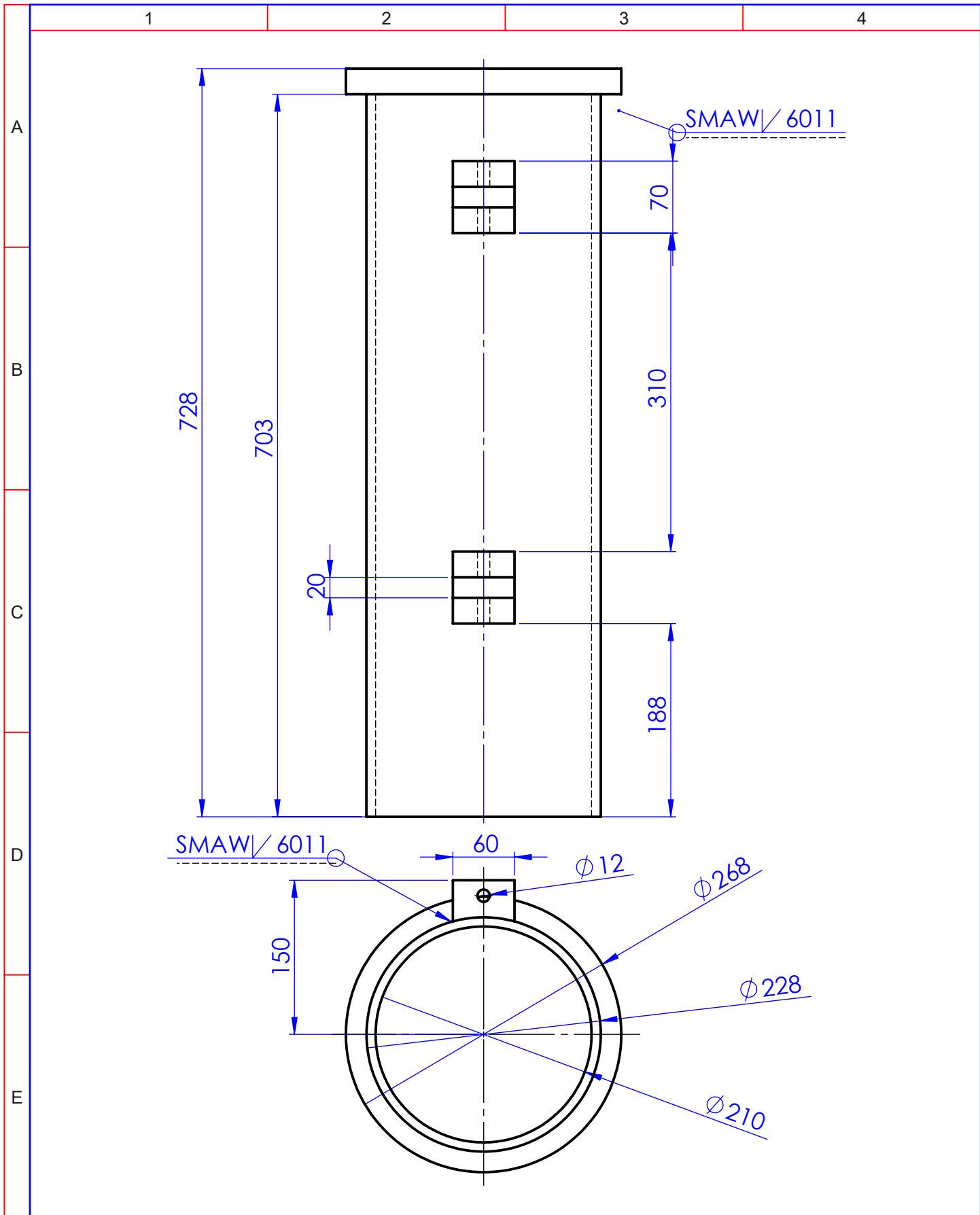
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>Acero A500</b>	
				$\pm 0,1$	37.3 kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib. 05/09/11	García Alex		
				Rev.			
				Apro.		<b>Brazo</b>	1:1
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: Acero AISI 1018	
				±0,1	2.8 kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib. 05/09/11	García Alex	Agitador Isocianato y Poliol	1:1
				Rev.			
				Apro.			
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 05	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>ACERO A36</b>	
				$\pm 0,1$	63,6 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>Torre</b>	Escala: <b>1:1</b>
			Dib.	05/09/11	García Alex		
			Rev.				
			Apro.				
				<b>UTA</b> Ing. Mecánica		Número del dibujo: <b>06</b>	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>ACERO A36</b>	
				$\pm 0,1$	47 kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>Soporte del brazo</b>	Escala: 1:1
				Dib. 05/09/11	García Alex		
				Rev.			
				Apro.		Número del dibujo: 07	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	

