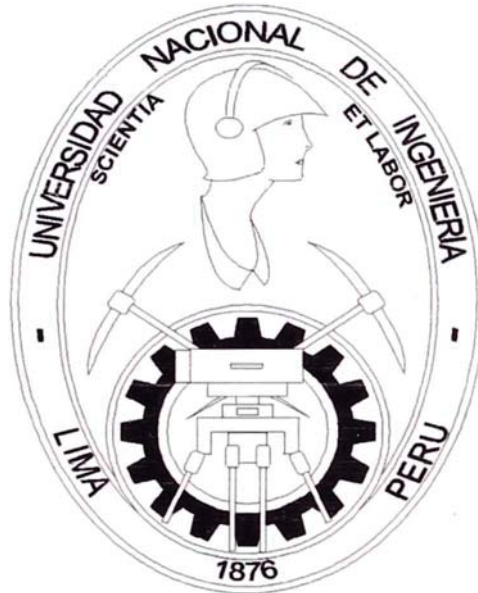


# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS



## **AUTOMATIZACIÓN PARCIAL DE LA LINEA DE FABRICACION DE TUBOS DE PVC DE GRAN DIÁMETRO Y PESO**

### ***INFORME DE SUFICIENCIA***

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

### **INGENIERO INDUSTRIAL**

**WASHINGTON GUTIERREZ ALVAREZ**

*LIMA PERU*

*2002*

*A mis Padres*

*A mi Esposa*

*A mis Hijos*

*Por su confianza y máximo apoyo*

*Gracias.*

# **ÍNDICE**

	<b>Pág.</b>
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>DESCRIPTORES TEMÁTICOS</b>	
<b>RESUMEN</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>CAPITULO I: ANTECEDENTES</b>	
1.1 PRODUCCIÓN	09
1.2 VENTAS	10
1.3 ALMACÉN	10
1.4 MANTENIMIENTO	11
1.5 COMPRAS	11
1.6 CONTROL DE CALIDAD	12
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA	16
2.2 AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA	17
2.3 AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICA	17
2.4 AUTOMATIZACIÓN UTILIZANDO PLC	17
<b>CAPITULO III: DIAGNOSTICO</b>	
3.1 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO	19
3.1.1 FORTALEZAS Y DEBILIDADES	19
3.1.2 OPORTUNIDADES Y RIESGOS	20

3.2	DIAGNÓSTICO FUNCIONAL	21
3.2.1	PRODUCTOS	22
3.2.2	CLIENTES	23
3.2.3	PROCESOS	23
3.2.4	ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	24
<b>CAPITULO IV: PROCESO DE TOMA DE DECISIONES</b>		
4.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
4.2	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	26
4.2.1	TECNOLOGIA	26
4.2.2	CONFIABILIDAD	27
4.2.3	COSTO	27
4.3	METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN	27
4.4	ESTRATEGIAS ADOPTADAS	28
<b>CAPITULO V: EVALUACIÓN DE RESULTADOS</b>		
5.1	EVALUACIÓN CUALITATIVA	32
5.2	EVALUACIÓN CUANTITATIVA	33
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
6.1	CONCLUSIONES	35
6.2	RECOMENDACIONES	36
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ***DESCRIPTORES TEMÁTICOS***

- TUBOS PVC
- AUTOMATIZACIÓN
- AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA
- CIRCUITO NEUMÁTICO

## ***RESUMEN***

En la Empresa Politubo S.A., en la fabricación de tubería de gran diámetro, se generaba una demora en la entrega de los mismos, debido a las continuas fallas durante el proceso de conformado, el cual se realizaba en forma manual; proceso que originaba muchos rechazos ante los cuales se tenía que realizar reprocesos que resultaban antieconómicos, por que en muchos casos, los clientes ante la demora en la entrega del pedido, anulaban la compra con el perjuicio económico para la empresa, asimismo el reproceso en si significaba mayor utilización de mano de obra y de equipo. Los rechazos estaban generalmente alrededor del 50% de la producción generando almacenajes en planta para poder realizar los procesos y reprocesos los cuales al ser de forma manual resultaban muy difíciles de ejecutar, por el tamaño y el peso del tubo pues se tenía que utilizar por lo menos a dos o tres personas las cuales realizaban a criterio cada uno de los pasos a seguir durante los procesos, generando mucha variedad en cada uno de ellos. Con la automatización se logro uniformizar cada uno de los pasos y el proceso mejorando sustancialmente los productos acabados y eliminando los reprocesos; asimismo se dejo de utilizar muchos espacios ya que no quedaban tubos para ser reprocesados y los fallados se envían directamente al molino. La mano de obra se elimino de todo este proceso utilizando a este personal en laboras para mejorar otros procesos.

## *INTRODUCCIÓN*

El presente trabajo ha sido desarrollado en la Empresa Politubo S.A., dedicada a la fabricación de tubería de PVC para todo uso (Industrial, comercial, domestico, agricultura, etc.)

Debido a los constantes reclamos de parte de los clientes por la demora en la entrega de tubos, se realizo un estudio interno para solucionar estos casos y se llevo a determinar que el principal problema era el del proceso de conformado del extremo del tubo

Este proceso se realizaba en forma manual, por un mínimo de dos personas, por que el tubo es de dimensiones grandes, de más de 300 mm de diámetro, un peso mínimo de 50 Kg., una longitud de 6 metros y superficie sumamente lisa, hace dificil su manipulación, pues resbala, estos factores permiten que al momento de ser manipulado, para su conformado, no se pueda realizar una buena operación, desde el traslado hasta la operación final.

Se realizaron observaciones para determinar la cantidad real de tubos buenos y de los que se reprocesaban, al mismo tiempo se evaluaba que tipo de automatización se realizaría de tal forma que genere la menor inversión de parte de la Empresa. Se realizaron diagnósticos de las fortalezas y de las debilidades que posee la empresa y las oportunidades y los riesgos que se tienen que tener en cuenta para un proceso de automatización que realmente mejore el proceso y la calidad de la producción, que beneficiara a la Empresa, al mejorar sustancialmente la productividad.

Se utilizó la automatización con elementos neumáticos, pues se dispone de una línea de aire comprimido en planta, con la presión y el flujo necesario para su utilización, además se contaba con los elementos neumáticos en el almacén, estos factores fueron determinantes en la decisión final.

La mejor calidad reduce la llamada planta oculta: personas, espacio y equipos que se utilizan inútilmente, así descubre y soluciona problemas que tendrían que haberse encontrado a la primera. Lo que representa del 25% al 35% del total de los costos de producción.

La tarea de planeación estratégica consiste en lograr el mejor desempeño de la empresa en los factores claves del éxito del negocio en relación con la competencia, combinando adecuadamente sus puntos fuertes con las necesidades de los clientes y alcanzando simultáneamente un excelente desarrollo del recurso humano que haga factible los dos aspectos anteriores y por lo tanto, garantice la permanencia de la empresa en largo plazo.

Después de realizar la automatización se logro reducir los reprocesos desde un 25% promedio a 0% con la consiguiente disminución del costo asimismo los tubos enviados al molino se redujo desde un 17% promedio a un 3.9% promedio.



# ***CAPÍTULO I***

## ***ANTECEDENTES***

La Empresa Politubo S.A. no realizaba la entrega de tubos de gran diámetro y peso oportunamente de acuerdo a los pedidos realizados por las Empresas que solicitaban se les suministre oportunamente los tubos para poder realizar sus obras de construcción.

Ante esto, se decidió realizar una investigación interna para determinar cual era realmente el cuello de botella en la entrega a tiempo, para lo cual se tomaron como premisa lo manifestado por cada departamento involucrado en el problema, algunas de ellas fueron las siguientes:

### **1.1 PRODUCCIÓN**

- El Departamento de Ventas no entrega a tiempo el rol de productos a vender.
- El Departamento de Ventas durante el proceso de producción cambia lo solicitado (medidas diferentes).
- El Departamento de Ventas no coordina con el Departamento de Producción el rol de entregas.

- El Departamento de Almacén no tiene en stock la cantidad suficiente de materia prima.
- El Departamento de Almacén no entrega la materia prima a tiempo.
- El Departamento de Mantenimiento tiene problemas en el mantenimiento de las maquinas y equipos utilizados en producción.
- El Departamento de Mantenimiento no tiene los repuestos a tiempo.
- El Departamento de Mantenimiento demora en la reparación de maquinaria y/o equipos.
- Etc.

