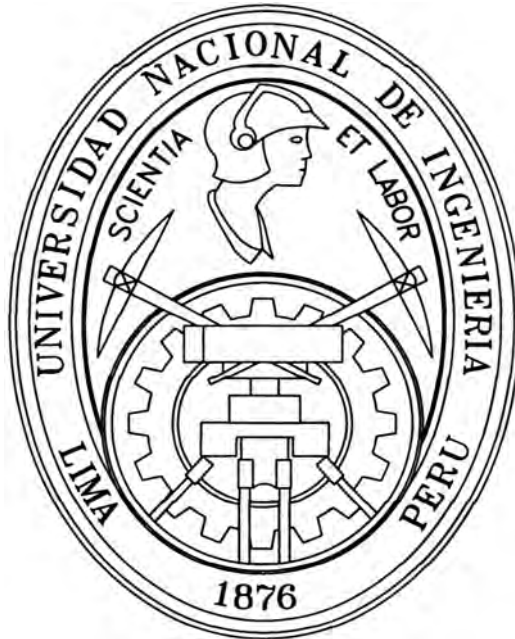


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“METODOLOGÍA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN  
DEL CONJUNTO PORTA CILINDRO PARA  
CERRADURAS”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**LUIS MIGUEL SANCHEZ BARBA**

PROMOCIÓN 1999-II

LIMA - PERU

2007

A mi madre, por darme todo  
lo que ahora soy; y a mi esposa,  
por su apoyo incondicional en  
todo momento. Y gracias a Dios  
por tenerlas.

## ÍNDICE

### LISTA DE SIMBOLOGÍA

<b>PRÓLOGO</b>	.....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>		
<b>INTRODUCCIÓN</b>	.....	<b>3</b>
1.1 Objetivo	.....	3
1.2 Alcances	.....	3
1.3 Justificación	.....	4
1.4 Limitaciones	.....	4
<b>CAPÍTULO II</b>		
<b>GENERALIDADES SOBRE PROCESOS DE FABRICACIÓN</b>	.....	<b>5</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	.....	5
2.1.1 Organigrama funcional, estructura organizacional vertical y layout	.....	6
2.2 DEFINICIONES PRELIMINARES	.....	10
2.2.1 Definición de operaciones a realizar sobre las piezas que llegan como materia prima	.....	10
2.3 MATERIA PRIMA	.....	12
2.3.1 Porta cilindro exterior (PCE)	.....	12
2.3.2 Porta cilindro interior (PCI)	.....	13
2.3.3 Llave blanca	.....	14
2.3.4 Varilla de latón	.....	15
2.3.5 Alambres de latón	.....	16
2.3.6 Alambre de acero al carbono	.....	16
2.3.7 Alambres de acero inoxidable	.....	16
2.4 PROCESO DE FABRICACIÓN	.....	17
2.4.1 Finalidad de las operaciones de torneado	.....	18
2.4.2 Finalidad de las operaciones de fresado	.....	19
2.4.3 Finalidad de las operaciones de taladrado	.....	21
2.4.4 Finalidad de las operaciones de brochado	.....	21
2.4.5 Potencia de máxima demanda	.....	23
2.4.5.1 Definiciones de términos eléctricos	.....	23
2.4.5.2 Cálculo de la potencia de máxima demanda	.....	25
2.4.5.3 Cálculo del cable alimentador principal	.....	26
2.5 MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN	.....	29
2.6 COSTOS DE PRODUCCIÓN	.....	33
2.6.1 Costos directos	.....	33
2.6.2 Costos indirectos	.....	34

## CAPÍTULO III

<b>PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA</b>	<b>.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1 DIAGRAMAS DE FLUJO DE OPERACIONES DEL CONJUNTO PORTA CILINDRO (CPC)</b>	<b>.....</b>	<b>40</b>
<b>3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS FASES DEL PROCESO</b>	<b>.....</b>	<b>44</b>
3.2.1 Fase 1: Recepción y distribución de la materia prima	.....	44
3.2.2 Fase 2: Elementos constituyentes del conjunto porta cilindro (CPC)	.....	45
3.2.2.1 Porta cilindro exterior (PCE)	.....	46
3.2.2.2 Compensadores	.....	50
3.2.2.3 Pin pasador para porta cilindro exterior (pin pasador-PCE) y pin pasador para porta cilindro interior (pin pasador-PCI)	...	51
3.2.2.4 Resortes	.....	51
3.2.2.5 Porta cilindro interior (PCI)	.....	52
3.2.2.6 Cilindro-7P y cilindro-5P	.....	56
3.2.2.7 Pines	.....	59
3.2.2.8 Llave niquelada	.....	59
3.2.2.9 Argolla metálica	.....	63
3.2.2.10 Anillo seeguer	.....	63
3.2.2.11 Anillo tridente	.....	64
3.2.2.12 Leva-PCI	.....	64
3.2.2.13 Accionador graduado	.....	64
3.2.3 Fase 3: Componentes fundamentales del conjunto porta cilindro (CPC)	.....	64
3.2.3.1 Porta cilindro exterior cargado (PCE cargado)	.....	65
3.2.3.2 Porta cilindro interior cargado (PCI cargado)	.....	66
3.2.3.3 Cilindro cargado	.....	67
3.2.3.4 Terna de llaves niqueladas	.....	68
3.2.3.5 Elementos externos	.....	69
3.2.4 Fase 4: Obtención del conjunto porta cilindro (CPC)	.....	69
<b>3.3 UTILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA</b>	<b>.....</b>	<b>70</b>
3.3.1 Máquinas para el mecanizado de las piezas porta cilindro exterior (PCE) y porta cilindro interior (PCI)	.....	71
3.3.1.1 Máquina de Vibrado-abrillantado	.....	71
3.3.1.2 Máquina suhner para porta cilindro exterior (PCE): suhner-PCE	.....	73
3.3.1.3 Máquina poly para porta cilindro exterior (PCE): poly-PCE	.....	80
3.3.1.4 Máquina suhner para porta cilindro interior (PCI): suhner-PCI nueva	.....	82
3.3.1.5 Máquina poly para porta cilindro interior (PCI): poly-PCI	.....	87
3.3.1.6 Máquina taladro-pasador	.....	88
3.3.1.7 Máquina taladro-escariador	.....	89
3.3.1.8 Máquina refrentadora	.....	90

3.3.1.9 Máquina suhner para porta cilindro interior (PCI): suhner-PCI anterior .....	91
3.3.2 Máquinas para el mecanizado de las piezas cilindro .....	93
3.3.2.1 Máquina torno automático-7P .....	93
3.3.2.2 Máquina torno automático-5P .....	95
3.3.2.3 Máquina transfer de cilindros .....	95
3.3.2.4 Máquina brochadora de cilindros .....	97
3.3.3 Máquinas para el mecanizado de las piezas llave .....	97
3.3.3.1 Máquina de perfilado .....	98
3.3.3.2 Máquina de estampado .....	99
3.3.3.3 Máquina de cifrado .....	99
3.3.4 Máquinas para el mecanizado de las piezas pines y compensadores .....	100
3.3.4.1 Máquinas tornos automáticos scomatic 1, 2 y 3 .....	101
3.3.4.2 Máquina torno automático berninghaus .....	101
3.3.4.3 Máquina de tamboreo .....	102
3.3.5 Máquinas para el mecanizado de la pieza resorte .....	103
3.3.5.1 Máquina resortera okhuno .....	103
3.3.5.2 Máquina horno eléctrico .....	104
3.4 ESTUDIO DE TIEMPOS .....	104
3.5 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL .....	106
3.6 SEGURIDAD INDUSTRIAL .....	108
3.6.1 Arreglo, aseo y orden en el interior de la planta .....	109
3.6.2 Implementos de seguridad personal .....	110
 <b>CAPÍTULO IV</b>	
 <b>APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA</b> .....	<b>113</b>
4.1 PROCEDIMIENTOS DE CONTROL .....	114
4.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD .....	126
 <b>CAPÍTULO V</b>	
 <b>INDICADORES</b> .....	<b>133</b>
5.1 INDICADOR DE RECHAZOS (Ir) .....	133
5.2 INDICADOR DE PRODUCCIÓN (Ip) .....	135
5.3 INDICADOR DE CALIDAD FUNCIONAL (Icf) .....	138
 <b>CAPÍTULO VI</b>	
 <b>ESTRUCTURA DE COSTOS</b> .....	<b>141</b>
 <b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>146</b>

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	.....	<b>147</b>
<b>Apéndice “A.”</b>	.....	<b>150</b>
Definición de operaciones a realizar sobre la materia prima fundamental		
<b>Apéndice “B”</b>	.....	<b>152</b>
Tablas:		
Tabla N° 2.1: Cuadro de cargas para la fabricación del conjunto porta cilindro (CPC)		
Tabla N° 2.2: Cuadro de cargas totales para el cálculo del cable alimentador principal		
Tabla N° 3.1: Cuadro de estudio de tiempos del proceso de fabricación de CPC – anterior		
Tabla N° 3.2: Cuadro de estudio de tiempos del proceso de fabricación de CPC – nuevo		
<b>Apéndice “C”</b>	.....	<b>159</b>
Diagramas:		
Diagrama 2.1: Diagrama de cargas de la planta		
Diagrama 2.2: Diagrama de operaciones de procesos (DOP) del CPC		
Diagrama 2.3: Diagrama de operaciones múltiple de mecanizado de las piezas PCE-PCI		

## LISTA DE SIMBOLOGIA

- **PCE:** Porta cilindro exterior.
- **PCI:** Porta cilindro interior.
- **CPC:** Conjunto porta cilindro.
- **PIN:** Pieza de latón cilíndrica torneada con terminación cónica.
- **COMPENSADOR:** Pieza de latón torneada, hay tres tipos: cilíndrico, carrete y aserrado.
- **CILINDROS:** Piezas de latón torneadas y mecanizadas, hay dos tipos: cilindro-7P y cilindro-5P.
- **CILINDRO-7P:** Cilindro con 7 agujeros donde ingresan los pines.
- **CILINDRO-5P:** Cilindro con 5 agujeros donde ingresan los pines.
- **LEVA:** Elemento zincado que va insertado en la ranura del cilindro-5P.
- **ACCIONADOR GRADUADO:** Elemento zincado que va insertado en la ranura del cilindro-7P.
- **ANILLO TRIDENTE:** Elemento de acero que asegura el accionador graduado con el cilindro-7P.
- **ANILLO SEGGER:** Elemento de acero que asegura la leva con el cilindro-5P.
- **LLAVE:** Elemento niquelado que ingresa en los cilindros y permite el giro de los mismo dentro del PCE o PCI.
- **CLAVES:** Cortes de forma triangular consecutivos en uno de los fillos del cuerpo de la llave

## PRÓLOGO

El tema del presente informe de suficiencia trata sobre la mejora a realizar en el proceso de producción del conjunto porta cilindro (CPC) a través del planteamiento y desarrollo de una metodología en el proceso de fabricación del CPC. Esta metodología se ha dividido en seis capítulos los cuales se describen a continuación:

***El Capítulo 1:*** Es la parte introductoria donde se hace mención del objetivo a conseguir con el presente informe de suficiencia; el alcance, que hace mención de los medios utilizados en la metodología del informe para lograr los objetivos trazados; las justificaciones, tanto técnica como económica de la metodología del informe y la limitación que presenta el informe de suficiencia.

***El Capítulo 2:*** En este capítulo hacemos una breve descripción de la empresa donde desarrollaremos la metodología; además se dar algunas definiciones de la materia prima a utilizar y de las operaciones de mecanizado realizadas en planta. También se hace mención del método de control de calidad realizado en el proceso de fabricación del producto y de los costos en que incurre la empresa para lograr la producción de los conjunto porta cilindro (CPC).

***El Capítulo 3:*** En éste capítulo se presenta el planteamiento y desarrollo de la metodología a través de la realización de nuevos diagramas de flujo de operaciones y de procesos; se hace una identificación y descripción de las fases del proceso y se



describen las máquinas herramienta utilizadas para la obtención de los componentes y constituyentes del producto (CPC). También se realiza el estudio de tiempos del proceso de fabricación para poder distribuir adecuadamente al personal operario. Y por último se mencionan dos puntos complementarios importantes para el logro de los objetivos que son: la capacitación y seguridad en el trabajo del personal.

**Capítulo 4:** En este capítulo se hace una aplicación de la metodología brindando las mayores facilidades operacionales y de control al personal. Además se pone en práctica el método de control de calidad usando sus herramientas estadísticas básicas para identificar y solucionar problemas en el proceso de fabricación.

**Capítulo 5:** En este capítulo se presentan los resultados obtenidos por la aplicación de la metodología mediante comparación de indicadores manejados en la empresa.

**Capítulo 6:** En este capítulo se presenta la estructura de costos de producción para la fabricación de los CPCs, además de realizar el cálculo del periodo de retorno de la inversión hecha para la adquisición de la máquina suhner-PCI nueva.

Por último se muestran tres secciones, que contienen las conclusiones del informe de suficiencia, la bibliografía y los apéndices, los cuales contienen tablas y diagramas que son parte constitutiva del informe, y además datos técnicos de las unidades de las máquinas herramienta.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 OBJETIVO**

El presente informe de suficiencia tiene por objetivo, desarrollar una metodología del proceso de fabricación del conjunto porta cilindro para cerraduras con miras a incrementar la producción, mejorar el acabado estético del conjunto porta cilindro y reducir el consumo de horas hombre y horas máquina.

### **1.2 ALCANCES**

La metodología del presente informe de suficiencia esta orientada al incremento de la producción, reducción de horas hombre y horas máquina, es por ello que se ha realizado lo siguiente: primero, la fusión de operaciones de mecanizado con la adquisición de una nueva máquina herramienta; segundo, un estudio de tiempos por máquina para poder hallar los “ *cuellos de botella* ”, es decir, las máquinas que marcan el paso de la producción; tercero, un análisis de control de calidad de productos defectuosos mediante el uso de herramientas estadísticas básicas de calidad; y cuarto, la seguridad y capacitación al personal para poder lograr los objetivos trazados.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Al desarrollar la metodología del presente informe de suficiencia se realizó el cálculo del monto de la inversión para la adquisición de la nueva máquina de mecanizado además de su respectivo periodo de retorno resultando ser este razonablemente corto, es decir, que en corto plazo se obtiene el reembolso de lo invertido. Y con el estudio de tiempos realizado en la metodología para el “diagrama de flujo de operaciones nuevo” se ha logrado elaborar un “diagrama de operaciones múltiples de mecanizado” donde se disponen desfasajes de horarios de ingreso de personal para la reducción de horas-hombre muertas, es decir, ahorro para la empresa.

### **1.4 LIMITACIONES**

La metodología del presente informe de suficiencia sólo se desarrolla y aplica en los sectores involucrados del proceso de fabricación del conjunto porta cilindro de la planta COBROSA y no para los sectores encargados del ensamble de la cerradura como producto terminado por encontrarse estas fuera de la empresa, es decir, en la planta FUMASA; sin embargo el mismo criterio de análisis se puede aplicar a todos estos sectores. Esta metodología esta referida sólo a cerraduras de sobreponer teniendo como limitante los demás tipos de cerraduras, como por ejemplo: cerraduras cilíndricas (o tubulares) y cerraduras de embutir.