1

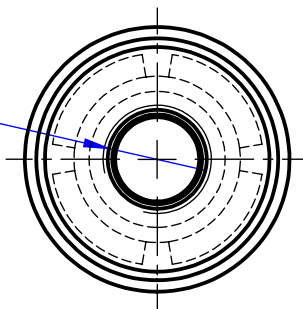
2

3

4

A

$\phi 11 \nabla 27$   
 $\checkmark \phi 13 \times 3^\circ$

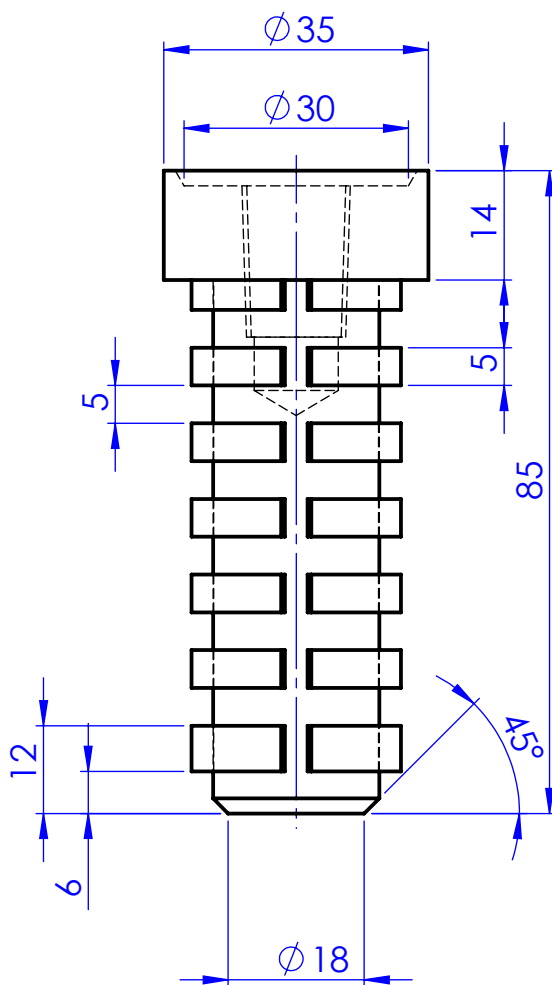


B

C

D

E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ALUMINIO 1060	
				$\pm 0,1$	115 gr	Denominación:	
				Fecha	Nombre	AGITADOR	
				Dib. 05/09/11	García Alex	Escala:	
				Rev.		1:1	
				Apro.		Número del dibujo: 08	
				UTA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)	

1

2

3

4

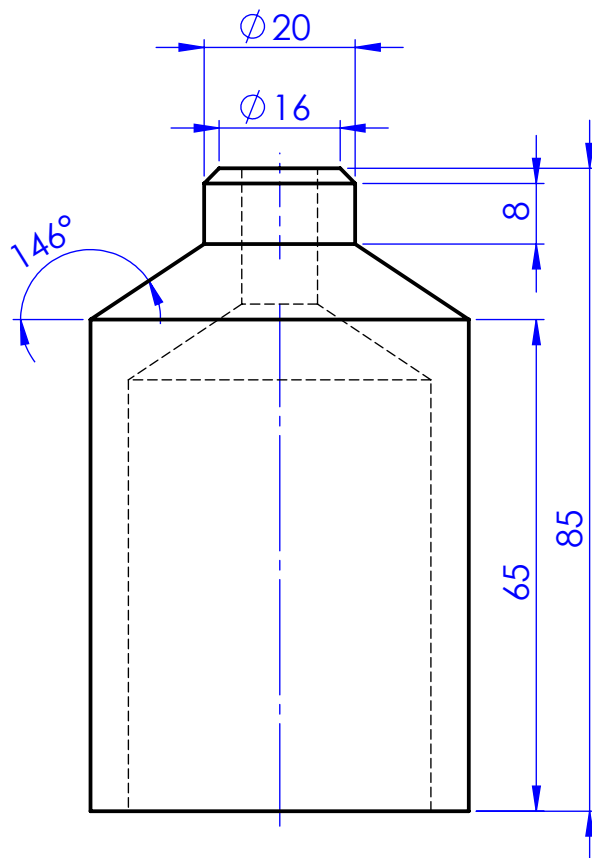
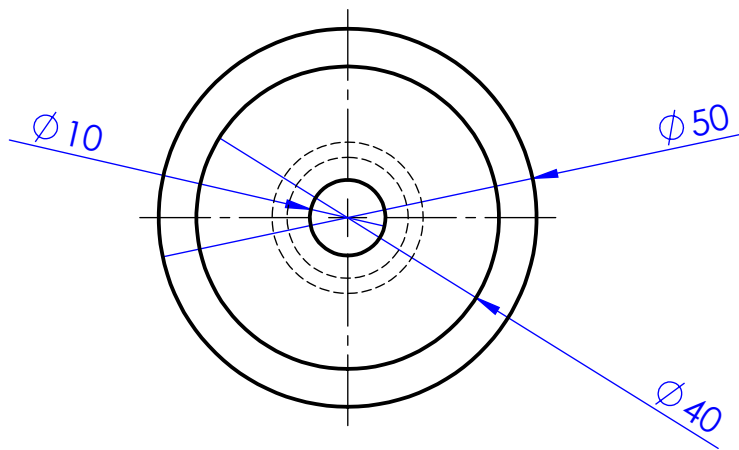
A