## **1.2 VENTAS**

- El Departamento de Producción tiene mucha demora en la entrega.
- El Departamento de Producción tiene muchas fallas en la producción.
- El Departamento de Producción no realiza la producción en el orden solicitado.
- El Departamento de Almacén no entrega la materia prima a tiempo.

## **1.3 ALMACÉN**

- El Departamento de Producción no solicita a tiempo los pedidos de materia prima.

- El Departamento de Compras no realiza las importaciones con la debida anticipación.
- El Departamento de Mantenimiento no realiza el pedido de repuestos a tiempo.
- Etc.

#### **1.4 MANTENIMIENTO**

- El Departamento de Producción no realiza la supervisión adecuada en el uso de la maquinaria y equipo.
- El Departamento de Producción solicita el mantenimiento del equipo a último momento.
- El Departamento de Producción no permite una programación para realizar un mantenimiento preventivo antes de iniciar cada producción.
- El Departamento de Producción realiza cambios en la producción con el respectivo cambio en los parámetros de los mismos originando desperfectos por mala manipulación de los mismos.
- Etc.

#### **1.5 COMPRAS**

- El Departamento de Mantenimiento no realiza el pedido de repuestos con la debida anticipación para poder realizar la compra.
- El Departamento de Producción solicita la compra de repuestos que no son los adecuados, ya que no coordina con el Departamento de Mantenimiento
- Etc.

## **1.6 CONTROL DE CALIDAD**

- El Departamento de Producción no realiza un control adecuado en sus procesos, especialmente en el de conformado
- El Departamento de Mantenimiento no realiza un adecuado trabajo en las respectivas matrices de conformado.
- El Departamento de Mantenimiento no realiza una supervisión adecuada, después de realizado un trabajo en la zona de conformado para verificar el correcto funcionamiento de los equipos.

Como observamos, todo esto se refiere únicamente a la demora en la entrega, y ninguno atacaba el problema principal, el cual era, el proceso de conformado.

Después de tratar cada uno estos problemas y solucionarlos, se observó que persistía la demora; se realizó una nueva reunión, debido a que los clientes continuaban quejándose por la demora en las entregas, y se observó, que no solo era la demora en las entregas, sino que también el índice de devoluciones era elevado, comparado con los tubos de dimensiones más pequeñas.

Se encargó al Departamento de Mantenimiento observar estos detalles para determinar el motivo, y por estar en contacto directo con el proceso de producción.

Después de realizar una observación directa sobre la producción de tubos de gran diámetro se logró determinar lo siguiente:

- a.** Muchos reprocesos en el conformado.
- b.** Utilización de espacios para almacenajes de producción de tubos grandes antes de ser procesados.
- c.** Utilización de mucha mano de obra.
- d.** Mucho sobre tiempo para cumplir con los pedidos.
- e.** Demasiados tubos enviados al molino, por defectos excesivos en el conformado.
- f.** Mucha dificultad para realizar el trabajo de conformado.
- g.** Proceso de conformado no esta debidamente, controlado ya que se utiliza demasiado el criterio del operario, originando desfases entre operarios y originando temperaturas inadecuadas.
- h.** Obstrucción en el recorrido y los espacios destinados como pasillo.

Después de realizadas estas observaciones, se decidió realizar un estudio para poder desarrollar un proceso automático en el proceso de conformado.

## ***CAPÍTULO II***

### ***MARCO TEÓRICO***

La automatización es un proceso en el cual se logra una mayor producción y a la vez una mejor calidad del producto, toda vez que se hace necesario en estos tiempos de globalización, estar preparado para poder enfrentar a las empresas que van adoptando cada vez, tecnología de punta con lo cual dejan de lado a las empresas que se conforman con tecnologías, que en su momento fueron las adecuadas y con el transcurso del tiempo se tornaron obsoletas, lamentablemente en nuestro medio se continua con la idea que “siempre se hizo así y se continua realizando así” es por este motivo que se encuentra muchas veces resistencia al cambio en la mayoría de las empresas nacionales, de parte de los empresarios,

Este proceso de automatización, se tiene que dar de una forma, que se logren objetivos a corto plazo, por que aun cuando los beneficios se dan para la empresa, el empresario, generalmente solo se fija en la inversión, la cual en muchos caso la considera de elevado costo y desestima los proyectos de automatización propuestos

Debido al avance de los controles electrónicos, la aparición de diversos sensores magnéticos, inductivos, etc. generan con una seguridad inigualable, los datos de posición que se envían al control central, han

eliminado prácticamente a los sensores por oclusión de orificios y barreras de aire.

Cuando se analiza un problema de automatismo, se ve que no hay una técnica única de aplicación e inmediatamente se piensa en mecanismos complicados, controles electrónicos, problemas con el personal, superproducción, etc., y en verdad, existe interconexión entre estos aspectos pero, existe automatización de alto nivel y la pequeña automatización que esta mas cercana a la mejora de métodos de trabajo y resuelve pequeños problemas, con pequeñas inversiones fácilmente amortizables, contribuyendo a mejorar el aspecto humano de la producción.

El sistema de automatización propuesto es típico de malla abierta, puesto que una vez accionado el sensor, el producto no es controlado en cuanto a temperatura, tamaño, forma, etc., los valores son prefijados para cada producción de tubería de acuerdo a las características del mismo.

Cuando el tipo de tubería es de otro tipo y/o característica, los parámetros de tiempo, temperatura, etc. son nuevamente ajustados de acuerdo a las necesidades del mismo.

Para lograr a determinar cual es el modelo adecuado para la solución de nuestro problema, se decidió por no tomar como primordial ningún tipo de componente en especial, sea este del tipo mecánico, neumático, hidráulico, etc. con el fin de poder tratar a todos ellos con una metodología común, sea cual sea su principio tecnológico. Este tipo de desarrollo del modelo permite, tratar a cada componente o subsistema que asocia, una función de transferencia que relaciona las magnitudes de salida de interés con las magnitudes de entrada, y que, por lo tanto permite predecir su comportamiento una vez conocido su estado inicial y las señales de entrada aplicadas.

En esta parte de la mejora del proceso se determina la capacidad del nuevo sistema de lograr una mejor calidad en el proceso, y de la eliminación de reprocesos, los cuales atentan contra la calidad y la presentación del producto. Dentro de la función de producción destaca, la de incluir dentro del proceso, el concepto de Calidad del producto y esta incluido dentro de sus funciones, como una de las más importantes, el departamento de Control de Calidad se encarga de verificar que los parámetros establecidos sean cumplidos.

## **2.1 AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA**

En los sistemas neumáticos los circuitos utilizan totalmente el aire comprimido para realizar el trabajo, y además el control respectivo.

La calidad, fiabilidad, vida útil de todos los elementos neumáticos, contribuye a que los sistemas de automatismo por aire comprimido tenga un espectro muy amplio de utilización.

Los accionamientos neumáticos se utilizan debido a la gran velocidad de actuación debido a la baja inercia del fluido, gracias a que esta propiedad los tiempos de respuesta son bajos y permiten controles remotos de los mecanismos.

Las ventajas del aire comprimido son las siguientes:

- A prueba de explosiones.
- Apropiado para lugares húmedos.
- No ensucian.
- Rapidez en su desplazamiento.
- Fácil almacenamiento.
- No requiere tuberías de retorno.
- No contamina el ambiente.



Los circuitos neumáticos son eficientes y confiables debido al bajo costo del aire y la limpieza de sus controles, éstos sistemas son sencillos y más económicos que los otros sistemas.

## **2.2 AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA**

En este tipo de automatización, el sistema neumático es ayudado en los mandos por los elementos eléctricos, que permiten una mayor flexibilidad en cuanto a los mandos se refieren, ya que permiten un control desde distancias mas grandes que de los mandos neumáticos.

Uno de los inconvenientes, es lo referente al costo, el cual es un poco mayor que los neumáticos, además se tiene que tener un mayor cuidado en lo referente a seguridad del personal, para evitar una descarga eléctrica.

## **2.3 AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICA**

En este tipo de automatización se utilizan motores y mandos eléctricos, los cuales nos dan una confiabilidad bastante adecuada para el trabajo que se quiere realizar, Uno de sus principales inconvenientes es el costo para su implementación, unido al consumo de energía y el cuidado en cuanto a seguridad, para evitar descargas eléctricas hacia el personal

## **2.4 AUTOMATIZACIÓN UTILIZANDO PLC**

Este tipo de automatización, generalmente se utiliza para procesos de alta producción en el cual se requiere puede programar una secuenciar desde un solo tablero de control, en el cual se

pueden realizar el cambio de variables a criterio, de acuerdo a las características de cada tubo.