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES SOBRE PROCESOS DE FABRICACIÓN**

#### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

FORTE, es una marca reconocida a nivel nacional con referente a sus productos de: cerraduras de sobreponer y candados. Su posicionamiento en el mercado nacional es bueno. Esta marca tiene su soporte técnico fabril en cinco empresas que forman un circuito cerrado de producción, las empresas que conforman la marca FORTE son:

- CAPESA (Candados Peruanos S.A.): empresa dedicada a la fundición, forjado, trefilado, troquelado, etc. de partes y piezas de cerraduras y candados.
- COBROSA (Cobre Bronce S.A.): empresa dedicada al mecanizado y ensamble del conjunto porta cilindro (CPC), además del mecanizado de partes y piezas internas de la cerradura y candado.
- FUMASA (Futura Manufact S.A.): empresa dedicada al maquinado de partes y piezas de la cerradura para su posterior ensamble y embalaje como producto terminado.
- AMMSA (Armaduría Metal Mecánica S.A.): empresa dedicada al ensamble de candados y posterior embalaje como producto terminado.
- FORCA (Forte Candados): empresa dedicada a la venta de productos terminados de cerraduras y candados.

La empresa COBROSA esta ubicada en Av. Las Torres – 393 Ate Vitarte; en su planta plantearemos, desarrollaremos y aplicaremos la metodología, pues aquí se realizan las operaciones de mecanizado y ensamble de los “componentes fundamentales” y sus respectivos “elementos constituyentes” del conjunto porta cilindro (CPC), ver sub capítulos 3.2.2 y 3.2.3, obteniéndose así el CPC como producto terminado listo para su posterior despacho a nuestro cliente interno: la empresa FUMASA, en donde se realiza el proceso de ensamble de la cerradura y obtenerla como producto final.

### **2.1.1 Organigrama funcional, estructura organizacional vertical y layout**

En el organigrama funcional se muestran los sectores que están inmiscuidos en el proceso de fabricación del conjunto porta cilindro (CPC), se muestra además con flechas direccionales lo que cada sector recibe como materia prima para ser procesado y lo que entrega dicho sector luego de su respectivo proceso, ver Figura 2.1. La metodología abarca los sectores directamente inmiscuidos en la fabricación del CPC pero siendo el sector de mecanizado (resaltado en color azul) donde se realiza un cambio fundamental, es decir, se fusionan operaciones de mecanizado en una sola máquina. En la estructura organizacional vertical se muestra los niveles jerárquicos administrativos y operativos con que cuenta la planta, ver Figura 2.2, teniendo como máxima autoridad al coordinador de operaciones de producción entre las plantas: CAPESA(materia prima)- COBROSA(mecanizado) - FUMASA(ensamble), luego al jefe de planta

COBROSA, quien tiene a su cargo: supervisores de producción, supervisor de control de calidad, encargados de sector y personal operario con sus respectivos niveles I, II y III, donde el nivel I: es el operario que puede realizar la operación y/o calibración de cualquier máquina en la planta, el nivel II: es el operario que puede realizar la operación y/o calibración de tres máquinas en la planta; y el nivel III: es el operario que realiza la operación y/o calibración de una sola máquina y además realiza labores de apoyo.

En el Layout de la empresa se puede ver los diversos sectores en la cual esta dividida la planta COBROSA, ver Figura 2.3; los sectores directamente involucrados en el proceso de fabricación del CPC son: sector de acabados superficiales químicos, sector de vibrado-abrillantado, sector de ensamble de CPC, sector de pines-resortes, sector de llaves, sector de afilado, sector de tornos automáticos y el sector de mecanizado. Además se ha resaltado de color azul las máquinas que realizan el mecanizado de los “elementos constituyentes” del conjunto porta cilindro (CPC) y de color rojo la máquina que ha sido eliminada del proceso de fabricación.

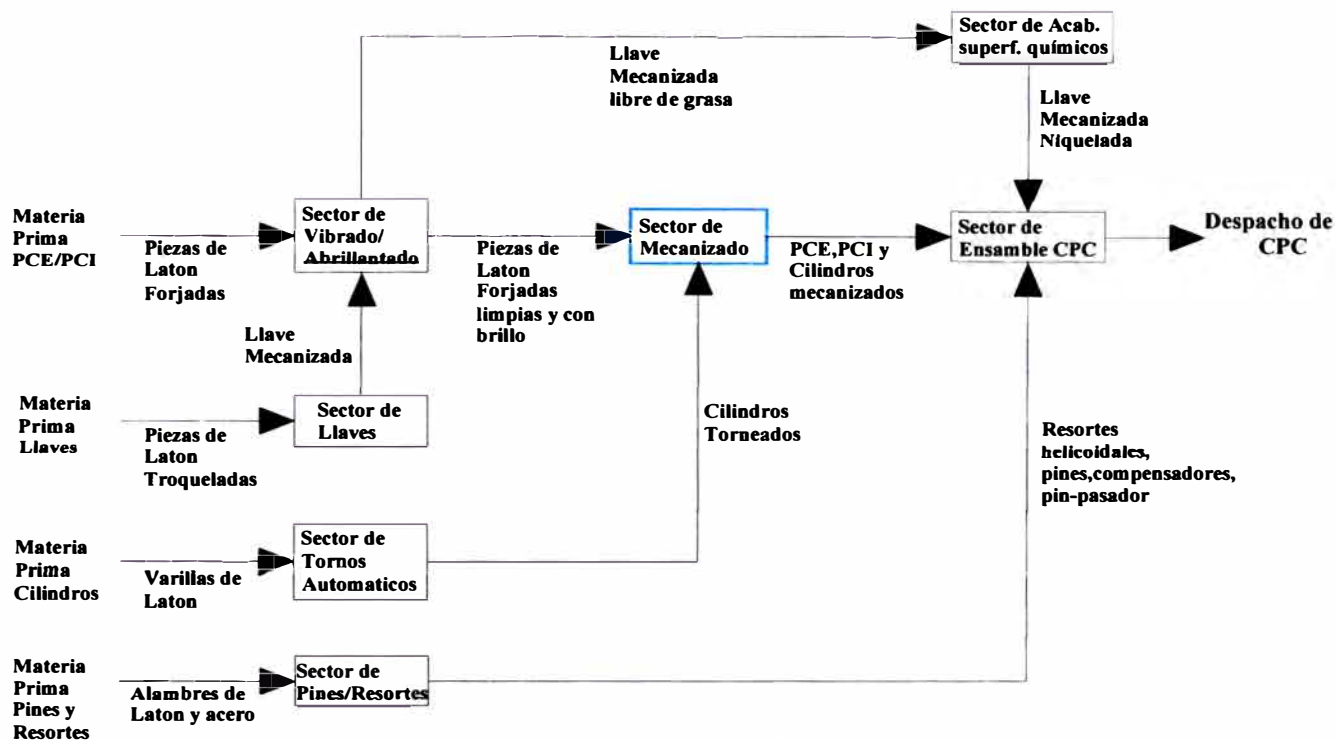


Figura 2.1: Organigrama funcional

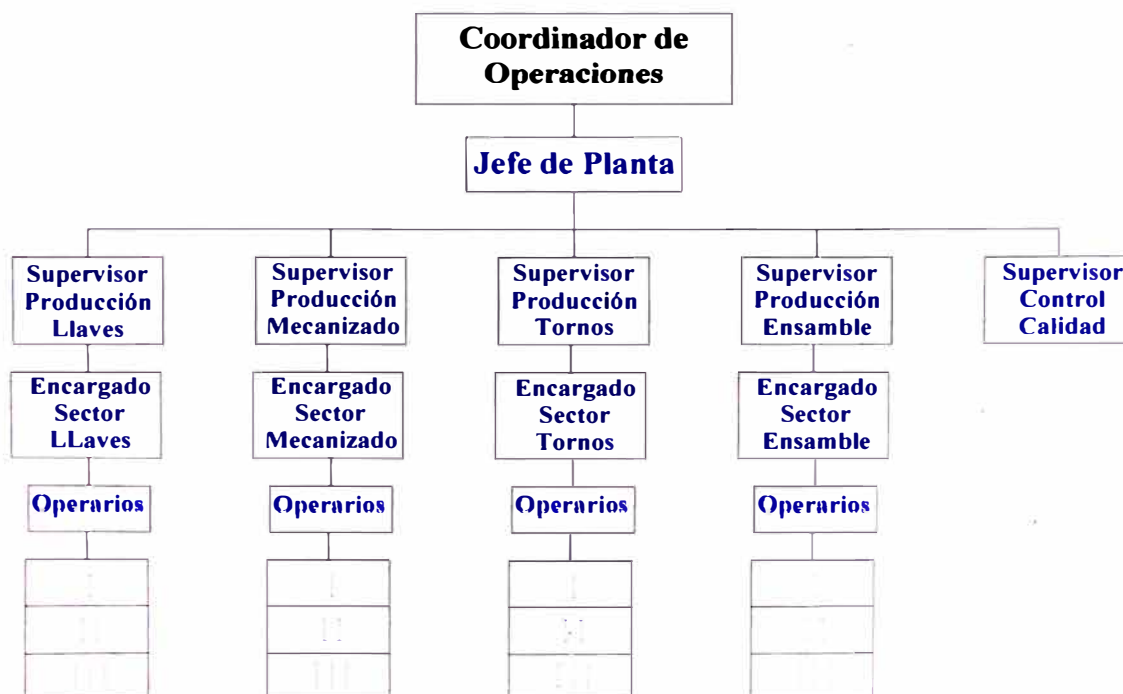


Figura 2.2: Estructura organizacional vertical



Figura 2.3: Layout de planta



## 2.2 DEFINICIONES PRELIMINARES

Las definiciones dadas a continuación están orientadas a las operaciones de mecanizado a realizar sobre las piezas de latón que llegan como materia prima a la planta de la empresa COBROSA. En el apéndice “A” se dan algunas definiciones de las operaciones a las cuales es sometida la materia prima fundamental (latón), en la planta de la empresa CAPESA, para la obtención de las piezas que vienen como materia prima.

### 2.2.1 Definición de operaciones a realizar sobre las piezas que llegan como materia prima

- **Escariar:** es la operación por la cual se agranda el diámetro de los agujeros perforados, para obtener un buen acabado interior, utilizando una herramienta de corte llamada broca escariadora. Con esta operación se realiza el escariado del agujero para ingreso de cilindros realizados en las máquinas suhner, ver Figura 3.19; esta operación también se realiza en la máquina taladro-escariador, ver Figura 3.34, para eliminar rebabas dejadas por las perforaciones de agujeros para ingreso de compensadores realizadas en las máquinas poly, ver Figura 3.25.
- **Taladrar:** es la operación por la cual se realiza una perforación con eliminación de material de una masa sólida utilizando una herramienta de corte llamada broca helicoidal; de esta manera se realiza el perforado de los agujeros para ingreso: de cilindros, compensadores y pin-pasador en las piezas porta cilindro exterior (PCE) y porta cilindro interior (PCI), ver Figura 3.18, Figura 3.25 y Figura 3.33 respectivamente.

- **Avellanar:** es la operación por la cual se realiza un ensanchamiento en el diámetro de forma de cilindro recto o tronco de cono en el extremo de una perforación utilizando una herramienta de corte llamada broca avellanadora, de esta manera se realiza el avellanado de los porta cilindro exterior (PCE) y porta cilindro interior (PCI), cuando son mecanizados en las máquinas suhner, ver Figura 3.19 y Figura 3.29.
- **Refrentar:** es la operación por la cual se desbasta y pule el material para crear una superficie plana utilizando una herramienta de corte llamada cuchilla de pastilla carburada, de esta manera se eliminan las rebabas dejadas por el forjado en las piezas PCE y PCI, ver Figura 3.15 y Figura 3.35.
- **Roscar:** es la operación por la cual se realiza una cresta helicoidal de sección uniforme en el interior de un agujero taladrado utilizando una herramienta llamada broca macho, de esta manera se realiza el roscado de los agujeros laterales en las piezas PCE y PCI, ver Figura 3.21 y Figura 3.31.
- **Perfilar:** es la operación por la cual se realiza el fresado cilíndrico (superior e inferior) simultáneo en ambos lados del cuerpo de la llave por medio de dos unidades que contienen a las fresas “perfildoras” para la obtención del perfil deseado, ver Figura 3.41.
- **Brochar:** es la operación, con arranque de viruta, por la cual se hace pasar de manera forzada (por la superficie exterior de una pieza) una herramienta llamada brocha (longitudinal o semi circular) con el fin de

obtener de manera progresiva el mismo perfil de la brocha empleada. Con la brocha longitudinal (brochado longitudinal) se genera la ranura para ingreso de la llave; y con la brocha semicircular (brochado transversal) se genera las “claves” de la llave, ver Figura 2.19 y Figura 2.20 respectivamente.

- **Torneado:** es un proceso de mecanizado en el cual una herramienta de punta sencilla remueve material de la superficie de una pieza de trabajo cilíndrica en rotación, ver Figura 3.37.

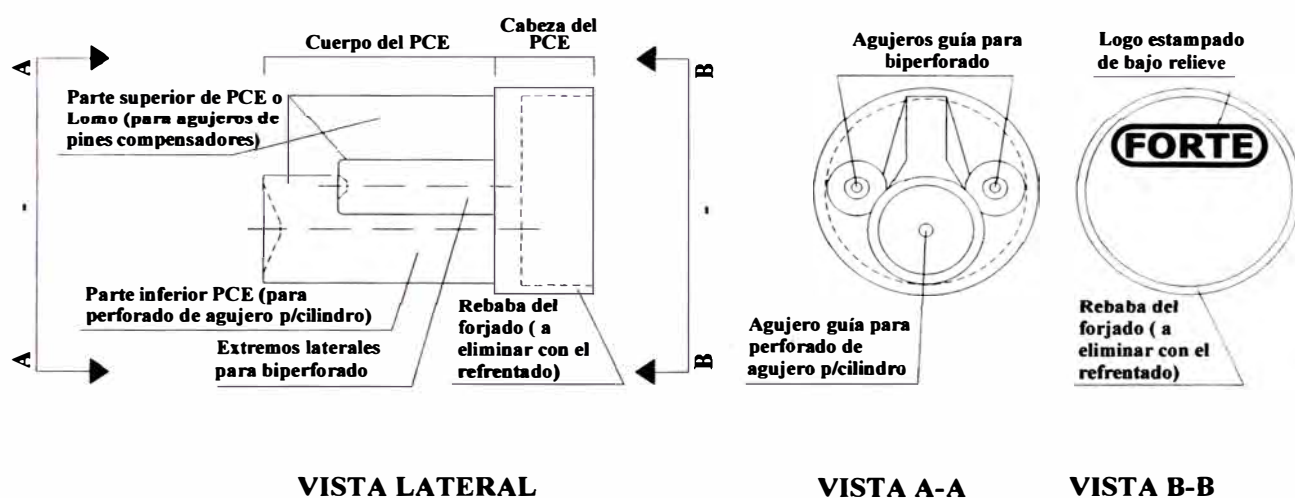
## **2.3 MATERIA PRIMA**

La materia prima principal con la cual se elaboran los “elementos constituyentes” del conjunto porta cilindro (CPC) y se conforman los “componentes fundamentales” son a base de latón cuyas designaciones dentro de la empresa son: 58.2.40 (58% de Cu, 2% Pb, 40% Zn aprox.), 63.37 (63% Cu, 37% Zn aprox.) y 59.1.40 (59% Cu, 1% Pb, 40% Zn aprox.) de acuerdo al porcentaje de cobre, plomo y zinc; algunos elementos constituyentes son de acero. A continuación se describen las formas de la materia prima de: latón procedente de la empresa CAPESA (proveedor interno), y de acero procedente de un proveedor externo.