B

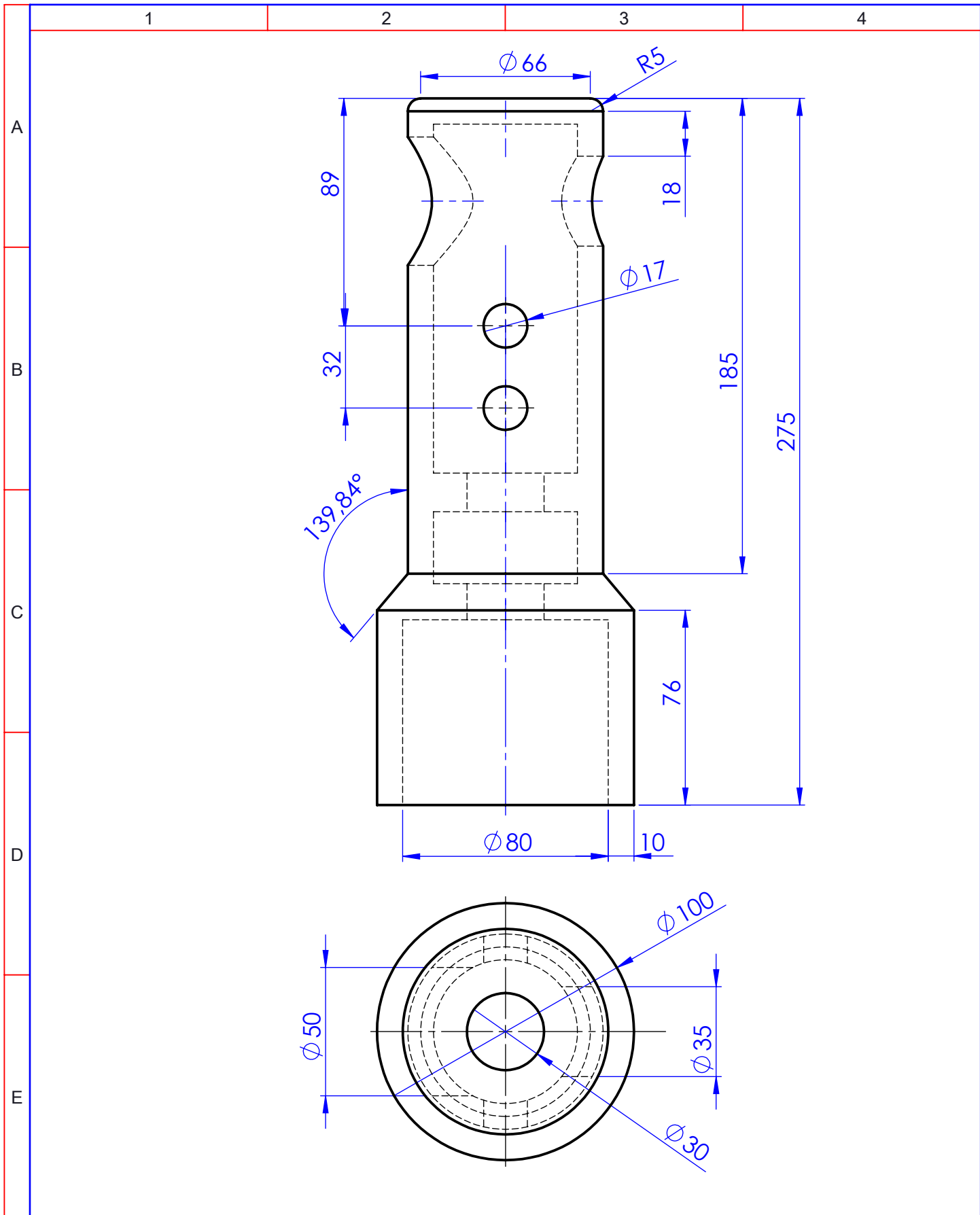
C

D

E

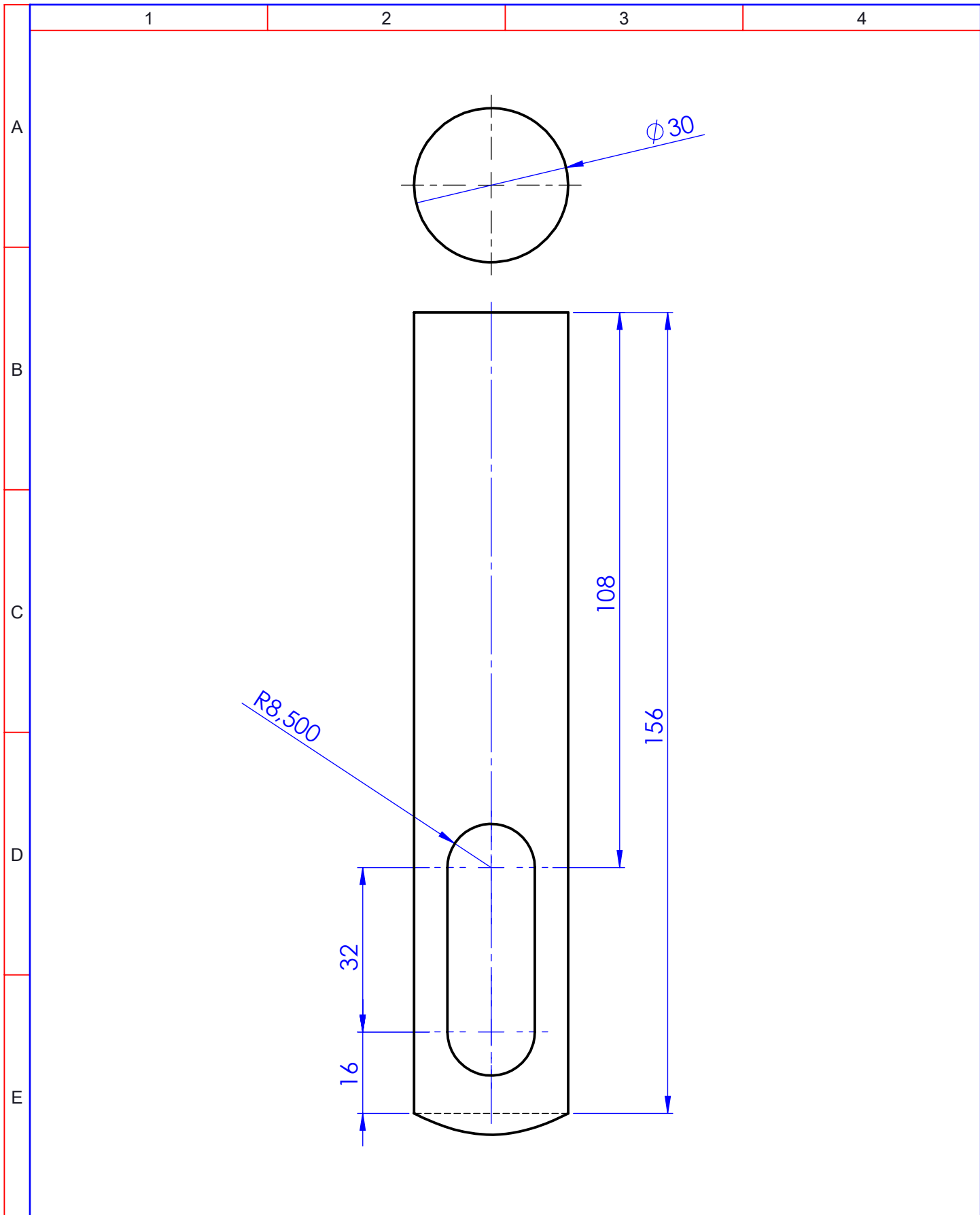


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>AISI 1020</b>	
				$\pm 0,1$	492 gr	Denominación: <b>BOQUILLA</b>	
				Fecha	Nombre	Escala:	
				Dib. 05/09/11	García Alex	1:1	
				Rev.		Número del dibujo: <b>09</b>	
				Apro.		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>AISI 1020</b>	
				$\pm 0,1$	<b>5,5 Kg</b>	Denominación: <b>Cabezal de Inyección</b>	
				Fecha	Nombre	Escala:	
				Dib. 05/09/11	García Alex	1:5	
				Rev.		Número del dibujo: <b>10</b>	
				Apro.		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>UTA</b> <b>Ing. Mecánica</b>			





				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>AISI 1018</b>	
				$\pm 0,1$	760 gr	Denominación: <b>Embolo de empuje</b>	
				Fecha	Nombre	Escala:	
				Dib. 05/09/11	García Alex	1:1	
				Rev.		Número del dibujo: 11	
				Apro.		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			