Este tipo de automatización requiere de una capacitación del personal que va a utilizarlo, y en los cuales se desea tener un control exhaustivo del proceso.

El costo inicial de este tipo de automatización, es generalmente alto, con respecto a los otros tipos de automatización.

## ***CAPÍTULO III***

### ***DIAGNÓSTICO***

Debido a la alta incidencia de los productos reprocesados y reciclados en la fabricación de tubos de gran diámetro, se observó que el principal problema era, el proceso de conformado, si se solucionaba este problema, se tendría todos nuestros problemas resueltos por que se cumpliría con las entregas a tiempo, se eliminarían los reprocesos, asimismo el reciclado seria casi cero y los problemas entre departamentos se evitarían en gran medida.

El único problema ahora, era el de realizar la automatización del proceso y los costos que estos generarían, pero comparado con las ventajas a obtener, se compensa la decisión de realizar este trabajo lo antes posible.

#### **3.1 *DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO***

##### **3.1.1 *Fortalezas y Debilidades***

Para iniciar todo este proceso de mejora, realizaremos un análisis de todo lo que esto implica, en la producción y en la actitud de los trabajadores y en la alta dirección, para apoyar estas mejoras en la producción y evitar así las quejas de los clientes y atraer a más clientes con entregas aún antes de tiempo.

### ***Fortalezas***

- Tecnología desarrollada por la especialización de producción.
- Personal capacitado y adecuado al trabajo.
- Equipamiento adecuado.
- Alta presencia en el mercado.
- Equipos de tecnología similar.

### ***Debilidades***

- Resistencia al cambio, por el miedo de eliminar puestos de trabajo.
- El costo de inversión inicial resulta elevado.
- El espacio necesario se tiene que adecuar con la producción en marcha.

### ***3.1.2 Oportunidades y Riesgos***

En este tipo de trabajo se presenta la oportunidad de ir adquiriendo tecnología cada vez mas de avanzada, y a la vez ir adquiriendo experiencias nuevas que van en beneficio de la producción, la cual se va a ir haciendo cada vez de mejor calidad, el único riesgo que se presenta, y además el miedo de los trabajadores, es el de menor utilización de mano de obra, y por lo tanto podría producir despidos; Esto es una barrera que debe ser tratada de una forma estratégica, en la medida que el proceso completo lo permita, por ejemplo, el personal que no este integrando esta línea, pasa a ocupar nuevas actividades

que permitirán una mejora constante y permanente y así evitar el temor al cambio.

### ***Oportunidades***

- Mejorar la tecnología adquirida.
- Eliminar los costos por reprocesos.
- Eliminar los reciclados.
- Entregar a tiempo los productos elaborados.
- Mejorar la productividad y la eficiencia del proceso.

### ***Riesgos***

- Eliminar puestos de trabajo en la línea de producción.
- Resistencia al cambio.

## **3.2 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL**

La industria de los plásticos en el Perú y en el mundo se hace cada vez más necesaria en nuestra vida diaria. Nuevas tecnologías de fabricación, nuevos materiales y nuevos empresarios bajo esta óptica, están iniciando un proceso de cambio en sus empresas

Nuestros productos son de una calidad que nos permite competir con los mejores productos importados, debido a que la empresa tiene un Departamento de Producción con personal debidamente capacitado y un departamento de Control de Calidad que permite un producto de calidad hacia los clientes los cuales son los que realmente califican el producto, asimismo el Departamento de

Mantenimiento mantiene un control de las maquinas y equipos que permite una producción continua sin paros imprevistos de producción y el correcto funcionamiento de los mismos lo cual incide en la calidad del proceso y por supuesto en el producto, nuestros procesos cada vez, se están normalizando para no obtener variaciones.

### **3.2.1 Productos**

Fabricación de tubos de PVC de diferentes medidas hasta de 450 mm de diámetro para todo uso:

- Construcción
- Drenaje, Desagüe, Alcantarillado y Ventilación.
- Industria
- Riego
- Minería
- Entubado de Pozos
- Gas

#### **Ventajas de las tuberías de PVC:**

- Alta Resistencia a la Corrosión
- Rapidez en la Instalación
- Resistencia a las Incrustaciones
- Seguridad en la Instalación
- Bajo Coeficiente de Seguridad
- Hermeticidad
- Larga Vida Útil

- Buena Trabajabilidad
- Resistencia a las Condiciones Climáticas
- Fácil transporte y Manipuleo
- Toxicidad
- Economía

### **3.2.2 Clientes**

Nuestros clientes se encuentran en todos los sectores de la industria, no solamente en los de la construcción; así tenemos clientes en los siguientes sectores:

- Construcción
- Industria
- Agricultura
- Minería
- Industria Química y Petroquímica
- Doméstico
- Etc.

### **3.2.3 Procesos**

El proceso de producción es realizado por las maquinas mediante extrusión y se realiza de la siguiente forma:

**Materia Prima:** Producto principal es el PVC (Policloruro de Vinilo) unido a otros productos como Lubricantes, Estabilizantes, Pigmentos, etc.

**Pesado:** Cada elemento se pesa de acuerdo al uso del tubo.

**Mezcla:** Los componentes son mezclados a cierta temperatura y tiempo determinado al cabo del cual obtenemos el compuesto de PVC listo para ser extruido.

**Extrusión:** Método utilizado para la fabricación de tubos, se calienta de acuerdo a un perfil predeterminado y luego es comprimido a lo largo de un barril por medio de un tonillo sin fin que fluye a través de una matriz adoptando la forma del tubo.

**Enfriamiento:** Al salir el tubo de la extrusión en estado caliente, es enfriado con agua para darle la dureza y estabilidad necesaria.

**Marca:** Se imprime con marcadores especiales para poder identificarlos.

**Corte:** El tubo es cortado en longitud de acuerdo a la norma establecida.

**Conformado:** Se realiza el conformado para lograr el embone de un tubo con otro de una forma fácil.

### 3.2.4 Organización de la Empresa





## ***CAPÍTULO IV***

### ***PROCESO DE TOMA DE DECISIONES***

Ante las diferentes “causas” mencionadas por cada departamento, se decidió verificar cada una de ellas, y dar solución dentro de lo posible a cada una, además de una permanente y constante supervisión de los mismos para verificar su realización y el efecto que tiene sobre el problema central.

#### **4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El problema principal, es el de generar defectos en el proceso de conformado en el extremo del tubo, debido a que al solucionar los demás problemas, se continuaba fallando en la fecha de entrega de producción, aun utilizando sobre tiempo para avanzar y poder cumplir con el programa, así como también el almacenamiento de productos en los pasillos, lo cual causa congestión y dificultad en el tránsito de personal, con el consiguiente peligro de causar accidentes.

Con la solución de los “problemas” mencionados por los diferentes departamentos, no se logró una mejora sustancial, por lo tanto, se decidió realizar un estudio más profundo, en lo que respecta a la automatización del proceso.

## **4.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

Se tomaron en cuenta cada uno de los sistemas de automatización posibles de utilizar para el proceso deseado.

Las consideraciones que fueron tomadas en cuenta, para realizar la automatización del proceso son:

- a.- Tecnología
- b.- Confiabilidad
- c.- Costo

### **4.2.1 Tecnología**

Para este parámetro considerado, el uso de PLC resultó el más adecuado, pero la desventaja surge, cuando se requiere de personal especializado en el manejo y mantenimiento de estos sistemas, ya que en la planta, no existe mayor uso de sistemas que cuenten con PLC, por lo tanto se decidió dejar de lado, por este motivo.

Luego se consideró el uso de sistemas electro mecánicos, pero el problema resulto de parte del ambiente de trabajo, en el cual existe mucha humedad y agua, que podría alterar e ir deteriorando los sistemas, con el consiguiente peligro, al trabajar con electricidad. Por el mismo motivo se desecho la de circuitos electro neumáticos.

Luego se considero los sistemas neumáticos, estos sistemas, no tienen problemas con la humedad del ambiente y un punto importante fue el que, personal de mantenimiento, conoce de estos sistemas, al tener en planta diferentes

sistemas neumáticos y por lo tanto, la tecnología no le es desconocida, ni nueva.

#### **4.2.2 Confiabilidad**

Todos los sistemas son confiables dependiendo del diseño y del personal que lo opera, asimismo consideramos confiable a aquel sistema que no requiere de calibraciones constantes para un determinado proceso repetitivo, es decir no se debe estar constantemente calibrándolo durante el proceso de producción o cuando esta trabajando.