### **2.3.1 Porta cilindro exterior (PCE)**

El porta cilindro exterior (PCE) es una pieza de latón con la designación 58.2.40, forjada con ligeras sobredimensiones en el cuerpo y una rebaba en el borde circunferencial de la cabeza, dicha pieza inicia su proceso de mecanizado en la máquina llamada suhner-PCE en la cual sufre 6

operaciones: refrentado, perforado de agujeros laterales (biperforado), perforado de agujero para ingreso de cilindro, escariado-avellanado, biselado y roscado; las características generales del PCE como materia prima ( $PCE_{\text{materia prima}}$ ) se muestran en la Figura 2.4.

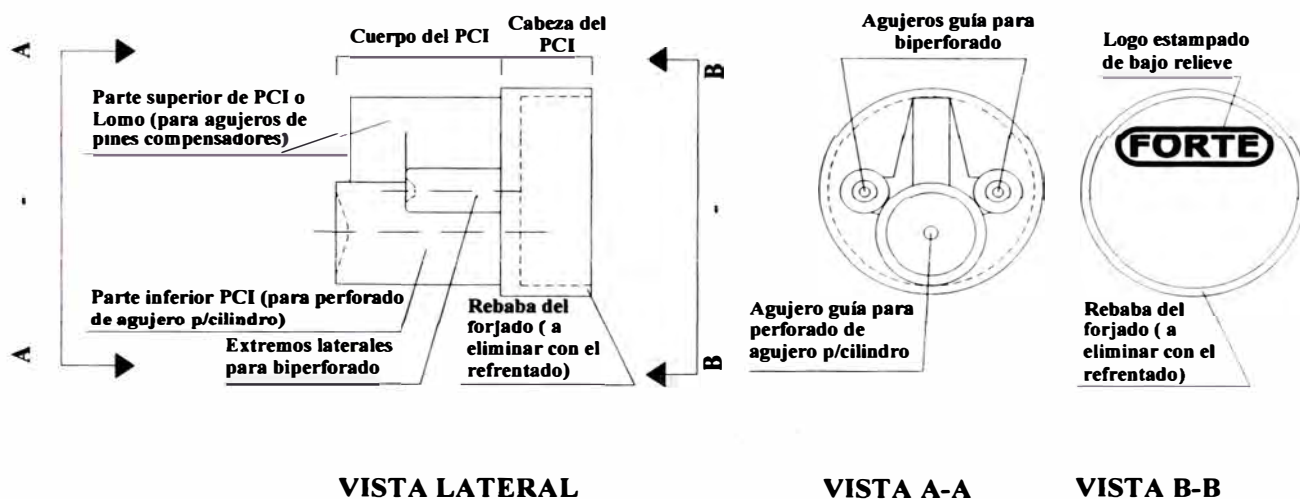


**Figura 2.4:** Porta cilindro exterior (PCE) forjado que llega como materia prima

### 2.3.2 Porta cilindro interior (PCI)

El porta cilindro interior (PCI) es una pieza de latón con la designación 58.2.40, forjada con ligeras sobredimensiones en el cuerpo y una rebaba en el borde circunferencial de la cabeza, dicha pieza iniciaba su proceso de mecanizado en la máquina llamada refrentadora, en la cual se eliminaba la rebaba de la cabeza y se pulía la cara, y continuaba su proceso de mecanizado en la máquina suhner-PCI anterior, pero con el desarrollo de la metodología el PCI inicia ahora su proceso de mecanizado en la máquina suhner-PCI nueva en la cual se fusionan las operaciones de mecanizado de las máquinas refrentadora y suhner-PCI anterior. La suhner-PCI nueva

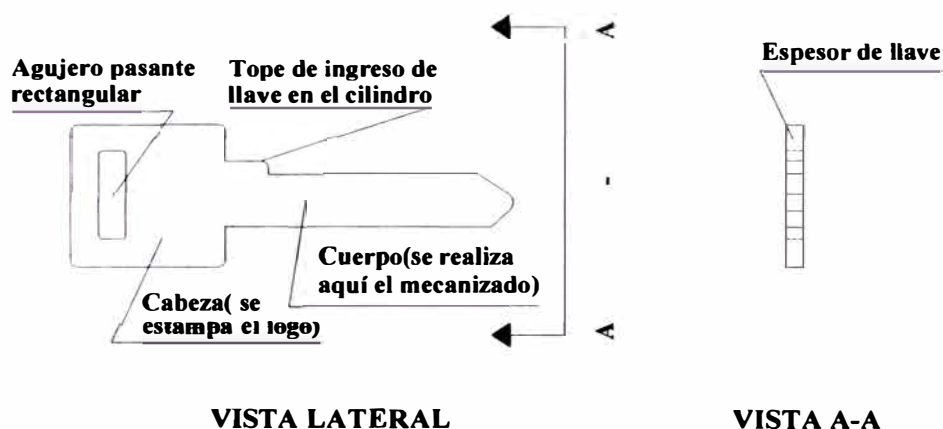
realiza las mismas seis operaciones de la máquina suhner-PCE; las características generales del PCI como materia prima (PCI<sub>materia prima</sub>) se muestran en la Figura 2.5.



**Figura 2.5:** Porta cilindro interior (PCI) forjado que llega como materia prima

### 2.3.3 Llave blanca

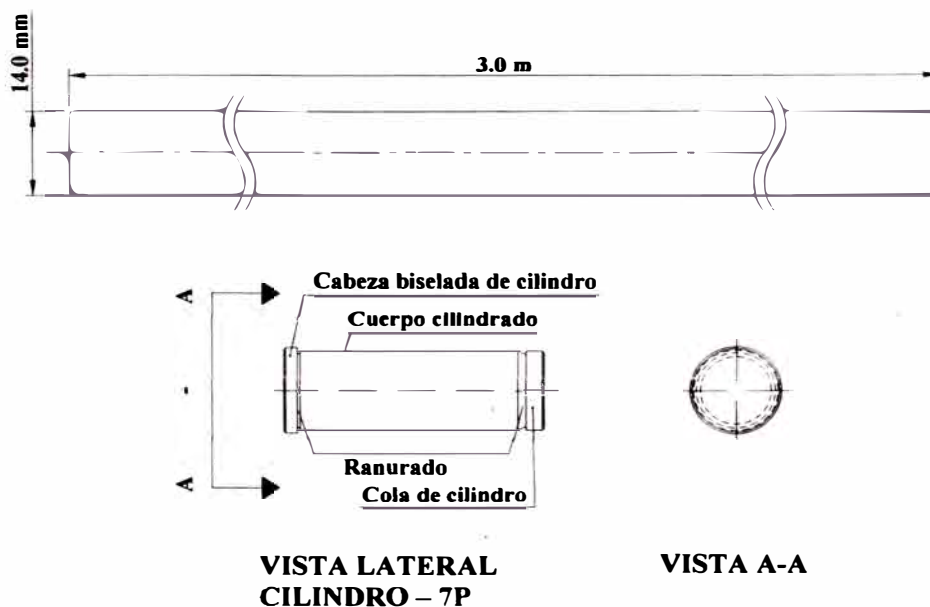
La llave es una pieza de latón plana, delgada y troquelada con la designación 59.1.40, que viene con ligeras sobredimensiones en el cuerpo, dicha pieza inicia su proceso de mecanizado en la máquina llamada perfiladora en la cual se realiza el fresado de las ranuras axiales en el cuerpo de la llave; las características generales de la llave como materia prima se muestran en la Figura 2.6.



**Figura 2.6:** Llave troquelada que llega como materia prima

### 2.3.4 Varilla de latón

La varilla de latón tiene la designación 58.2.40 y es de diámetro 14 mm x 3.00 m de longitud, dicha varilla inicia su proceso de mecanizado con la operación de torneado obteniéndose así las piezas denominadas: cilindros, ver Figura 2.7.



**Figura 2.7:** Varilla de latón de 14.0mm x 3.0 m que llega como materia prima y cilindro-7P torneado

### **2.3.5 Alambres de latón**

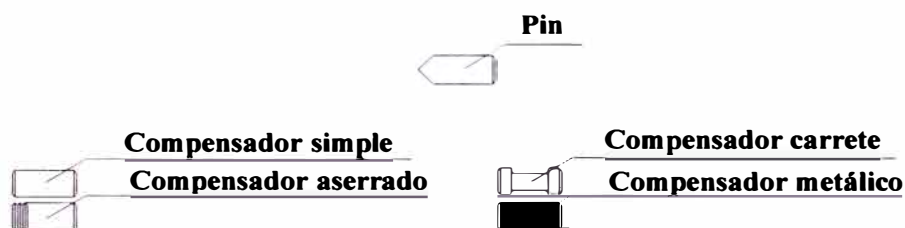
Los alambres de latón vienen en forma de bobina con la designación 63.37 y son de diámetro 2.90 mm para la obtención de las piezas pines y compensadores, ver Figura 2.8, y de diámetro 2.47 mm para la obtención de la pieza pin pasador, ver Figura 2.9. El alambre para compensadores será mecanizado en los tornos automáticos llamados scomatic 1, scomatic 2 y scomatic 3, y el alambre para pin-pasador será mecanizado en el torno automático llamado berninghaus.

### **2.3.6 Alambre de acero al carbono**

El alambre de acero al carbono viene en forma de bobina y es de diámetro 2.90 mm para la obtención de la pieza compensador metálico, ver Figura 2.8. Este alambre será mecanizado en el torno scomatic 3.

### **2.3.7 Alambres de acero inoxidable**

Los alambres de acero inoxidable vienen en forma de bobina y carrete, son de diámetro 1.00 mm para la obtención de la pieza argolla, ver Figura 2.11, y de diámetro 0.25 mm para la obtención de la pieza resorte, ver Figura 2.10. El alambre para argolla será mecanizado en una unidad de la máquina de cifrado de llaves, y el alambre para resorte será mecanizado en la máquina llamada resortera okhuno.



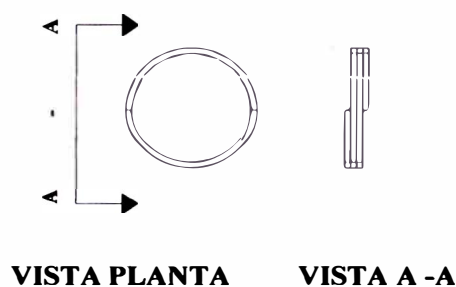
**Figura 2.8:** Pin y tipos de compensadores



**Figura 2.9:** Pines pasador para PCE y PCI



**Figura 2.10:** Resorte para compresión de compensadores



**Figura 2.11:** Argolla de acero de tres arrollamientos

## 2.4 PROCESO DE FABRICACIÓN

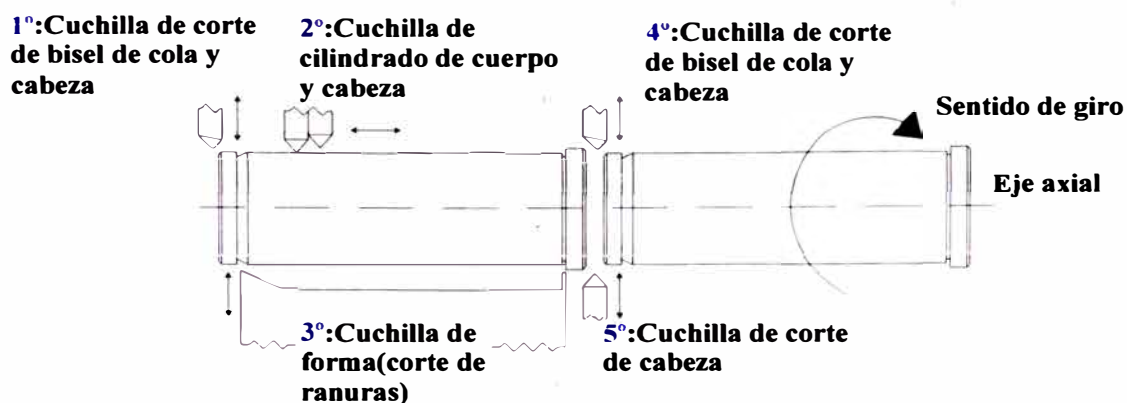
En el proceso de fabricación de los conjunto porta cilindros (CPC<sub>s</sub>) se realizan varias operaciones de mecanizado como: torneado, fresado, taladrado y brochado, teniendo estas operaciones como objetivo conjunto producir los “elementos constituyentes” del CPC para que luego de varias operaciones manuales se obtengan los “componentes fundamentales”. La finalidad de las operaciones de mecanizado mencionadas se describe a continuación.



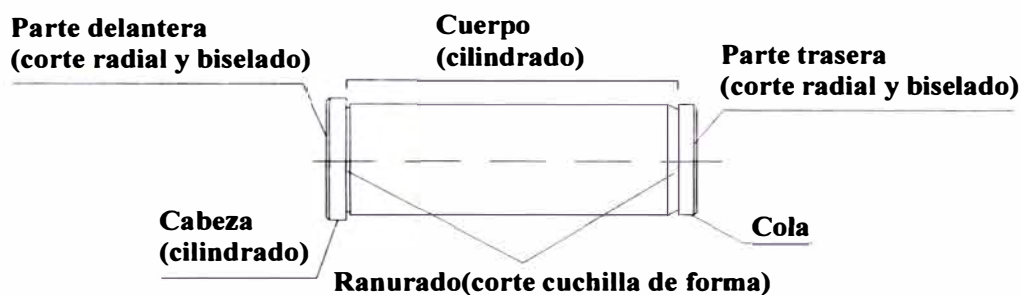
### 2.4.1 Finalidad de las operaciones de torneado

La finalidad de las operaciones de torneado realizado en los tornos automáticos horizontales de eje de levas que se emplean en planta es la de producir uno de los “elementos constituyentes” del CPC que es la pieza denominada cilindro, hay dos tipos de cilindro: cilindro-5P y cilindro-7P, ver Figura 2.14. Estos cilindros constan de tres partes: cabeza, cuerpo y cola, ver Figura 2.13.