#### **4.2.3 Costo**

De todos los sistemas el de mayor costo es el PLC, por tratarse de tecnología mas reciente, y el de menor costo es el de sistemas electro mecánico, por ser el mas simple de implantar y mas sencillo de realizar su mantenimiento, pero el problema principal, es que al tratarse de elementos eléctricos, se tiene que tener mucho mas cuidado con los conductores, para evitar el riesgo de accidentes

### **4.3 METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN**

Se realizó una descripción de todo el proceso para poder conocer cada uno de los pasos relacionados con el proceso, y así estar en pleno conocimiento, del problema que afectaba al producto.

Después de observaciones continuas, se logro determinar lo siguiente: el principal problema, especialmente en los tubos de gran dimensión y peso, es lograr un acabado en el conformado, lo cual

originaba un rechazo de parte del Departamento de Control de Calidad, ante lo cual se decidía, de ser posible, un reproceso, rechazo definitivo del tubo con el costo que origina estos desechos.

Luego la atención se centro en los tubos de gran dimensión, y en observar por que se originaba el problema, se llegó a determinar lo siguiente:

- a. Los tubos de gran diámetro son de difícil manipulación, por que se resbalan fácilmente por tener la superficie muy lisa.
- b. Los tubos de gran diámetro, debido a su tamaño tienen un peso de difícil manipulación
- c. La temperatura necesaria, no se realiza de una forma adecuada, ya que se determina de manera empírica por el operario.
- d. La introducción en la matriz de forma, se realiza de una manera que no garantiza un buen alineamiento.
- e. El enfriamiento no es controlado adecuadamente

#### **4.4 ESTRATEGIA ADOPTADA**

Luego de estas observaciones, se decidió realizar un estudio, el cual consistió en poder reemplazar cada uno de los procesos realizados manualmente, por equipo, sin importar el tipo de accionamiento, este se determinaría luego, de acuerdo a los costos y la tecnología adecuada que posee el personal de la empresa.

Se decidió realizar de esta forma, ya que el principal problema es económico para realizar una automatización adecuada, y en primer lugar lo mejor por el momento, sería que la tecnología a

utilizar pueda ser manipulada por el personal de mantenimiento y éste, en esos momentos no tenían la preparación en sistemas mas modernos, puesto que la empresa cuenta con equipos que no requieren en su funcionamiento, sistemas complejos de mando, pues son de una generación anterior, y los equipos que cuentan con mandos de ultima generación, son revisados por personal ajeno a la empresa, es decir por servicio de terceros.

Con la limitación económica y la tecnológica, se decidió no utilizar los sistemas que incluían en sus mandos elementos de PLC, y si los sistemas electro-neumáticos, neumáticos, eléctricos, electro-hidráulicos, hidráulicos; ya que estos elementos, son los que predominan en los equipos dentro de la empresa, y se encuentran repuestos de los mismos en el Almacén.

***Pasos ejecutados por el personal y como se realizo la automatización***

Empezaremos el estudio, desde el momento en que el tubo es terminado de cortar, en la línea de extrusión:

<b>PROCESO MANUAL</b>	<b>PROCESO AUTOMATIZADO</b>
El tubo es descargado por dos personas y colocado a un costado, en el piso	El tubo es descargado por una compuerta que actúa al ser accionado un microswitch.
Después de acumularse una cantidad determinada por los operarios, es colocado en la zona del horno, uno por uno	Al caer el tubo sobre otra compuerta, acciona un microswitch y permite que el horno ingrese en un extremo del tubo y permanece el tiempo adecuado al diámetro y espesor del mismo.
Se coloca un tubo en el horno, por un tiempo que es estimado por el operario	Después de un tiempo, el cual es calculado de acuerdo a las características del tubo, la compuerta lo pasa a otra compuerta.
Luego que el operario decide que el tiempo es suficiente, el tubo es trasladado hacia la zona de conformado, por dos o tres personas.	Accionando un microswitch, que permite que el tubo sea sujetado y después sea introducido por la matriz de conformado
Luego en la zona de conformado es introducido a la fuerza contra la matriz que tiene la forma adecuada para el tubo, dos o tres personas realizan este trabajo.	Una vez dentro, la matriz de conformado, acciona un microswitch que permite la abertura de una válvula, para que el refrigerante enfrie el extremo conformado, el tiempo es determinado previamente
Luego de introducido, se abre la válvula que permite salida del agua, que sirve de refrigerante, para que el conformado mantenga su forma	Después de un tiempo predeterminado, se retira la matriz y la compuerta expulsa al tubo hacia un costado
Después de un tiempo, considerado por el operario, el tubo es extraído con dificultad, por dos o tres operarios.	Donde es revisado por personal del Departamento de Control de Calidad
Luego el tubo dejado a un costado para ser revisado por el personal del Departamento de Control de Calidad	

Después de realizado este análisis, se decidió realizar un inventario de los equipos y accesorios existentes en el almacén, y se encontró que se disponía de todo lo disponible para realizar un automatismo neumático, al que solo le faltaba realizar la obra de estructura, es decir se contaba con todos y cada uno de los elementos necesarios para realizar el trabajo adecuado, por lo que se decidió realizar la automatización neumática y evitar una inversión con otro tipo de automatización.

La relación de materiales y equipos necesarios, origina la Tabla III y la Tabla IV, la utilización de accesorios y mano de obra la Tabla V, las cuales nos muestra el costo total de inversión, así mismo, esto nos permitió ver la cantidad de stock con que contaba el Almacén, costo que no era utilizado y permanecía guardado para permitir un recambio de partes, cuando sea necesario, ya que la producción se realiza las 24 horas del día, durante los 365 días del año.

Estas maquinas tienen un trabajo continuo, ya que el proceso de inicio tiene una duración de aproximadamente unas 8 horas, como vemos, este es un costo que no permite realizar paros para cambios de producción no programado.

## ***CAPÍTULO V***

### ***EVALUACIÓN DE RESULTADOS***

#### **5.1 *EVALUACIÓN CUALITATIVA***

Con la automatización neumática, se logró aumentar la cantidad en la entrega, debido a que el porcentaje de tubos con defectos se redujo de un 17.9% a un 3.6 %,

De una producción de tubos de 172.5 Kg. De diámetro de 315 mm y largo de 6 metros, al día, la maquina extrusora realizaba una producción promedio de 76.5 tubos, de los cuales, en un inicio se rechazaban en promedio 32.5%, debido a que el alineamiento del conformado estaba mal realizado, un 24.4%, en promedio era reprocesado, es decir, una producción de 76.5 tubos, se veía mermada en casi la mitad, de 76.5 tubos solo se obtenía para entregas por día la cantidad de 63 tubos, producción con la cual no se podía cumplir con las entregas ofrecidas, o requeridas por ventas para entregar a los clientes.

Estos resultados se obtenían con el proceso manual, el cual originaba un elevado porcentaje de tubos enviados al molino, y un reproceso constante, con uso intensivo de mano de obra especialmente en sobretiempos generando costos que son cargados al producto, y en muchos de los casos, no logrando terminar a tiempo, desalineamiento del conformado, produciendo nuevos rechazos, y



alta cantidad de tubos enviados al molino, recargando el trabajo en el molino, para reprocesarlos luego en las maquinas extrusoras, y originando el problema principal, no entregar a tiempo los productos y generando las quejas de los clientes.

La toma de estos datos se realizo durante 31 días, una observación de los procesos y de los factores significativos y dio como resultado la Tabla I.

Después se empezó a realizar la implementación, la cual tuvo una duración de 20 días; se realizo una producción piloto de 10 días, para ajustar valores de temperaturas, tiempos, presiones, distancias, desplazamientos, durante la cual se tuvieron tubos eliminados, pero en menor proporción que si fuera hecha a mano por tres operarios

Después de los diez días de implementación y regulación se tomaron los datos que originan la Tabla II, y los datos resultaron en realidad, sorprendentes, y al analizar costos, se observo que estos justificaban largamente la implementación del proyecto de Automatización y se origina la Tabla VI.

Otra ventaja muy importante, es respecto al mantenimiento de los equipos, los cuales eran de tecnología conocida, y utilizada por el personal de mantenimiento, lo cual aseguraba una pronta reparación, y una regulación constante por parte de todo el personal.

## **5.2 EVALUACIÓN CUANTITATIVA**

Luego de realizado el trabajo de automatización se lograron los siguientes resultados:

**Producción-Condicionales Iniciales-Antes de automatismo**

Producción diaria/total	76.5 tubos	100%
Producción rechazada	32.5 tubos	42.5%
Producción reprocesados	19 tubos	24.4%
Producción enviada al molino	13.5 tubos	17.4%
Producción diaria/real	63 tubos	82.4%

**Producción-Condicionales finales-Después del Automatismo**

Producción diaria/total	76.5 tubos	100 %
Producción rechazada	3 tubos	3.9%
Producción reprocesados	0 tubos	0 %
Producción enviada al molino	3 tubos	3.9%
Producción diaria real	73.5 tubos	96.5%

Como observamos de las tablas anteriores, el porcentaje de tubos enviados al molino se redujo de un 17.9 % a un 3.6 % del total.

Lo que significa un ahorro (en costo de material y proceso) de 22,221.45 US\$ por mes. Este dato lo observamos de la tabla VI.

## ***CAPITULO VI***

### ***CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES***

#### **6.1 CONCLUSIONES**

De acuerdo a esta experiencia, se puede llegar a la conclusión que, en muchos casos es necesario tener presente, que la utilización de tecnología de punta, es contraproducente debido a que no esta alineada con la totalidad del equipo.

Es necesario realizar un estudio para determinar la tecnología adecuada, de acuerdo a los requerimientos y a la tecnología existente; Esto no significa dejar de lado la tecnología de punta, sino que por el momento, no es lo mejor para mejorar el proceso.

En muchos casos se dispone de los equipos, los cuales no son utilizados adecuadamente y solo se les mantiene en el almacén, generando una inversión inactiva.

Es necesario tener presente la tecnología que es la mas utilizada en planta, e ir mejorando los procesos en forma continua, pues siempre existe "UN MÉTODO MEJOR DE HACER LAS COSAS", no podemos dejar que el método actual sea el que siempre va a existir, pues esto nos estancaría con respecto a los competidores.

De acuerdo al nivel de producción, la cual es determinada por el volumen de pedidos, se tiene que ir desarrollando una tecnología, que apunte hacia la utilización de equipos de última generación.

La capacitación del personal es un factor importante, en el desarrollo de cualquier proceso productivo, y en la mejora de la calidad de los productos evitando perdidas que no se ven a simple vista.

En todo proceso de automatización generalmente se eliminan puestos de trabajo, pero si se llega a un equilibrio en el cual sea utilizada como un complemento de la tecnificación, se puede elevar el nivel de productividad, haciendo que la eliminación de puestos de trabajo, sea compensada con una mejor utilización del personal, para labores que se complementen y se logre una mayor y mejor productividad.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

Utilizando las potencialidades de cada individuo, que realiza un trabajo determinado, podemos realizar cada vez una mejora, en todos y cada uno de los puestos de trabajo, ya que las personas que realizan un trabajo repetitivo, van adquiriendo una habilidad, que se debe aprovechar, para lograr una mayor productividad y observar los defectos de los procesos impuestos.

Todos y cada uno de los integrantes de un grupo de trabajo, son responsables de lograr cada vez una mayor eficiencia, para así lograr una mayor productividad en beneficio de la empresa y por lo tanto de cada uno de los integrantes.

El mercado es el que determina que producto es de calidad, y lo acepta o lo rechaza si no cumple con los requerimientos solicitados, por eso es necesario, tomar conciencia, que todo lo que signifique una

mejora va a redundar en un beneficio para todos, y así lograr permanecer en el mercado.

No se puede estar aislado de todo el proceso, puesto que todos somos responsables de la calidad del producto a fabricar, ya que la aceptación del mismo nos garantiza una continuidad de la empresa y por lo tanto de nosotros dentro del sistema.

## ***BIBLIOGRAFÍA***

- AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA. SALVADOR MILLAN Alfa omega Marcombo 1995
- APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA NEUMÁTICA GUILLÉN SALVADOR Alfa omega 1999
- CIRCUITOS BASICOS DE NEUMÁTICA COROLLA MIGUEL Marcombo 1993
- MANUAL DE NEUMÁTICA Blume 1982
- AUTOMATIZACION NEUMÁTICA PARKER C.D.A.
- CALIDAD ESTRATEGICA Y COMPETITIVIDAD JAMES BELOHLAY Traducción Anahi Gallardo Velásquez 1993
- GERENCIA ESTRATÉGICA BAJO EL ENFOQUE DE CALIDAD TOTAL ASESORÍA EMPRESARIAL Matias & Asociados
- CONCEPTOS DE ADMINISTRACION ESTRATÉGICA FRED R. DAVID Prentice may 1997.

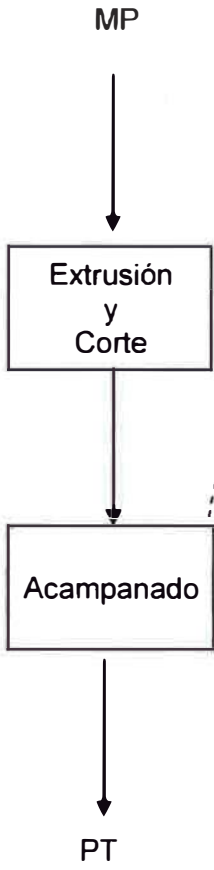
## *ANEXOS*

- Diagramas de Flujo del Proceso Anterior.
- Diagrama de Flujo del Proceso Implementado.
- Esquema Neumático Proceso de Calentamiento.
- Esquema Neumático Proceso de Conformado.
- Esquemas Físicos:

Calentamiento de la Boca del Tubo

- Acampanado de la Boca del Tubo

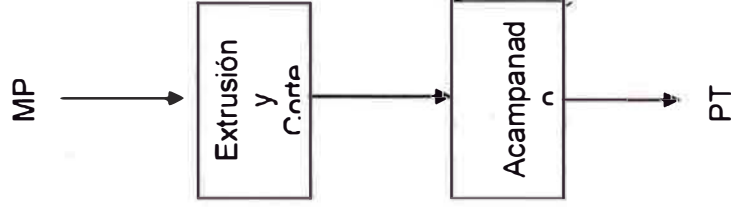
# DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ANTERIOR



Actividad	Descripción	Recursos
TUBO		
Inspección de fisuras		01 persona
Reproceso		
Trasladar el tubo a la zona de calentamiento		02 ó 03 personas
Calentamiento de la boca del tubo		Horno Reloj (tiempo) 01 persona
Inspección del calentamiento		01 persona
Quemado		
Traslado del tubo a la zona de conformado		02 ó 03 personas
Conformado de la boca del tubo (acampanado)		Matriz 02 ó 03 personas
Enfriamiento		01 persona Agua Tiempo
Inspección del conformado		01 persona
Retiro del tubo de la zona de acampanado		02 ó 03 personas
Almacenamiento de PT		02 ó 03 personas