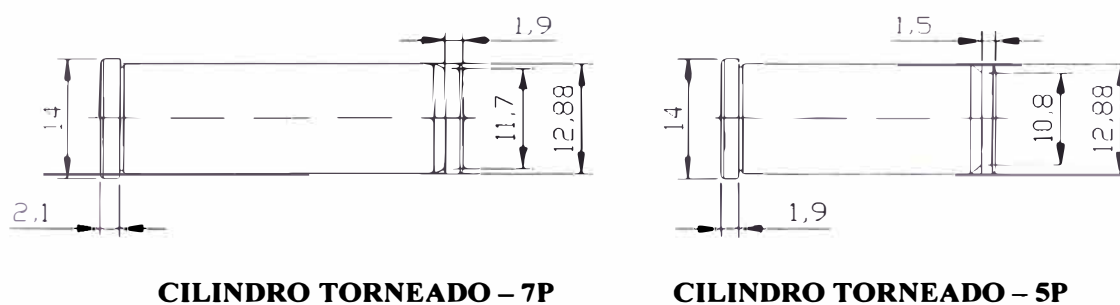
Para el torneado de esta pieza cilindro el torno realiza las siguientes operaciones: primero: realiza el biselado y corte de la parte trasera (lado de la cola), segundo: realiza el cilindrado del cuerpo y cabeza mediante dos cuchillas juntas a desnivel, tercero: realiza el corte de ranuras en los extremos del cuerpo con una cuchilla de forma definiéndose así la cabeza y cola, cuarto: realiza el biselado de la cabeza, y quinto: realiza el corte de la parte final de la cabeza; en todas estas operaciones como bien se sabe la pieza es la que gira continuamente sobre su eje axial y las cuchillas ingresan radial y/o axialmente sobre la pieza para realizar el corte tal como se muestra en la Figura 2.12.



**Figura 2.12:** Ingreso numerado de cuchillas de corte en el torneado de la varilla de latón de diámetro 14.00 mm para la obtención de la pieza cilindro



**Figura 2.13:** Partes de la pieza cilindro torneada



**Figura 2.14:** Tipos de pieza cilindro torneada

#### 2.4.2 Finalidad de las operaciones de fresado

La finalidad de las operaciones de fresado realizado por unidades de máquina es producir ranuras a lo largo del diámetro en la cabeza y cola de la pieza cilindro torneada; y también ranuras axiales a lo largo del cuerpo de la pieza llave (como materia prima). El fresado de la cabeza y cola de las piezas cilindro es mediante fresas en forma de discos dentados llamados sierras para metal; para el fresado de la cabeza, la sierra tiene un avance perpendicular al eje axial del cilindro, y para el fresado de la cola la sierra tiene un avance paralelo al eje axial del cilindro, ver Figura 2.16 y Figura 2.17. El fresado del cuerpo de la llave es mediante fresas perfiladoras (perfil continuo) a lo cual se le denomina perfilado de la llave, ver Figura 2.15.

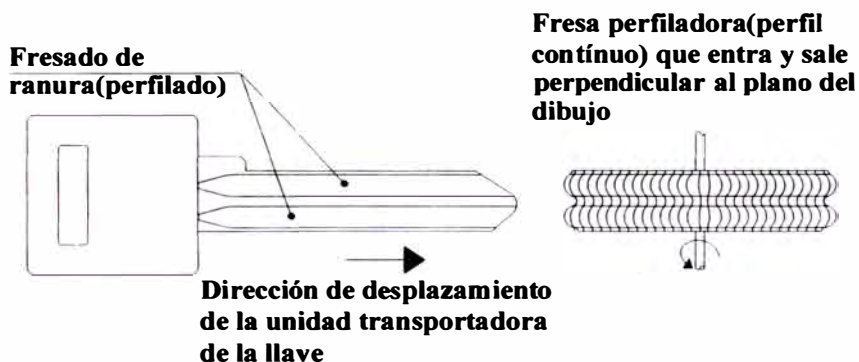


Figura 2.15: Vista de planta de llave e ingreso de fresa perfiladora

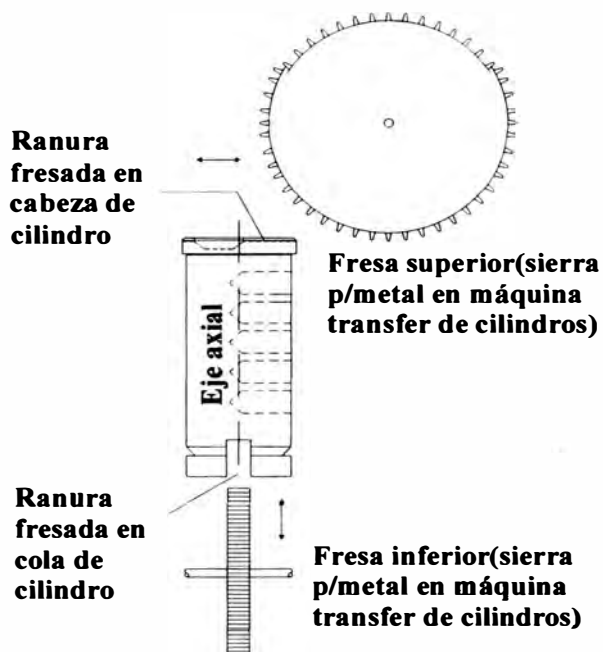


Figura 2.16: Vista vertical de cilindro e ingreso de fresas (sierra para metal)

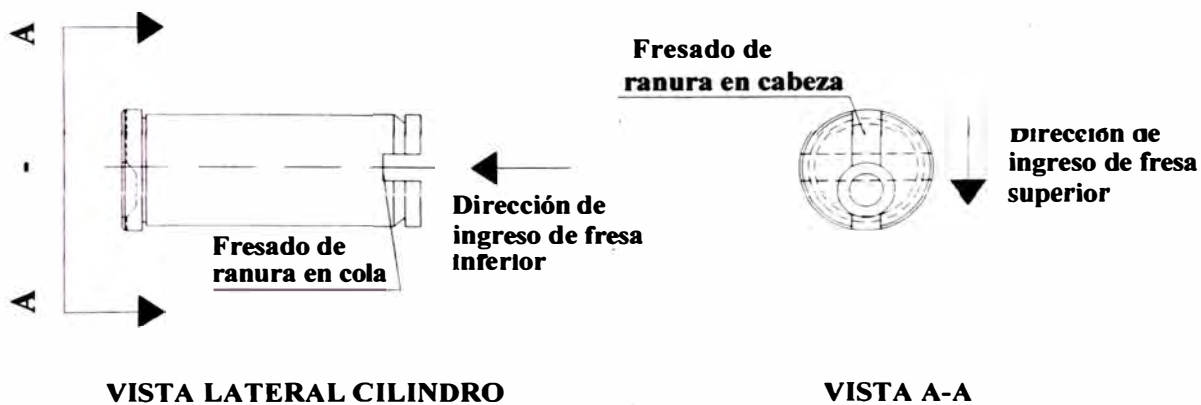
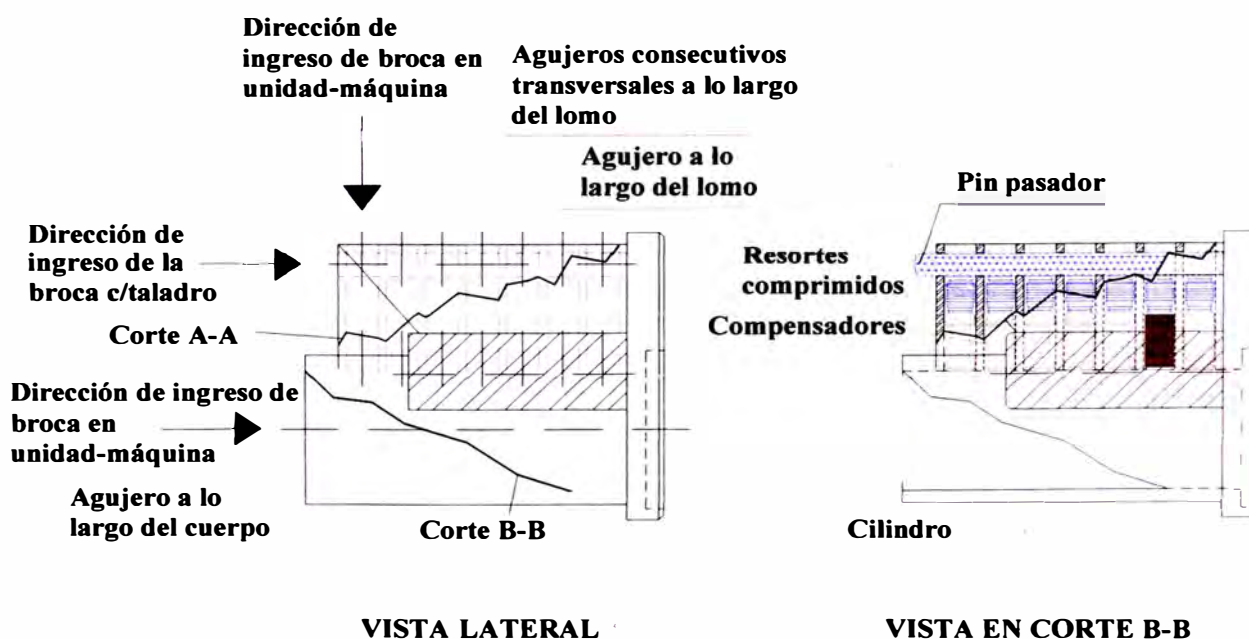


Figura 2.17: Ranuras fresadas en la cabeza y cola de la pieza cilindro

### 2.4.3 Finalidad de las operaciones de taladrado

La finalidad de las operaciones de taladrado realizados en un taladro vertical manual y en unidades de máquina es producir un agujero a lo largo del cuerpo, varios agujeros consecutivos y transversales al lomo, y un agujero a lo largo del lomo en las piezas PCE y PCI. El agujero producido a lo largo del cuerpo permite el ingreso de los cilindros. Los agujeros consecutivos transversales producidos a lo largo del lomo alojan a los resortes y compensadores; y el agujero producido a lo largo del lomo aloja a los pines pasadores, cuya función es impedir que los resortes salgan disparados por la presión ejercida de los compensadores, ver Figura 2.18.

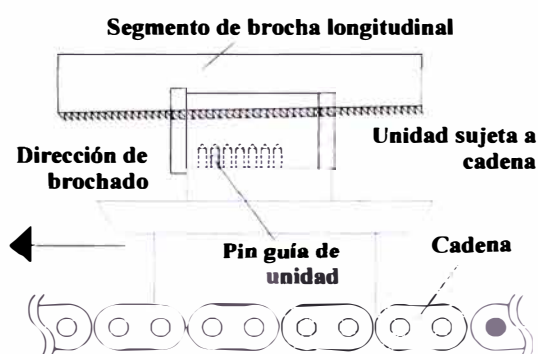


**Figura 2.18:** Vista lateral del PCE y sus agujeros taladrados

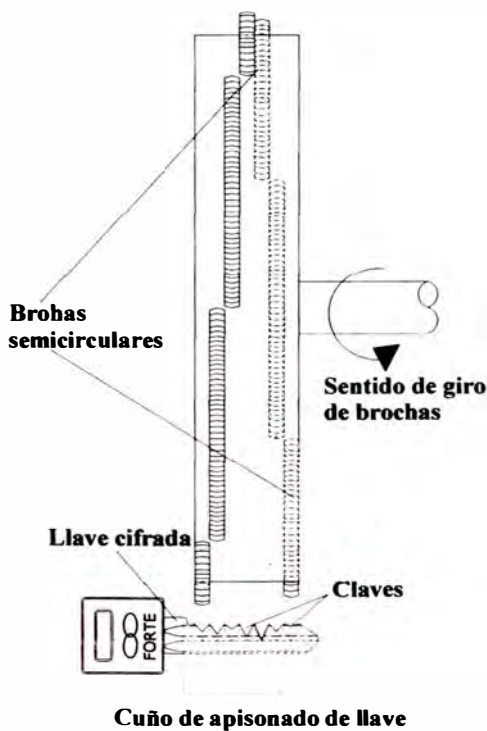
### 2.4.4 Finalidad de las operaciones de brochado

La finalidad de las operaciones de brochado realizadas en las máquinas brochadora de cilindros y cifradora de llaves es producir: en la

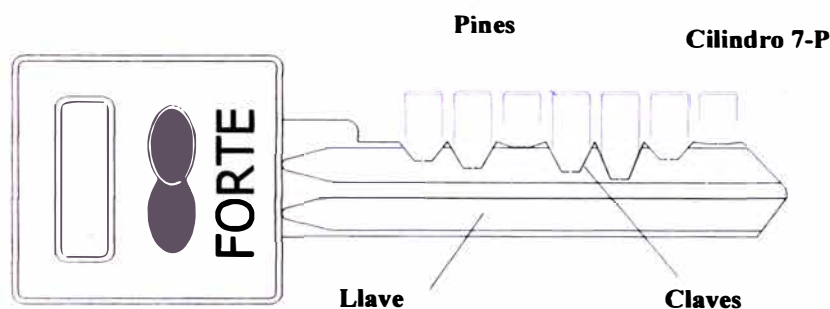
brochadora, una ranura axial (con el mismo perfil de la llave) a lo largo del cuerpo del cilindro, sirviendo esta ranura de ingreso para la llave, ver Figura 2.19; en la cifradora, cortes consecutivos triangulares “claves” y transversales a uno de los filos del cuerpo de la llave, ver Figura 2.20, sirviendo estas “claves” de alojamiento para los pines una vez la llave dentro del cilindro, ver Figura 2.21.



**Figura 2.19:** Vista lateral de cilindro durante su operación de brochado longitudinal



**Figura 2.20:** Vista de planta de la llave durante su operación de brochado transversal



**Figura 2.21:** Vista lateral en corte de un cilindro-7P con una llave cifrada que aloja los pines

#### **2.4.5 Potencia de máxima demanda**

Para la fabricación del conjunto porta cilindro (CPC) se realizan varias operaciones de mecanizado y estas son realizadas por varias máquinas distribuidas en toda la planta, estas máquinas consumen una cierta cantidad de potencia eléctrica siendo esta variable durante todo el periodo de funcionamiento, teniendo como valor máximo la potencia denominada “potencia de máxima demanda”. A continuación se dan algunas definiciones de términos eléctricos.

##### **2.4.5.1 Definiciones de términos eléctricos**

Antes de pasar a calcular la potencia de máxima demanda daremos algunas definiciones de términos eléctricos a usar en dicho cálculo como:

- **Corriente eléctrica;** es la cantidad de carga eléctrica que pasa a través de una sección transversal del alambre conductor por unidad de tiempo expresado en *amperios (A)*.
- **Voltaje eléctrico:** es la diferencia de potencial que existe entre dos puntos de un campo eléctrico expresado en *voltios (V)*.

- **Potencia eléctrica:** es el trabajo que realiza el campo eléctrico sobre la unidad de carga eléctrica positiva para transportarla desde un punto a otro expresada en *watt (W)*.