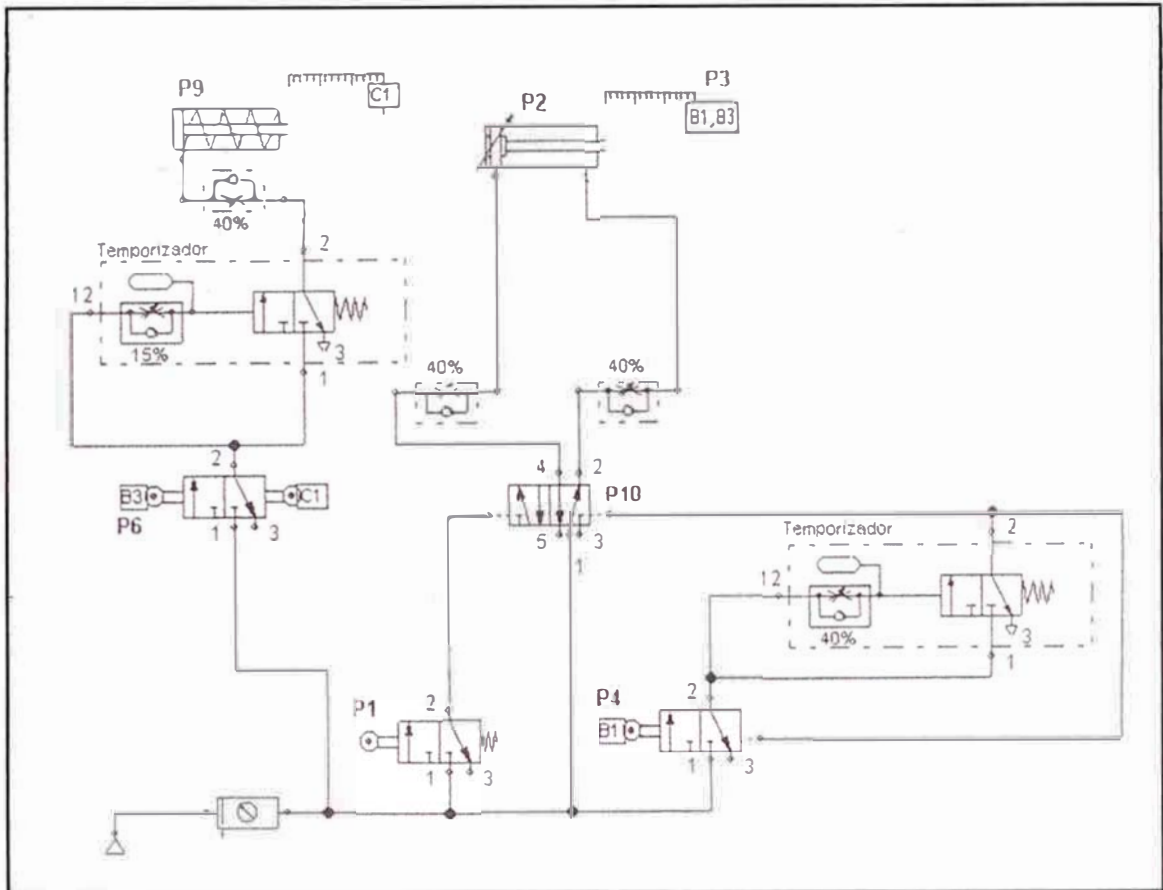


# DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO IMPLEMENTADO



Actividad	Descripción	Recursos
<p>TUBO</p>	Inspección de fisuras	Sensor
	Calentamiento de la boca del tubo	Horno, Tiempo, Circuito neumático
	Conformado de la boca del tubo	Matriz, Tiempo, Circuito neumático
	Retiro del tubo de la zona de acampanado	
	Almacenamiento de PT	

## ESQUEMA NEUMÁTICO DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO

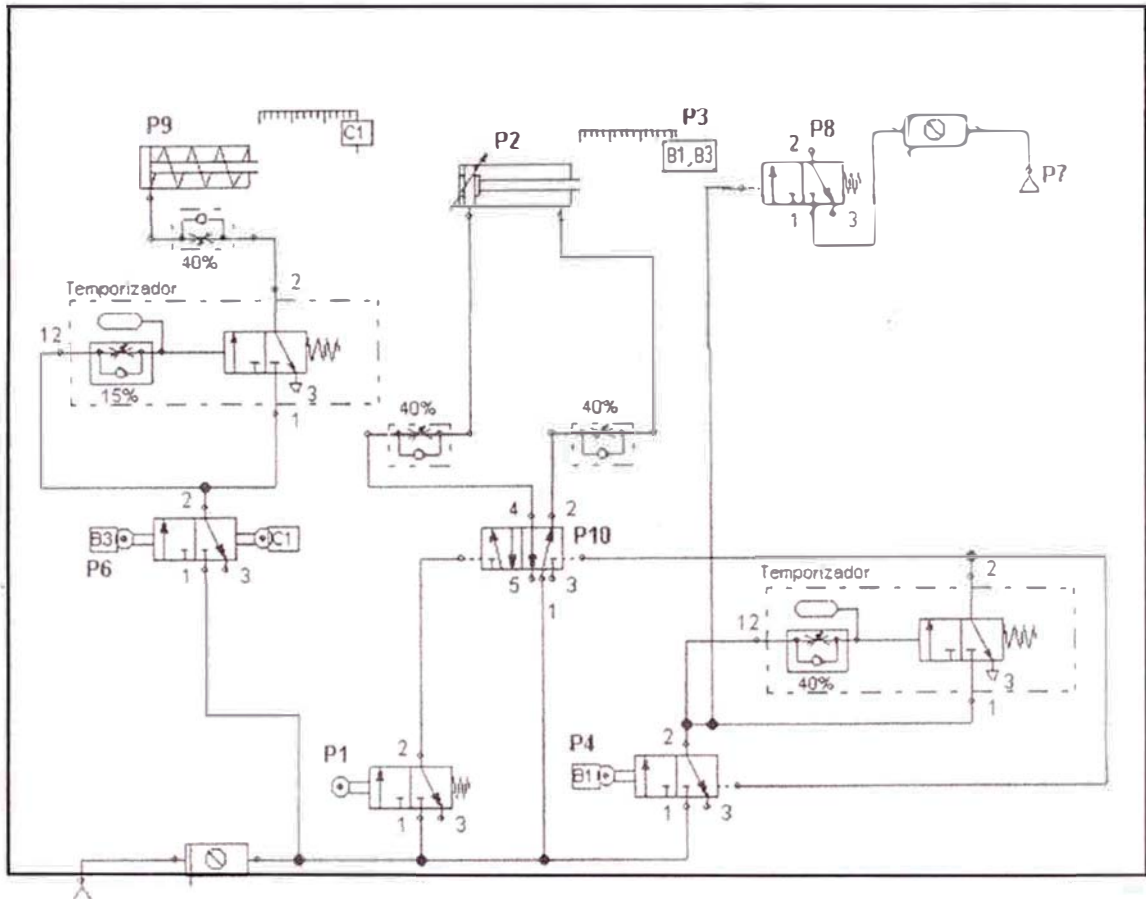


### **Leyenda:**

- P1** : Accionado con la caída del tubo proveniente del proceso Corte.
- P2** : El émbolo desplaza el Horno hacia el extremo del tubo.
- P3** : Se activan 2 válvulas (P4 y P6)
- P4** : Activa el temporizador para regular el tiempo de calentamiento de la boca del tubo, durante 5 minutos.
- P6** : Activa el temporizador para retirar el tubo al término del calentamiento, el tiempo de espera es mayor al del temporizador anterior, 5 minutos con 40 segundos.
- P9** : El émbolo desplaza el tubo fuera de la zona de calentamiento.
- P10** : Válvula biestable de 2 vías 5/2

## ESQUEMA NEUMÁTICO DEL PROCESO DE CONFORMADO

*Introducción de la matriz en el extremo del tubo para el conformado:*

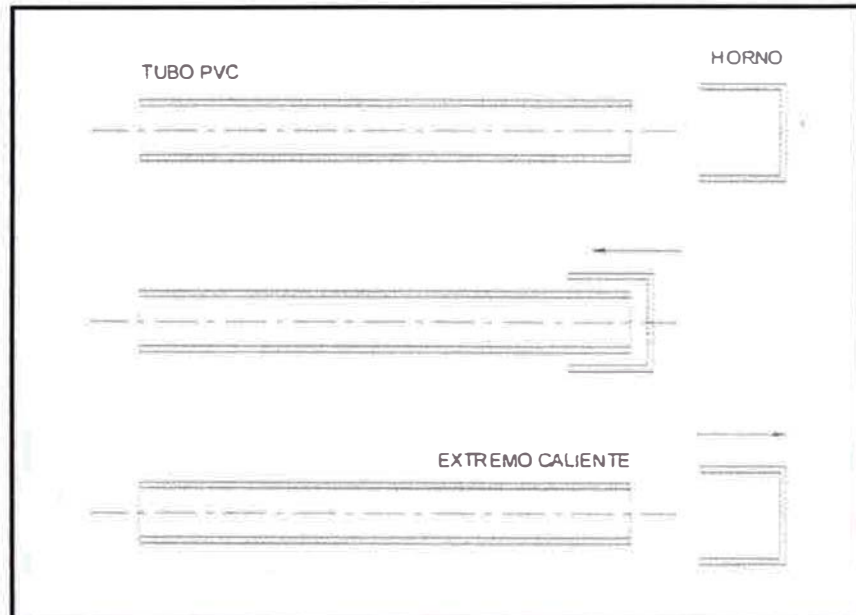


### **Leyenda:**

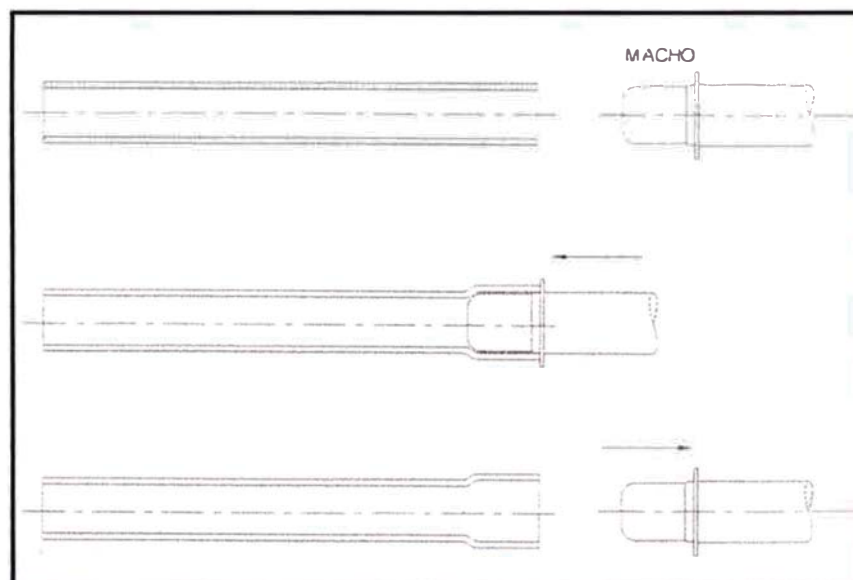
- P1** : Accionado al término del calentamiento del tubo en el horno.
- P2** : El émbolo desplaza la matriz la cual se introduce en el extremo del tubo para el conformado.
- P3** : Se activan 2 válvulas (P4 y P6)
- P4** : Activa el temporizador para regular el tiempo de conformado de la boca del tubo, 30 segundos.
- P6** : Activa el temporizador para retirar el tubo al término del conformado, el tiempo de espera es mayor al del temporizador anterior, 50 segundos.
- P7** : Fuente de alimentación de agua.
- P8** : Válvula que permite el ingreso del agua para el enfriamiento de la boca del tubo, se activa con la válvula P4.
- P9** : El émbolo desplaza el tubo fuera de la zona de conformado.
- P10** : Válvula biestable de 2 vías 5/2.

## ESQUEMAS FISICOS

### CALENTAMIENTO DE LA BOCA DEL TUBO



### ACAMPANADO DEL TUBO



**TABLA I: CONDICIONES INICIALES**

EXTRUSORA CININNATTI MILACRON

PRODUCCION TON/HORA	HORAS/DIA	PRODUCCION DIARIA KILOS	PESO DE UN TUBO	NUMERO DE TUBOS POR DIA	NUMERO DE TUBOS DEFECTUOSOS	PORCENTAJE DEFECTUOSOS (1)	NUMERO DE TUBOS REPROCESADOS	PORCENTAJE DE REPROCESADOS	NUMERO DE TUBOS BUENOS	PORCENTAJE DE TUBOS BUENOS	TUBOS ENVIADOS AL MOLINO	PORCENTAJE DE TUBOS ENVIADOS AL MOLINO	PESO DE TUBOS ENVIADOS AL MOLINO	COSTO DE TUBOS ENVIADOS AL MOLINO
550	24	13200	172.5	76.5	35	45.7	20	26.1	62	80.4	15.0	19.6	2587.5	983.25
550	24	13200	172.5	76.5	38	49.7	30	39.2	69	89.5	8.0	10.5	1380.0	524.40
550	24	13200	172.5	76.5	30	39.2	15	19.6	62	80.4	15.0	19.6	2587.5	983.25
550	24	13200	172.5	76.5	28	36.6	22	28.8	71	92.2	6.0	7.8	1035.0	393.30
550	24	13200	172.5	76.5	39	51.0	15	19.6	53	68.6	24.0	31.4	4140.0	1573.20
550	24	13200	172.5	76.5	33	43.1	14	18.3	58	75.2	19.0	24.8	3277.5	1245.45
550	24	13200	172.5	76.5	37	48.4	16	20.9	56	72.6	21.0	27.4	3622.5	1376.55
550	24	13200	172.5	76.5	40	52.3	13	17.0	50	64.7	27.0	35.3	4657.5	1769.85
550	24	13200	172.5	76.5	37	48.4	13	17.0	53	68.6	24.0	31.4	4140.0	1573.20
550	24	13200	172.5	76.5	33	43.1	14	18.3	58	75.2	19.0	24.8	3277.5	1245.45
550	24	13200	172.5	76.5	37	48.4	16	20.9	56	72.6	21.0	27.4	3622.5	1376.55
550	24	13200	172.5	76.5	36	47.0	18	23.5	59	76.5	18.0	23.5	3105.0	1179.90
550	24	13200	172.5	76.5	29	37.9	19	24.8	67	86.9	10.0	13.1	1725.0	655.50
550	24	13200	172.5	76.5	28	36.6	17	22.2	66	85.6	11.0	14.4	1897.5	721.05
550	24	13200	172.5	76.5	29	37.9	22	28.8	70	90.9	7.0	9.1	1207.5	458.85
550	24	13200	172.5	76.5	29	37.9	23	30.1	71	92.2	6.0	7.8	1035.0	393.30
550	24	13200	172.5	76.5	28	36.6	24	31.4	73	94.8	4.0	5.2	690.0	262.20
550	24	13200	172.5	76.5	27	35.3	22	28.8	72	93.5	5.0	6.5	862.5	327.75
550	24	13200	172.5	76.5	29	37.9	18	23.5	66	85.6	11.0	14.4	1897.5	721.05
550	24	13200	172.5	76.5	35	45.7	29	37.9	71	92.2	6.0	7.8	1035.0	393.30
550	24	13200	172.5	76.5	39	51.0	29	37.9	67	86.9	10.0	13.1	1725.0	655.50
550	24	13200	172.5	76.5	43	56.2	33	43.1	67	86.9	10.0	13.1	1725.0	655.50
550	24	13200	172.5	76.5	44	57.5	35	45.7	68	88.2	9.0	11.8	1552.5	589.95
550	24	13200	172.5	76.5	30	39.2	16	20.9	63	81.7	14.0	18.3	2415.0	917.70
550	24	13200	172.5	76.5	32	41.8	18	23.5	63	81.7	14.0	18.3	2415.0	917.70
550	24	13200	172.5	76.5	35	45.7	15	19.6	57	73.9	20.0	26.1	3450.0	1311.00
550	24	13200	172.5	76.5	34	44.4	14	18.3	57	73.9	20.0	26.1	3450.0	1311.00
550	24	13200	172.5	76.5	33	43.1	13	17.0	57	73.9	20.0	26.1	3450.0	1311.00
550	24	13200	172.5	76.5	25	32.7	18	23.5	70	90.9	7.0	9.1	1207.5	458.85
550	24	13200	172.5	76.5	19	24.8	12	15.7	70	90.9	7.0	9.1	1207.5	458.85
550	24	13200	172.5	76.5	40	52.3	23	30.1	60	77.8	17.0	22.2	2932.5	1114.35
550	24	13200	172.5	76.5	33	43.1	12	15.7	56	72.6	21.0	27.4	3622.5	1376.55
						43.3	19	25.4	63	82.1	13.7	17.9		27858.75