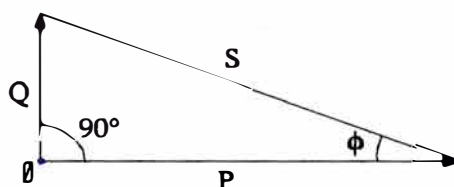
La fórmula de potencia eléctrica para un circuito monobásico de corriente alterna es:

$$P = I \cdot V \cdot \cos \phi$$

La fórmula de potencia eléctrica para un circuito trifásico de corriente alterna es:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \cos \Phi$$

- **Factor de potencia:** es el coseno del ángulo que forman la potencia activa  $P$  y la potencia aparente  $S$  en el triángulo de potencias, de un circuito de corriente alterna.



*Triangulo de Potencias*

Del triángulo de potencias se tiene que:

- **S:** *Potencia aparente (VA)*; es la suma de la energía que disipa un circuito en forma de calor o trabajo mas la energía utilizada para la formación de campos eléctricos o magnéticos de sus componentes.
- **P:** *Potencia activa (W)*; es la capacidad de un circuito de realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo; esta potencia es la realmente consumida por los circuitos.
- **Q:** *Potencia reactiva (VAR)*; solo aparece en los circuitos donde existe bobinas o condensadores no produciendo trabajo útil, por lo que se le denomina una potencia *desvatada* (no produce vatios).
- **Factor de máxima demanda:** es el numero adimensional que resulta de la relación entre la Potencia de máxima demanda y la Potencia instalada.
- **Potencia instalada:** es la sumatoria de todas las potencias nominales que se encuentran dentro de un domicilio o planta industrial.
- **Potencia máxima demanda:** es el valor pico de la variación en el consumo de potencia eléctrica durante las horas de trabajo.

### 2.4.5.2 Cálculo de la potencia de máxima demanda

La planta cuenta con numerosas máquinas que poseen motores generalmente trifásicos y cuyo voltaje de alimentación es 220 V, el grupo de máquinas que realiza el mecanizado de los “elementos constituyentes” del conjunto porta cilindro (CPC) se muestran en el cuadro de cargas de la tabla N° 2.1, ver apéndice “B”.

Según el Código Nacional de Electricidad (C.N.E.) tenemos:

$$f.m.d. = \frac{P.M.D.}{P.I.} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

f.m.d. : Factor de máxima demanda.

P.I. : Potencia instalada.

Consideraciones a tomar:

f.m.d.= 0.7 : Factor de máxima demanda para toda la planta

$\eta = 0.9$  : Eficiencia para todos los equipos

Para el cálculo de la Potencia Instalada tenemos:

$$P.I.(KW) = \frac{0.746 * \sum HP_i}{\eta} + KW_{Horno + Alumbrado} \dots(2)$$

Del cuadro de cargas eléctricas de la tabla N° 2.1 tenemos:

$$\sum HP_i = 152.75 \text{ HP}$$

$$KW_{Horno + Alumbrado} = 18.4 \text{ KW}$$

Reemplazando valores en la expresión (2) tenemos:

$$P.I.(KW) = 145.01 \text{ KW (Potencia Instalada)}$$

Y con este valor en la expresión (1) tenemos que la potencia de máxima demanda utilizada para la fabricación de los CPC<sub>s</sub> es:

$$P.M.D.(KW) = 101.51 \text{ KW (Potencia de máxima demanda)}$$



### 2.4.5.3 Cálculo del cable alimentador principal

Dado que la planta viene funcionando unos 38 años aproximadamente ininterrumpidamente se plantea el reemplazo del cable de alimentación principal por ser este el de mayor antigüedad y estar expuesto a mayor desgaste (recalentamiento) por el uso. En el “diagrama de cargas de la planta”, ver diagrama 2.1 del apéndice “C”, se muestra la distribución de cargas de la planta y el cable alimentador “F1” (resaltado en color azul) a calcular. Para el cálculo del cable alimentador principal necesitamos calcular primero la potencia de máxima demanda de la planta y su respectiva corriente.

Consideraciones adicionales a tomar:

$\text{Cos}\Phi = 0.92$  : Factor de potencia de la carga  
 Tipo de Cable THW: Temperatura máxima de operación del cable es de  $75^{\circ}\text{C}$

Del cuadro de cargas eléctricas totales de la tabla N° 2.2, ver apéndice “B”, tenemos:

$$\Sigma \text{HP}_i = 237.0 \text{ HP}$$

$$\text{KW}_{\text{Horno} + \text{Alumbrado}} = 18.4 \text{ KW}$$

Reemplazando valores en la expresión (2) tenemos:

$$\text{P.I.}_{(\text{KW})} = 214.85 \text{ KW (Potencia Instalada de la planta)}$$

Y con este valor en la expresión (1) tenemos:

$$\text{P.M.D.}_{(\text{KW})} = 150.40 \text{ KW (Potencia de máxima demanda de la planta)}$$

De los valores de las potencias de máxima demanda se puede determinar que el 67.5 % ( $101.51 \text{ KW} / 150.4 \text{ KW} = 0.675$ ) de la potencia de máxima demanda de la planta es utilizada para el proceso de fabricación de los conjuntos porta cilindros (CPCs).

Para el cálculo de la corriente de máxima demanda de la planta tenemos:

$$I_{(MD)} = \frac{P.M.D.planta}{\sqrt{3} * V * \text{Cos}\Phi} \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

$$V = 220V$$

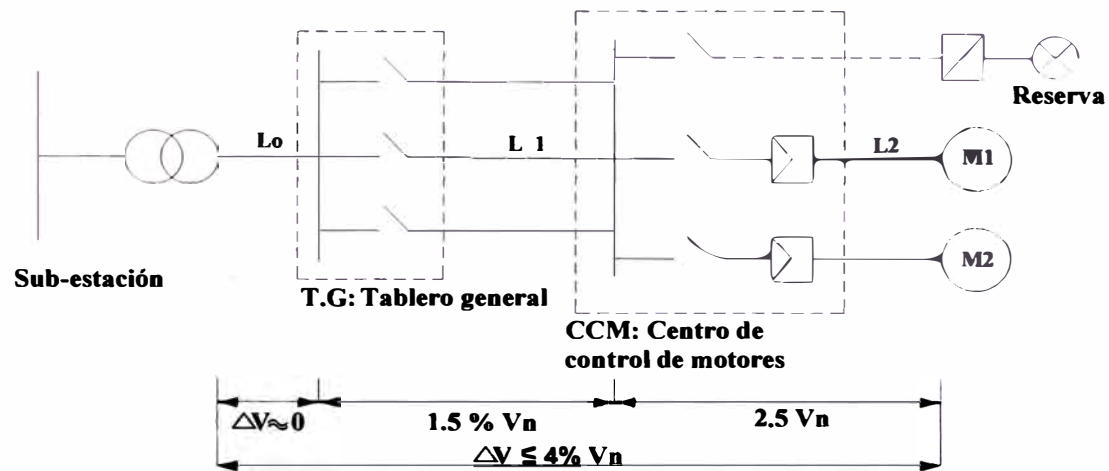
Reemplazando valores de la potencia máxima demanda y voltaje en la expresión (3) tenemos:

$$I_{(MD)} = 429.00 A \text{ ( Corriente de máxima demanda)}$$

Con el valor de  $I_{(MD)} = 429.00 A$  y con la Tabla 4-V del CNE. se tiene que la terna de conductores tipo THW a usar en el cable alimentador principal es:

**F1: 3 – 1x 400 mm<sup>2</sup> con capacidad de 490 Amperios.**

Para estar seguros que la selección del cable alimentador principal “F1” es la correcta realizamos también el cálculo de alimentadores por caída de tensión el en cual según el Código Nacional de Electricidad (CNE) la caída de tensión total desde la sub-estación hasta el punto mas alejado del circuito debe ser  $\Delta V \leq 4\% V_n$ , y  $\Delta V \approx 0$  desde la sub estación hasta el tablero general, donde  $\Delta V$  es la caída de tensión y  $V_n$  es el voltaje nominal, esto se representa en forma esquemática en la Figura 2.22.



**Figura 2.22:** Diagrama de cargas para caída de tensión

En el esquema de la Figura 2.22 la longitud “Lo” del cable representa para nuestro caso la longitud del cable alimentador principal “F1”.

Entonces, según el Código Nacional de Electricidad (CNE) para el cálculo de caída de tensión en cables tenemos:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I_n \cdot L (\Gamma_{\text{fase}} \cdot \cos\Phi + X_{\text{fase}} \cdot \text{Sen}\Phi) \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

$I_n$ : Corriente de máxima demanda ( $I_{(MD)}$ ).

$L$ : Longitud del cable desde la sub estación hasta en tablero general.

$\Gamma_{\text{fase}}$ : Resistencia lineal del conductor ( $\Omega/\text{Km}$ ).

$X_{\text{fase}}$ : Reactancia lineal del conductor ( $\Omega/\text{Km}$ ).

Como se trata de un cable THW la resistencia lineal  $\Gamma_{\text{fase}}$  se calcula a 75°C de la siguiente manera:

$$\Gamma_{\text{fase}} = \Gamma_{75^\circ\text{C}} = \Gamma_{20^\circ\text{C}} (1 + \alpha (t - t_0)) \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

$\alpha$  : Coeficiente térmico de resistencia a 20°C ( $^\circ\text{C}^{-1}$ ).

$t$  : temperatura máxima de operación del conductor ( 75°C).

$t_0$  : temperatura ambiente ( 20°C).

De Tablas INDECO:  $\Gamma_{20^\circ\text{C}} = 0.0470 \Omega/\text{Km}$

De Tabla 2 – II del C.N.E.:  $\alpha = 0.00393 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Reemplazando valores en la expresión (5) :

$$\Gamma_{\text{fase}} = 0.05716 \Omega/\text{Km}$$

De Tablas INDECO:  $X_{\text{fase}} = 0.09385 \Omega/\text{Km}$

Tenemos:

$$\text{Cos}\Phi = 0.92. \text{ entonces: } \text{Sen}\Phi = 0.39$$

$$L = 20 \text{ m} = 0.020 \text{ Km y}$$

$$I_n = I_{(\text{MD})} = 429.00 \text{ A}$$

Reemplazando valores en la expresión (4):

$$\Delta V = 1.33 \text{ V}$$

Por lo tanto:

$$\% \Delta V = \frac{1.33}{220} \times 100$$

$$\% \Delta V = 0.60\% \text{ (Porcentaje de caída de tensión)}$$

Puesto que  $\% \Delta V \approx 0$ , esto cumple con las condiciones del cálculo de alimentadores por caída de tensión, y con ello estamos asegurando que la selección del cable alimentador es la correcta.

## 2.5 MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN

El control de calidad en el proceso de fabricación se realiza a través de muestreo continuo en los sectores de mecanizado y de ensamble. Las operaciones a controlar en el sector de mecanizado son el de las piezas: PCE, PCI, Cilindros y Llaves, el control de estas operaciones es de forma cuantitativa, es decir, se registran medidas y se comparan con las tolerancias de sus respectivos procedimientos de control de mecanizado. En tanto, el control de las operaciones en el sector de ensamble se realizan en forma cualitativa, es decir, se hacen pruebas de inspección,

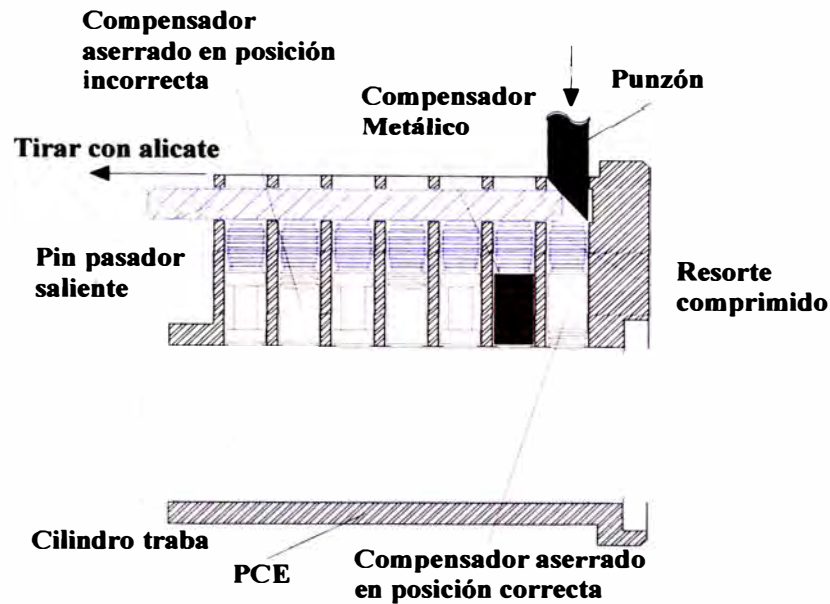
estas pruebas de inspección se realizan a las operaciones de: cargado de compensadores en los PCE y PCI, y al anillado del CPC.

El control de las piezas PCE y PCI se realiza mediante el registro de medidas en las operaciones de mecanizado de las máquinas: suhner y poly respectivos, y en el taladro-pasador; mientras que el de las piezas cilindro-7P y cilindro-5P se da en las máquinas: tornos automáticos respectivos, transfer de cilindros y brochadora de cilindros; y por último el control de la pieza Llave se da en las máquinas: perfiladora y cifradora, adicionalmente a esta pieza se le realiza una prueba de adherencia de película en el proceso de niquelado. La prueba de adherencia se realiza rayando la llave niquelada con una cuchilla y como resultado satisfactorio de la prueba debe quedar una marca de rayado sin signos de despostillamiento de la capa de níquel, ver Figura 2.24.

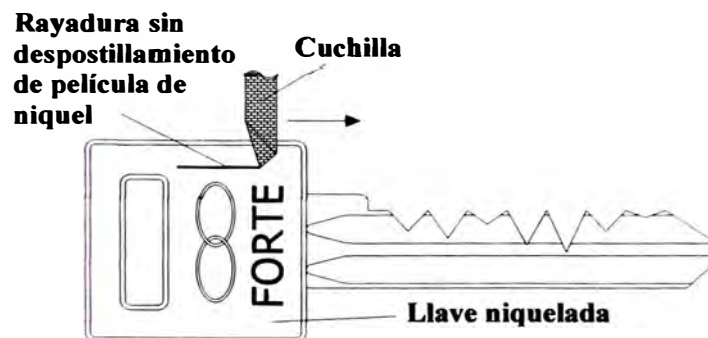
Ante cualquier registro de medida fuera de las tolerancias de los procedimientos de control se procede a parar la máquina y solicitar su recalibración.

La prueba de inspección de la operación de cargado de compensadores se realiza retirando el pin-pasador remachado a través de la introducción de un punzón y extrayendo cuidadosamente los resortes y compensadores para poder observar su correcta orientación de cargado, ver Figura 2.23. Y el control del anillado se realiza tomando el CPC y probando el ingreso y salida fácil de la llave además del giro suave del cilindro tanto en el PCE como en el PCI.

Además, el método de control de calidad de esta metodología de fabricación introduce el uso de las herramientas estadísticas básicas de calidad como: diagramas de Pareto y diagramas de Causa – efecto o también llamado “diagramas de espina de pescado” para solucionar problemas de calidad que se puedan presentar en planta.








**Figura 2.23:** Prueba de inspección de cargado de compensadores en el PCE



**Figura 2.24:** Prueba de adherencia de película de níquel en llave

Para tener una idea más clara de las operaciones realizadas en la fabricación del conjunto porta cilindro (CPC) de la metodología se presenta el “diagrama de operaciones de los procesos” (DOP) en la cual constan todas las operaciones realizadas para la obtención del CPC como producto final de la planta, ver diagrama 2.2 del apéndice “C”.

Los símbolos utilizados en el “diagrama de operaciones de los procesos” son los siguientes:

-  : Un círculo significa “operación”. Se elabora el objeto y con ello se lo modifica de algún modo.
-  : Una flecha significa “inserción” de un elemento acabado en el proceso de producción.
-  : Un círculo encerrado por un cuadrado significa “operación y control”. Se registran medidas y de acuerdo a ello se realizan los ajustes necesarios.
-  : Un cuadrado abierto con un semicírculo abierto y unidos significa “almacenamiento provisional por razones de proceso”.
-  : Un triángulo invertido significa “almacenamiento”. En oposición al “almacenamiento provisional” aquí el objeto (de acuerdo con el sistema de almacenamiento con que se cuente) es registrado y administrado sistemáticamente.

Del diagrama de operaciones de los procesos (DOP) podemos observar que se tienen un total de 56 operaciones entre manuales, maquinados y de control para la obtención del conjunto porta cilindro (CPC). De estas 56 operaciones: 5 son operaciones complementarias las cuales están ubicadas en la parte superior del diagrama y corresponden al mecanizado de los “elementos constituyentes” mas pequeños del conjunto porta cilindro (CPC) y las 51 operaciones restantes pertenecen al mecanizado de los demás “elementos constituyentes” y conformado de estos para la obtención, primero, de los “componentes fundamentales” y finalmente, del CPC como producto terminado; de estas 51 operaciones se tiene: 33 son operaciones entre manuales y maquinadas (coloreadas de celeste), 18 son operaciones de maquinado y control a la vez (coloreadas de rojo) estos controles se realizan de forma cuantitativa o cualitativa según sea el caso; por último tenemos 6 almacenamientos provisionales propios del proceso y un almacenamiento general de los CPC, listos para su despacho.

## 2.6 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para la producción de los conjuntos porta cilindros (CPC) se realiza la compra de materia prima, y a través de trabajo ya sea manual o mecanizado se le realiza la transformación para la obtención del CPC como producto final. Debido a la compra de materia prima y a la transformación de la misma para la obtención de un producto final la empresa incurre en gastos, es decir, *costos de producción*. La suma de todos los costos para la producción del CPC se denomina *costo total de producción*. El costo total de producción se divide en: costos directos y costos indirectos.

### 2.6.1 Costos directos

Los costos directos llamados también costo primo o primer costo; comprende la mano de obra directa y materiales directos.

El *material directo* o también llamado materia prima directa está constituido por todos aquellos materiales que forman parte integral del producto final, como por ejemplo el latón, bobinas de alambre y accesorios de fierro y acero.

La *mano de obra directa* es aquella que se paga por variar o alterar la composición o constitución de la materia prima que constituye el producto final, aquí se encuentran los sueldos del personal operario de planta.



### 2.6.2 Costos indirectos

Los costos indirectos comprenden la mano de obra indirecta, los materiales indirectos, otros gastos indirectos, gastos administrativos y financieros.

La *mano de obra indirecta* es aquella que no afecta ni la composición ni la constitución del producto final, también se le denomina no productiva, aquí se encuentran los sueldos del jefe de planta, supervisores, personal de limpieza, etc.

Los *materiales indirectos* están constituidos por aquellos materiales que son necesarios para obtener el producto final pero que su consumo con respecto al producto final sea tan pequeño que su valoración sería muy laboriosa y no muy confiable como el de los materiales directos. Como ejemplos de materiales indirectos tenemos a los aceites lubricantes, trapo industrial, materiales de limpieza, etc.

Como *otros gastos indirectos* tenemos a aquellos gastos en que se incurren pero no pueden ser ubicados dentro de los gastos en materiales indirectos o mano de obra indirecta, como por ejemplo lo gastado en energía eléctrica, depreciación de la infraestructura de planta, depreciación de máquinas, etc.

Los *gastos administrativos* son aquellos en que se incurren por dirección, control y administración de la empresa, como por ejemplo los gastos por alquiler de oficina, teléfono, luz, depreciación de edificios administrativos, sueldos de empleados administrativos, etc.

Los *gastos financieros* son aquellos en que se incurren para conseguir dinero.

La distribución de los costos mencionados se puede ver en la tabla N°

2.3.

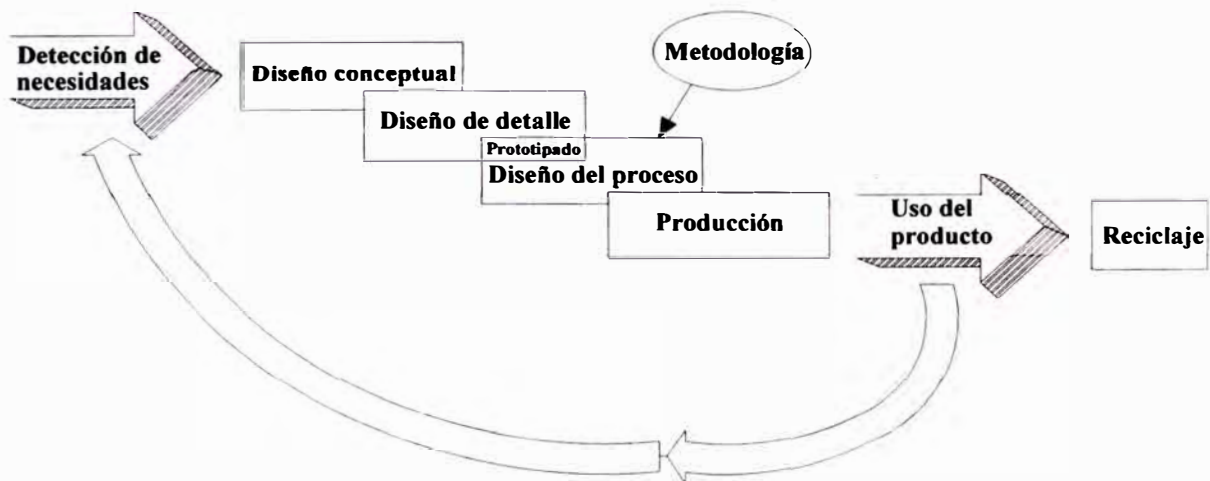
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN		DIRECTOS	
		Mano de obra directa	Material directo
INDIRECTOS	Mano de obra indirecta	Todos los gastos que se incurren en planta desde el inicio hasta completar el producto final	- Suministros a planta - Material consumible - Lubricantes
	Otros gastos indirectos		- Sueldos de jefe de planta, supervisores, etc. - Personal de limpieza - Sueldos de planeamiento y control de la producción - Almacenero de planta
	Gastos administrativos y financieros		- Alquiler de la planta - Seguros de la planta - Depreciación de máquinas y edificio de la planta - Energía eléctrica y pequeños consumibles
			- Sueldos de empleados de oficina y administrativos - Gastos por asuntos legales y de auditoria - Teléfono - Agua - Luz - Depreciación de edificios, muebles y enseres de oficina - Gastos diversos administrativos

**Tabla N° 2.3:** Distribución de costos para la producción del CPC

# CAPÍTULO III

## PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

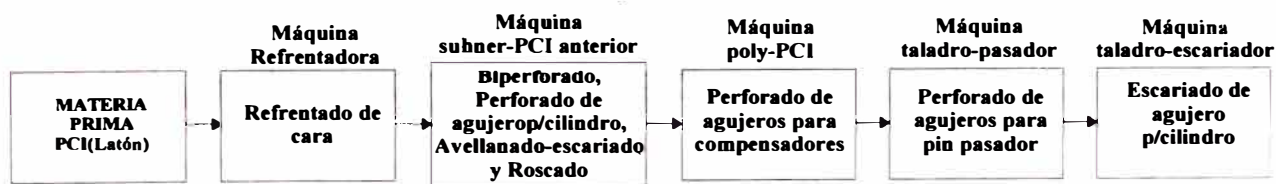
El planteamiento y desarrollo de la presente metodología esta orientado a la parte de diseño del proceso dentro del ciclo de vida del producto (CPC), ver Figura 3.1.



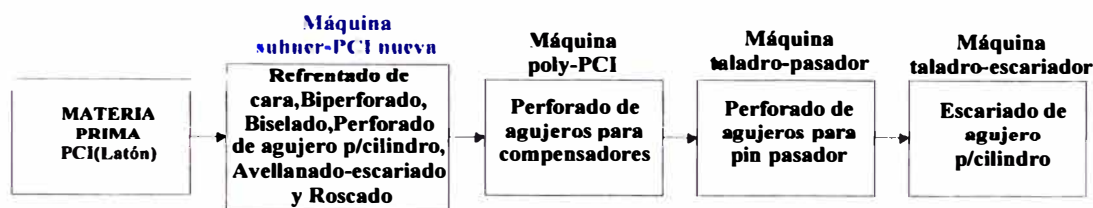
**Figura 3.1:** Ciclo de vida del producto

Por planteamiento de la metodología se ha realizado la mejora en el proceso de mecanizado de la pieza porta cilindro interior (PCI), esta mejora consiste en la “fusión” de operaciones de mecanizado (realizadas anteriormente en dos máquinas) en una sola máquina (nueva) con miras a reducir tanto horas-hombre (H-H) como horas-máquina (H-M), es decir, que se introduce una máquina nueva (suhner-PCI

nueva) y se retiran dos máquinas anteriores (refrentadora y suhner-PCI anterior). En la Figura 3.2, se muestra el proceso de mecanizado de la pieza PCI antes de la metodología, la descripción del proceso es como sigue: primero, la pieza PCI que viene como materia prima inicia su operación de mecanizado en la máquina refrentadora, en esta máquina se realiza sólo la operación de refrentado de la cara del PCI; segundo, la pieza PCI continua su mecanizado en la máquina suhner-PCI anterior, en esta máquina se realizan 04 operaciones como son: biperforado (agujeros laterales), perforado de agujero para ingreso de cilindro (agujero central), avellanado-escariado (del agujero para ingreso de cilindro) y roscado (de los agujeros laterales); tercero, la pieza PCI continua su mecanizado en la máquina poly-PCI, en esta máquina se realiza el perforado de agujeros para ingreso de compensadores (transversales al lomo del PCI); cuarto, la pieza PCI continua su mecanizado en la máquina taladro-pasador, en esta máquina se realiza el perforado del agujero para ingreso del pin pasador (a lo largo del lomo del PCI); quinto y último, la pieza PCI finaliza su proceso de mecanizado en la máquina taladro-escariador, en esta máquina se realiza el escariado del agujero para ingreso de cilindro (eliminación de rebabas dejadas después del perforado de agujeros para ingreso de compensadores realizados en la máquina Poly-PCI). Después de este proceso de mecanizado la pieza PCI se convierte en un “elemento constituyente” del conjunto porta cilindro (CPC), ver sub capítulo 3.2.2.



**Figura 3.2:** Proceso de mecanizado de la pieza PCI antes de la metodología



**Figura 3.3:** Proceso de mecanizado de la pieza PCI planteada en la metodología

En la Figura 3.3, se muestra el nuevo proceso de mecanizado de la pieza PCI planteada en la metodología, la descripción del nuevo proceso es como sigue: primero, la pieza PCI que viene como materia prima inicia su operación de mecanizado en la máquina suhner-PCI nueva (coloreada en azul), en esta máquina se realizan 06 operaciones como son: refrentado de la cara, biperforado (agujeros laterales), biselado circunferencial de la cabeza (por el lado refrentado), perforado de agujero para ingreso de cilindro (agujero central), avellanado-escariado (del agujero para ingreso de cilindro) y roscado (de los agujeros laterales); segundo, la pieza PCI continúa su mecanizado en la máquina poly-PCI, en esta máquina se realiza el perforado de agujeros para ingreso de compensadores (transversales al lomo del PCI); tercero, la pieza PCI continúa su mecanizado en la máquina taladro-pasador, en esta máquina se realiza el perforado del agujero para ingreso del pin pasador (a lo largo del lomo del PCI); cuarto y último, la pieza PCI finaliza su proceso de mecanizado en la máquina taladro-escariador, en esta máquina se realiza el escariado del agujero para ingreso de cilindro (eliminación de rebabas dejadas después del perforado de agujeros para ingreso de compensadores realizados en la máquina Poly-PCI). Después de este proceso de mecanizado la pieza PCI se convierte en un “elemento constituyente” del conjunto porta cilindro (CPC), ver sub capítulo 3.2.2. Como se puede observar de la Figura 3.2 el proceso de mecanizado

de la pieza PCI se realiza en cinco máquinas, pero de la Figura 3.3 podemos observar que el proceso de mecanizado de la pieza PCI con la metodología se realiza solo en cuatro máquinas, dando esto lugar a una reducción de H-H puesto que al eliminar la máquina refrentadora del proceso de mecanizado el operario de esta máquina es innecesario, mientras que el operario de la máquina suhner-PCI anterior (también eliminada) pasa a operar la máquina suhner-PCI nueva. Cabe destacar que la máquina suhner-PCI nueva realiza una operación adicional que es la de biselar la cabeza del PCI, esta operación además de mejorar el acabado estético de la pieza, también elimina el riesgo de aparición de rebabas residuales dejadas después de la operación de refrentado.

Ahora, por desarrollo de la metodología se ha realizado: *primero*, el nuevo diagrama de flujo de operaciones del conjunto porta cilindro (CPC) en base a la mejora realizada en el proceso de mecanizado de la pieza PCI (ver Figura 3.5, fila N° 2); *segundo*, se realiza la identificación de las fases del proceso y se describe la obtención y/o adquisición de sus partes constituyentes; *tercero*, se hace la descripción de las máquinas herramientas con que cuenta la planta para el proceso de fabricación de los constituyentes del CPC; *cuarto*, se hace el estudio de tiempos en base al nuevo diagrama de flujo de operaciones del CPC y con ello se realiza el “diagrama de operaciones múltiples de mecanizado para las piezas PCE-PCI”, ver diagrama 2.3 del apéndice “C”; *quinto*, se enumeran ítems de instrucción para la capacitación del personal operario dentro de la planta y lograr una toma de conciencia en lo que respecta a la obtención de productos no defectuosos tanto en el mecanizado como en el ensamble del CPC; *sexto* y último, se hace una

recomendación del uso de implementos de seguridad industrial en planta para el personal.