**TABLA II: CONDICIONES FINALES**

EXTRUSORA CININNATTI MILACRON

PRODUCCION TON/HORA	HORAS/DIA	PRODUCCION DIARIA KILOS	PESO DE UN TUBO	NUMERO DE TUBOS POR DIA	NUMERO DE TUBOS DEFECTUOSOS	PORCENTAJE DEFECTUOSOS (1)	NUMERO DE TUBOS REPROCESADOS	PORCENTAJE DE REPROCESADOS	NUMERO DE TUBOS BUENOS	PORCENTAJE DE TUBOS BUENOS %	TUBOS ENVIADOS AL MOLINO	DE TUBOS ENVIADOS AL MOLINO	TUBOS ENVIADOS AL MOLINO	TUBOS ENVIADOS AL MOLINO
550	24	13200	172.5	76.5	3	3.9	0	0.0	74	96.1	3.0	3.9	517.5	196.65
550	24	13200	172.5	76.5	2	2.6	0	0.0	75	97.4	2.0	2.6	345	131.1
550	24	13200	172.5	76.5	5	6.5	0	0.0	72	93.5	5.0	6.5	862.5	327.75
550	24	13200	172.5	76.5	5	6.5	0	0.0	72	93.5	5.0	6.5	862.5	327.75
550	24	13200	172.5	76.5	7	9.1	0	0.0	70	90.9	7.0	9.1	1207.5	458.85
550	24	13200	172.5	76.5	3	3.9	0	0.0	74	96.1	3.0	3.9	517.5	196.65
550	24	13200	172.5	76.5	3	3.9	0	0.0	74	96.1	3.0	3.9	517.5	196.65
550	24	13200	172.5	76.5	3	3.9	0	0.0	74	96.1	3.0	3.9	517.5	196.65
550	24	13200	172.5	76.5	3	3.9	0	0.0	74	96.1	3.0	3.9	517.5	196.65
550	24	13200	172.5	76.5	3	3.9	0	0.0	74	96.1	3.0	3.9	517.5	196.65
550	24	13200	172.5	76.5	3	3.9	0	0.0	74	96.1	3.0	3.9	517.5	196.65
550	24	13200	172.5	76.5	3	3.9	0	0.0	74	96.1	3.0	3.9	517.5	196.65
550	24	13200	172.5	76.5	4	5.2	0	0.0	73	94.8	4.0	5.2	690	262.2
550	24	13200	172.5	76.5	1	1.3	0	0.0	76	98.7	1.0	1.3	172.5	65.55
550	24	13200	172.5	76.5	1	1.3	0	0.0	76	98.7	1.0	1.3	172.5	65.55
550	24	13200	172.5	76.5	1	1.3	0	0.0	76	98.7	1.0	1.3	172.5	65.55
550	24	13200	172.5	76.5	1	1.3	0	0.0	76	98.7	1.0	1.3	172.5	65.55
550	24	13200	172.5	76.5	2	2.6	0	0.0	75	97.4	2.0	2.6	345	131.1
550	24	13200	172.5	76.5	2	2.6	0	0.0	75	97.4	2.0	2.6	345	131.1
550	24	13200	172.5	76.5	1	1.3	0	0.0	76	98.7	1.0	1.3	172.5	65.55
550	24	13200	172.5	76.5	2	2.6	0	0.0	75	97.4	2.0	2.6	345	131.1
550	24	13200	172.5	76.5	1	1.3	0	0.0	76	98.7	1.0	1.3	172.5	65.55
550	24	13200	172.5	76.5	6	7.8	0	0.0	71	92.2	6.0	7.8	1035	393.3
550	24	13200	172.5	76.5	6	7.8	0	0.0	71	92.2	6.0	7.8	1035	393.3
550	24	13200	172.5	76.5	1	1.3	0	0.0	76	98.7	1.0	1.3	172.5	65.55
550	24	13200	172.5	76.5	2	2.6	0	0.0	75	97.4	2.0	2.6	345	131.1
550	24	13200	172.5	76.5	2	2.6	0	0.0	75	97.4	2.0	2.6	345	131.1
550	24	13200	172.5	76.5	1	1.3	0	0.0	76	98.7	1.0	1.3	172.5	65.55
550	24	13200	172.5	76.5	1	1.3	0	0.0	76	98.7	1.0	1.3	172.5	65.55
550	24	13200	172.5	76.5	2	2.6	0	0.0	75	97.4	2.0	2.6	345	131.1
550	24	13200	172.5	76.5	3	3.6	0	0.0	74	96.4	2.8	3.6	5637.3	2031.45

## TABLA III: EVALUACION DE COSTOS

### PROCESO DE CALENTAMIENTO

REFERENCIA	DESCRIPCION TECNICA	CANTIDAD	COSTO (US\$)	TOTAL (US\$)
P2	Cilindro Neumatico de doble efecto Diam. Piston 80 mm Diam.vastago 22 mm Pmax. trabajo 10 bar Carrera max. 300 mm. Conexión G 3/8" T. Trabajo -20 a 80 C	1	480	480
P9	Cilindro Neumatico de simple efecto Diam. Piston 60 mm Diam.vastago 18 mm Pmax. trabajo 10 bar Carrera max. 300 mm. Conexión G 3/8" T. Trabajo -20 a 80 C	1	147	147
	Valvula antirretorno estranguladora, conexión G 1/4 P max 10 bar	3	25	75
	Valvula de desaceleracion Normalmente cerrada (Valvula Temporizadora) P max. 10 bar P control min 1 bar max. 10 bar Apertura 0.....100% Conexión G 3/8" T. Trabajo -20 a 80 C	2	165	330
P6	Valvula Direccional Triple de dos vias con palanca de rodillo bi-estable (3/2) Pmax 10 bar Conexión G 3/8"	1	38.5	38.5
P1	Valvula direccional triple de dos vias accionada por rodillo y retorno por muelle (3/2) P max 10 bar Conexión G 3/8" T trabajo -20 a 80 C	1	37.5	37.5
P4	Valvula direccional Triple de dos vias accionada por rodillo y retorno por presion piloto biestable (3/2) P control min 1 bar max 10 bar Pmax 10 bar Conexión G 3/8" T trabajo -20 a 80 C	1	67.8	67.8
P10	Valvula de Impulsos-Neumatica Quintuple de 2 vias biestable (5/2) P control min 1 bar max. 10 bar T trabajo -20 a 80 C	1	147	147
<b>TOTAL</b>			<b>\$</b>	<b>1322.8</b>

## TABLA IV: EVALUACION DE COSTOS

### PROCESO DE CONFORMADO

REFERENCIA	DESCRIPCION TECNICA	CANTIDAD	COSTO US\$	TOTAL US\$
P2	Cilindro Neumatico de Doble Efecto Diam piston 80 mm Diam vastago 22 mm Pmax trabajo 10 bar Carrera max 300 mm Conexión G 3/8" T trabajo -20 a 80 C	1	480.00	480.00
P9	Cilindro Neumatico de Simple Efecto Diam piston 60 mm Diam vastago 18 mm Pmax trabajo 10 bar Carrera max 300 mm Conexión G 3/8" T trabajo -20 a 80 C	1	147.00	147.00
	Valvula antirretorno estranguladora Conexión G 1/4 P max trabajo 10 bar Flujo max 500 lt/min	3	25.00	75.00
	Valvula de desaceleracion Normalmente cerrada (Valvula temporizadora) P max 10 bar P control min 1 bar max 10 bar Apertura 0.....100% Conexión G 3/8" T trabajo -20 a 80 C	2	165.00	330.00
P6	Valvula Direccional triple de dos vias con palanca de rodillo Biestable (3/2) P max 10 bar Conexión G 3/8" T trabajo -20 a 80 C	1	38.50	38.50
P1	Valvula direccional triple de dos vias accionada por rodillo y retorno por muelle (3/2) P max 10 bar Conexión G 3/8" T trabajo -20 a 80 C	1	37.50	37.50
P4	por rodillo y retorno por presion piloto Biestable (3/2) Conexión G 3/8" P control min 1 bar max 10 bar T trabajo -20 a 80 C	1	67.80	67.80
P8	Valvula direccional triple de dos vias accionada por rodillo y retorno por muelle (3/2) P max 10 bar Conexión G 3/8" T trabajo -20 a 80 C	1	37.50	37.50
P10	Valvula de Impulsos Neumatica Quintuple de 2 vias Biestable (5/2) P control min 1 bar max 10 bar T trabajo -20 a 80 C	1	147.00	147.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$</b>	<b>1360.3</b>



## TABLA V: EVALUACION DE COSTOS

ACCESORIOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	
Manguera de 1/4" P max 10 bar Reforzada con lona 3 capas	50 mts	2.5 US\$/MT	125.00
Acople para manguera 1/4" de bronce	60 pz	.85 US\$/PZA	51.00
Abrazaderas para manguera 1/4"	60 pz	.35US\$/PZ	21.00
Pernos 3/8"x1 1/2 C/T +Arandelas	80 unid	.35US\$ UNID	28.00
Angulo de 3/16"x2"x2"	15 pz	12.2US\$ PZA	183.00
Plancha 1/4"x4x8'	2 pz	52,17US\$ PZA	104.34
Hoja de sierra 18 TPI X 1'	6 pz	1.3 US \$ PZA	7.80
Gas oxigeno	5 m3	1.88 US \$ M3	9.40
Gas acetileno	2 kg	3.5 US \$ KG	7.00
Soldadura E6011 1/8"	20 kg	1.83 US \$ KG	36.60
Otros			185.00
<b>TOTAL</b>			<b>758.14</b>

MANO DE OBRA	CANTIDAD	COSTO POR DIA	DIAS	TOTAL US\$
OPERARIOS	3 OP/DIA	5.1US \$/OP	21.00	321.30
MAESTRO	1MA/DIA	10 US\$/MA	21.00	210.00
TOTAL				531.30
<b>TOTAL US\$</b>				<b>3972.54</b>

**TABLA VI**

COSTO DE PRODUCCION DE LOS TUBOS ENVIADOS AL MOLINO CONDICIONES INICIALES	COSTO DE PRODUCCION DE LOS TUBOS ENVIADOS AL MOLINO CONDICIONES FINALES	AHORRO EN UN PERIODO DE 30 DIAS	COSTO DE IMPLEMENTACION DEL EQUIPO
27,858.75	5,637.30	22,221.45	3,972.54