### **3.1 DIAGRAMAS DE FLUJO DE OPERACIONES DEL CONJUNTO PORTA CILINDRO (CPC)**

El “diagrama de flujo de operaciones del conjunto porta cilindro (CPC)-anterior”, ver Figura 3.4, muestra la forma como se venía trabajando en la planta, en este diagrama de flujo de operaciones del CPC-anterior se puede ver todas las operaciones manuales y de maquinado a los cuales son sometidas todas las piezas que vienen como materia prima hasta la obtención del conjunto porta cilindro (CPC). De este diagrama, que consta de seis filas, se puede observar que en la fila N° 2 se encuentran las máquinas suhner-PCI anterior y refrentadora las cuales serán eliminadas del proceso de fabricación pues sus operaciones han sido fusionadas en una sola máquina denominada suhner-PCI nueva.

Por desarrollo y planteamiento de la metodología se presenta el “diagrama de flujo de operaciones del conjunto porta cilindro (CPC)-nuevo”, ver Figura 3.5. Este diagrama de flujo de operaciones del CPC-nuevo esta dividida en seis filas donde: la fila N° 1, contiene las operaciones de maquinado y manual a la que es sometida la pieza PCE que viene como materia prima hasta obtener el componente fundamental denominado “PCE cargado”(ver sub capítulo 3.2); la fila N° 2, contiene las operaciones de maquinado y manual a la que es sometida la pieza PCI que viene como materia prima hasta obtener el componente fundamental denominado “PCI cargado”(ver sub capítulo 3.2 ); la fila N° 3, contiene las operaciones de mecanizado y tratamiento térmico de la pieza resorte; la fila N° 4, contiene las operaciones de

mecanizado de las piezas pines y compensadores; la fila N° 5, contiene las operaciones de maquinado y manual a la que es sometida la varilla de latón que viene como materia prima hasta obtener el componente fundamental “cilindro cargado” (ver sub capítulo 3.2); y la fila N° 6, contiene las operaciones de maquinado y proceso de niquelado a la que es sometida la pieza llave hasta obtener el componente fundamental denominado “terna llaves niqueladas” (ver sub capítulo 3.2).

Todos estos componentes fundamentales convergen en operaciones manuales de donde se obtiene el CPC como producto terminado listos para ser despachados.



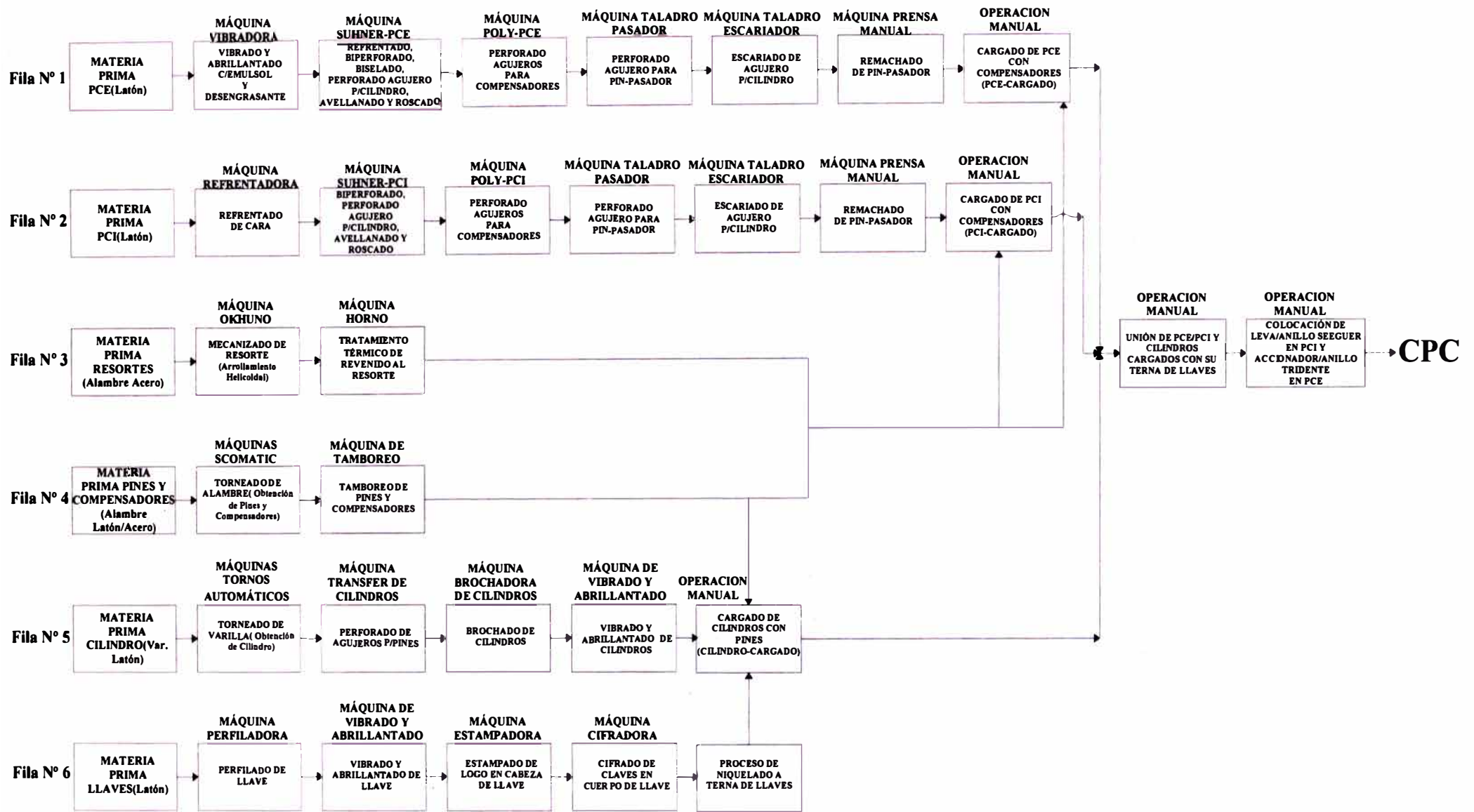


Figura 3.4: Diagrama de flujo de operaciones del conjunto porta cilindro (CPC) anterior

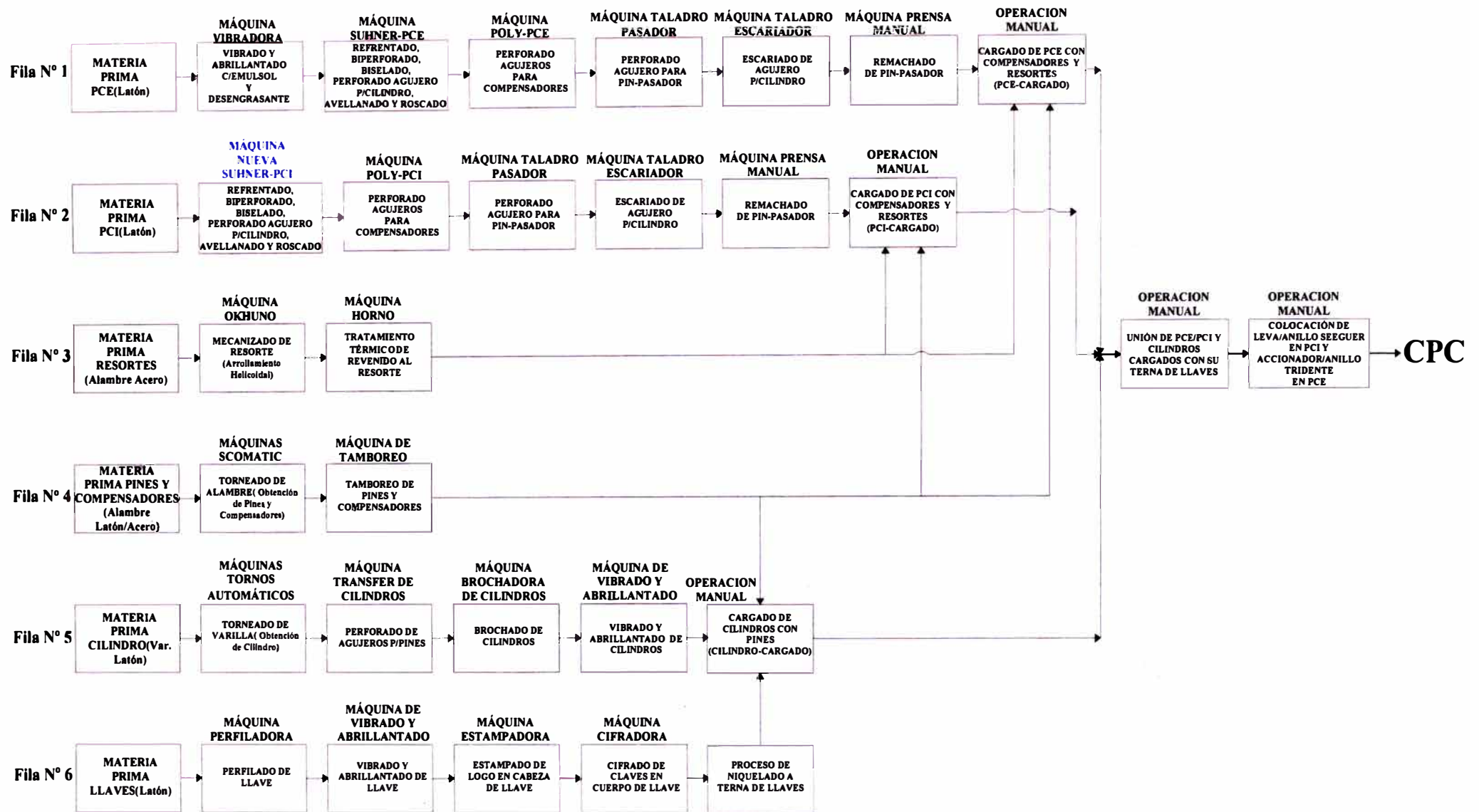


Figura 3.5: Diagrama de flujo de operaciones del conjunto porta cilindro (CPC) nuevo

### 3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS FASES DEL PROCESO

Como se puede ver de la Figura 3.6, existen cuatro fases por la cuales pasa la materia prima para la obtención del CPC; la *fase1*, corresponde a la recepción de todo el material que viene como materia prima para su posterior distribución a los respectivos sectores de mecanizado. La *fase2*, corresponde al proceso de mecanizado al cual es sometida la materia prima y así obtener las piezas denominadas “elementos constituyentes del CPC”; la *fase 3*, corresponde a la conformación de los denominados “componentes fundamentales del CPC” los cuales se obtienen a través de operaciones tanto de maquinado como manuales; y la *fase 4*, corresponde a la unión de los “componentes fundamentales” mediante operaciones manuales y así obtener finalmente el producto terminado conjunto porta cilindro (CPC).



**Figura 3.6:** Fases del proceso de fabricación del conjunto porta cilindro (CPC)

A continuación se realiza la descripción de cada una de las fases del proceso para la obtención del conjunto porta cilindro (CPC).

#### 3.2.1 Fase 1: Recepción y distribución de la materia prima

En la fase 1 se realiza la recepción de toda la materia prima de latón o acero que llega a la planta para su posterior distribución a los respectivos sectores donde serán procesados y así obtener los denominados “elementos constituyentes” del conjunto porta cilindro (CPC). La recepción y descarga

de la materia prima pesada (como por ejemplo: las piezas PCE, PCI, llaves y varillas de latón) se realiza a través del tecele eléctrico del puente grúa, con el cual se procede a distribuir el material a sus respectivos sectores donde serán maquinados. La materia prima menos pesada (como por ejemplo: bobinas y carretes de alambre) son distribuidas manualmente a sus correspondientes sectores donde serán maquinados.

### **3.2.2 Fase 2: Elementos constituyentes del conjunto porta cilindro (CPC)**

En la fase 2 se realiza el proceso de mecanizado de la materia prima para la obtención de la mayoría de los denominados “elementos constituyentes” del conjunto porta cilindro. Mientras que los “elementos constituyentes” restantes se adquieren de proveedores tanto interno como externo; en la lista N° 3.1, se muestra la relación de todos los “elementos constituyentes” del conjunto porta cilindro (CPC).

1. PCE
2. Compensadores: aserrado, carrete, simple y metálico
3. Pin pasador-PCE y pin pasador-PCI
4. Resortes
5. PCI
6. Cilindro-7P y cilindro-5P
7. Pines
8. Llave niquelada
9. Argolla metálica
10. Anillo seeguer (adquirida de proveedor externo)
11. Anillo tridente (adquirida de proveedor externo)
12. Leva-PCI (adquirida de proveedor interno)
13. Accionador graduado (adquirida de proveedor interno)

**Lista N° 3.1:** Relación de “elementos constituyentes” del conjunto porta cilindro (CPC).

A continuación se procede a describir la forma de obtención de cada uno de los “elementos constituyentes”

### 3.2.2.1 Porta cilindro exterior (PCE)

Para la obtención del “elemento constituyente” porta cilindro exterior (PCE) las piezas PCE que vienen como materia prima (PCE<sub>materia prima</sub>) pasan por varias operaciones de mecanizado consecutivo en cinco diferentes máquinas. Las máquinas que realizan las operaciones de mecanizado a las piezas PCE<sub>materia prima</sub> se enumeran de acuerdo al orden en que las piezas PCE deben continuar su mecanizado:

- 1) Máquina de vibrado-abrillantado
- 2) Máquina suhner-PCE
- 3) Máquina poly-PCE
- 4) Máquina taladro-pasador
- 5) Máquina taladro-escariador

Como se puede observar el proceso de mecanizado se inicia en la máquina de vibrado-abrillantado pasando luego por las máquinas suhner-PCE, poly-PCE, taladro-pasador y por último en la máquina taladro-escariador después de cuyo mecanizado se obtiene la pieza porta cilindro exterior (PCE).A continuación se describe la forma de operación de éstas cinco máquinas para la obtención del PCE:

- 1) *Máquina de vibrado-abrillantado:* en esta máquina se realiza el proceso de abrillantado a las piezas PCE<sub>materia prima</sub>; la máquina de vibrado-abrillantado utiliza abrasivos durante el proceso de vibrado: tipo plástico, con la forma de pequeños conos, para desbaste y/o eliminación de rebabas y tipo cerámico, con la forma de pequeños

cilindros con puntas en los extremos, para acabado superficial (abrillantado) además de un líquido desengrasante-abrillantador. La alimentación de la máquina es manual y por puñados hasta una cantidad de 250 piezas por carga, luego de ello se enciende la máquina, se abre las válvulas de agua para que caigan pequeños chorros de agua durante todo el proceso, luego se procede a echar el líquido desengrasante-abrillantador, luego de 15 minutos, se procede a retirar las piezas a través de la bandeja perforada de la máquina para poder recuperar los abrasivos; la máquina de vibrado-abrillantado se muestra en la Figura 3.13.

- 2) *Máquina suhner-PCE*: en esta máquina se mecaniza las piezas PCE que han sido abrillantadas en la máquina de vibrado-abrillantado; la suhner-PCE realiza en las piezas PCE abrillantadas: el refrentado de la cara, biselado circunferencial de la cabeza por el lado de la cara refrentada, dos agujeros laterales roscados para ingreso de tonillos y un agujero central en el cuerpo con avellanado en la cabeza para ingreso del cilindro. Esta máquina es alimentada manualmente pieza por pieza en el plato giratorio neumático vertical que posee 6 dispositivos de sujeción neumáticos, y la manera de alimentación es la siguiente: el operario coge un PCE (abrillantado) abre el dispositivo de sujeción presionando un pulsador y coloca la pieza, luego suelta el pulsador (la pieza esta sujeta) y permite el giro del plato vertical iniciándose así las operaciones de mecanizado, para esta operación de alimentación de la máquina desde que coge la pieza

el operario hasta que suelta el pulsador neumático tiene 10 segundos, pues es el tiempo de giro del plato; la máquina suhner-PCE se muestra en la Figura 3.24.

- 3) *Máquina poly-PCE*: en esta máquina se mecaniza las piezas PCE provenientes de la máquina suhner-PCE; la poly-PCE realiza el perforado de los agujeros para el ingreso de los resortes y compensadores a lo largo del lomo de las piezas PCE mecanizadas en la máquina suhner-PCE; el modo de alimentación de la poly-PCE es manual y pieza por pieza en la mesa deslizante en la cual se pueden colocar hasta cuatro piezas (de dos en dos en forma alternada), siendo la manera de alimentación la siguiente: el operario coge la primera pieza PCE y la coloca en la guía de la mesa deslizante con la cara refrentada hacia abajo, luego coge la pieza siguiente y la coloca en la guía contigua para luego dejar deslizar la mesa y así las unidades realicen la operación de perforado mientras se van poniendo las otras dos piezas de la misma forma inicial, para la colocación de las dos piezas consecutivas desde que coge el primer PCE hasta que termina de colocar el consecutivo el operario tiene un tiempo de 21 segundos; la máquina poly-PCE se muestra en la Figura 3.25.
- 4) *Máquina taladro-pasador*: esta máquina tiene el cuerpo de un taladro vertical manual y realiza el mecanizado de las piezas PCE provenientes de la máquina poly-PCE; el taladro-pasador realiza el perforado del agujero para el ingreso de la pieza pin pasador a lo largo del lomo a las piezas PCE mecanizadas en poly-PCE; el

taladro-pasador es alimentado manualmente y pieza por pieza, siendo la manera de alimentación la siguiente: el operario coge la primera pieza PCE y la coloca en el dispositivo de sujeción del elemento en la máquina de tal manera que la cara quede en posición vertical hacia abajo, luego se procede a bajar la palanca que acciona el desplazamiento vertical del eje que contiene la broca hasta su tope realizándose así el perforado del agujero para pin pasador; seguidamente abre el dispositivo de sujeción y retira el PCE para ordenarlo en una caja de fierro limpia. En seguida procede a coger otro PCE (proveniente de la máquina Poly-PCE) y se repite la secuencia, aquí el tiempo de operación del perforado lo da la rapidez y habilidad del operario; la máquina taladro-pasador se muestra en la Figura 3.33.

- 5) *Máquina taladro-escariador*: esta máquina tiene el cuerpo de un talador vertical manual y realiza el mecanizado de las piezas PCE provenientes de la máquina taladro-pasador; el taladro-escariador realiza el escariado (eliminación de rebaba generada por el perforado de agujeros para el ingreso de compensadores) del agujero para ingreso de cilindro a las piezas PCE mecanizadas en el taladro-pasador; el taladro-escariador es alimentado manualmente y pieza por pieza, siendo la manera de alimentación la siguiente: el operario coge la primera pieza PCE y la coloca en el dispositivo de sujeción del elemento en la máquina de tal manera que la cara quede en posición vertical hacia abajo, luego se procede a bajar la palanca que acciona



el desplazamiento vertical del eje que contiene la broca escariador hasta su tope realizándose así el escariado del agujero para cilindro; seguidamente abre el dispositivo de sujeción y retira el PCE para ordenarlo en una caja de fierro limpia. En seguida procede a coger otro PCE (proveniente de la máquina taladro-pasador) y se repite la secuencia, aquí también el tiempo de operación del escariado lo da la rapidez y habilidad del operario; la máquina taladro-escariador se muestra en la Figura 3.34.

### **3.2.2.2 Compensadores**

Para la obtención de los “elementos constituyentes” compensadores se mecaniza una bobina de alambre de latón o acero de diámetro 2.90 mm en los tornos automáticos llamados scomatic 1, scomatic 2 y scomatic 3. El modo de mecanizado de la bobina de alambre es el siguiente: el torno automático jala y a la vez desenrolla la bobina de alambre (puesta en forma horizontal sobre una plataforma giratoria) en un tramo muy pequeño que corresponde a la medida axial del compensador, luego lo mecaniza mediante el corte con cuchillas dándole la forma preestablecida, y por último lo expulsa a través de un chorro continuo de aceite sobre un vaso recolector, esta operación lo repite continuamente; el torno automático scomatic 1 mecaniza los compensadores tipo aserrado, del torno automático scomatic 2 mecaniza los compensadores tipo carrete; y del torno automático scomatic 3 mecaniza los compensadores simples y metálicos; la máquina torno automático scomatic 1 se muestra en la Figura 3.44, siendo los otros dos

tornos scomatic 2 y scomatic 3 de constitución física similar al torno scomatic 1.

### **3.2.2.3 Pin pasador para porta cilindro exterior (pin pasador-PCE) y pin pasador para porta cilindro interior (pin pasador-PCI)**

Para la obtención de los “elementos constituyentes” pin pasador-PCE y pin pasador-PCI se mecaniza una bobina de alambre de latón de diámetro 2.47 mm en el torno automático llamado beringhaus. El modo de mecanizado de la bobina de alambre es el siguiente: el torno automático beringhaus jala y a la vez desenrolla la bobina de alambre (puesta en forma horizontal sobre una plataforma giratoria) en un tramo muy pequeño que corresponde a la medida axial del pin pasador-PCE o pin pasador-PCI, según sea el caso, luego lo mecaniza mediante el corte con cuchillas dándole la forma preestablecida, y por último lo expulsa sobre una bandeja recolectora, esta operación lo repite continuamente; la máquina torno automático beringhaus se muestra en la Figura 3.45.

### **3.2.2.4 Resortes**

Para la obtención de los “elementos constituyentes” resortes se mecaniza un carrete de alambre de acero al carbono de diámetro 0.25 mm en la máquina llamada resortera Okhuno, esta máquina es un pequeño torno automático. El modo de mecanizado del carrete de alambre es el siguiente: el pequeño torno automático jala y a la vez desenrolla el carrete de alambre (insertada en el brazo horizontal de un pedestal vertical) en un tramo

pequeño que corresponde a la longitud total del resorte estirado, luego mecaniza este tramo realizando arrollamientos helicoidales (de sección uniforme) y corte final por medio de ingreso de cuchillas, y por último lo expulsa sobre una rampa de salida para luego caer sobre una bandeja recolectora, esta operación lo repite continuamente; la máquina resortera okhuno se muestra en la Figura 3.47.

Terminada la operación de mecanizado las piezas resorte se someten a un proceso térmico de revenido en un horno eléctrico a una temperatura de 350°C por media hora, este proceso térmico se realiza con la finalidad de brindar mayor elasticidad (calidad de poder recuperar su estado inicial después de cesar la acción de la fuerza que lo deforma) al resorte.

### **3.2.2.5 Porta cilindro interior (PCI)**

Para la obtención del “elemento constituyente” porta cilindro interior (PCI), las piezas PCI que vienen como materia prima (PCI materia prima) pasan por varias operaciones de mecanizado consecutivo. El proceso de mecanizado de las piezas PCI antes de la metodología se iniciaba con la máquina refrentadora, para luego pasar por las máquinas suhner-PCI anterior, poly-PCI, taladro-pasador y por último en la máquina taladro-escariador. Como se puede observar estas operaciones de mecanizado se realizaban en cinco diferentes máquinas las cuales eran:

- a) máquina refrentadora
- b) máquina suhner-PCI anterior
- c) máquina poly-PCI
- d) máquina taladro-pasador
- e) máquina taladro-escariador

Ahora, por desarrollo de la metodología estas operaciones se realizan en cuatro máquinas que se enumeran de acuerdo al orden en que las piezas PCI deben continuar su mecanizado:

- 1) Máquina suhner-PCI nueva
- 2) Máquina poly-PCI
- 3) Máquina taladro-pasador
- 4) Máquina taladro-escariador

Como se puede observar el proceso de mecanizado ahora empieza en la máquina suhner-PCI nueva pasando luego por las máquinas poly-PCI, taladro-pasador y por último en la máquina taladro-escariador después de cuyo mecanizado se obtiene la pieza porta cilindro interior (PCI). A continuación se describe la forma de operación de éstas cuatro máquinas según la metodología para la obtención del PCI:

- 1) *Máquina suhner-PCI nueva*: en esta máquina se mecaniza las piezas PCI que vienen como materia prima (PCI<sub>materia prima</sub>), la suhner-PCI nueva realiza las mismas operaciones que la máquina suhner-PCE; y tanto su modo de alimentación como su constitución física es similar a la máquina suhner-PCE, ver Figura 3.24, la cual ha sido descrita en el ítem 2) del sub capítulo 3.2.2.1.
- 2) *Máquina poly-PCI*: en esta máquina se mecaniza las piezas PCI provenientes de la máquina suhner-PCI nueva; la poly-PCI realiza el perforado de los agujeros para el ingreso de los resortes y compensadores a lo largo del lomo de las piezas PCI mecanizadas en la máquina suhner-PCI nueva; y tanto su

modo de alimentación como su constitución física es similar a la máquina poly-PCE, ver Figura 3.25, la cual ha sido descrita en el ítem 3) del sub capítulo 3.2.2.1.

Luego, la pieza PCI ya mecanizada en la máquina poly-PCI continuará su proceso de mecanizado en las máquinas: máquina taladro-pasador y máquina taladro-escariador de las cuales su modo de alimentación y constitución física ya fue descrita anteriormente en los ítems 4) y 5) respectivamente del sub capítulo 3.2.2.1.

Las máquinas eliminadas del proceso de mecanizado de las piezas PCI dentro de la metodología son: máquina refrentadora y máquina suhner-PCI anterior debido a que sus operaciones se han fusionado en la máquina suhner-PCI nueva. Ahora, de las cinco máquinas que realizaban el proceso de mecanizado antes de la metodología solo describiremos la forma de alimentación de las máquinas eliminadas del proceso puesto que las tres restantes máquinas (máquinas: poly-PCI, taladro-pasador, taladro-escariador) ya fueron descritas en los ítems 3), 4) y 5) del sub capítulo 3.2.2.1.

- a) *Máquina refrentadora:* esta máquina tiene el cuerpo de un taladro vertical manual y realizaba el mecanizado de las piezas PCI que vienen como materia prima (PCI<sub>materia prima</sub>); la máquina refrentadora realizaba el desbaste y pulido de la cara de las piezas PCI<sub>materia prima</sub>; la refrentadora era alimentada manualmente y pieza por pieza, siendo la manera de alimentación la siguiente: el operario cogía la primera pieza PCI<sub>materia prima</sub> y la colocaba en el dispositivo de sujeción del

elemento en la máquina de tal manera que la cara quede en posición vertical hacia arriba, luego se procedía a bajar la palanca que acciona el desplazamiento vertical del eje que contiene la cuchilla de pastilla carburada hasta su tope realizándose así el refrentado; seguidamente abría el dispositivo de sujeción y retiraba el PCI para ordenarlo en una caja de fierro limpia. En seguida procedía a coger otro PCI *materia prima* y se repetía la secuencia, aquí el tiempo de operación del refrentado lo daba la rapidez y habilidad del operario; la máquina refrentadora se muestra en la Figura 3.35.

- b) *Máquina suhner-PCI anterior:* en esta máquina se mecanizaba las piezas PCI provenientes de la máquina refrentadora; la suhner-PCI anterior realizaba en las piezas PCI: dos agujeros laterales roscados para ingreso de tonillos y un agujero central en el cuerpo con avellanado en la cabeza para ingreso del cilindro. Esta máquina era alimentada manualmente pieza por pieza en el plato giratorio neumático vertical que posee 4 dispositivos de sujeción neumáticos, y la manera de alimentación era la siguiente: el operario cogía un PCI refrentado abría el dispositivo de sujeción presionando un pulsador y colocaba la pieza, luego soltaba el pulsador (la pieza estaba sujeta) y permitía el giro del plato vertical iniciándose así las operaciones de mecanizado; la máquina

suhner-PCI anterior era de constitución física similar pero un poco mas pequeña que la máquina sunher-PCI nueva, ver Figura 3.24.

### 3.2.2.6 Cilindro-7P y cilindro-5P

Para la obtención de los “elementos constituyentes” cilindro-7P y cilindro-5P las varillas de latón de diámetro 14.00 mm que vienen como materia prima pasan por varias operaciones de mecanizado consecutivo en tres diferentes máquinas. Las máquinas que realizan las operaciones de mecanizado a las varillas de latón se enumeran de acuerdo al orden en que las piezas cilindro deben continuar su mecanizado:

- 1) Máquinas torno automático-7P/5P
- 2) Máquina transfer de cilindros
- 3) Máquina brochadora de cilindros

Como se puede observar el proceso de mecanizado se inicia en las máquinas tornos automáticos pasando luego por la máquina transfer de cilindros y por último en la máquina brochadora de cilindros después de cuyo mecanizado se obtiene la pieza cilindro brochado. A continuación se describe la forma de operación de éstas tres máquinas para la obtención del cilindro:

- 1) *Máquinas tornos automáticos-7P/5P:* en estas máquinas se realiza el proceso de mecanizado de las varillas de latón de diámetro 14.00 mmx3.00m que viene como materia prima. El modo de alimentación de las varillas es el siguiente: el torno

automático jala la varilla (puesta dentro de un tubo horizontal que se encuentra detrás de la máquina y a la misma altura del alimentador del torno) en un tramo pequeño que corresponde a la medida axial del cilindro, luego lo mecaniza siendo la varilla bañada durante todo el proceso de mecanizado por un chorro de aceite, y por último al realizar el corte final la pieza cae sobre una rampa para luego almacenarse en una bandeja perforada, esta operación lo repite continuamente hasta que se acabe la varilla; los tornos automáticos para el cilindro-7P y cilindro-5P son independientes pero su modo de alimentación y constitución física es similar; la máquina torno automático cilindro-7P se muestra en la Figura 3.38.

- 2) *Máquina transfer de cilindros:* en esta máquina se realiza el mecanizado de las piezas cilindro que provienen de la máquinas tornos automáticos-7P/5P, dentro de este mecanizado están incluidas las operaciones de: perforado de agujeros para el ingreso de los pines, un fresado en la cola para ingreso del accionador graduado (en caso del cilindro-7P) o de leva (en el caso del cilindro-5P), otro fresado en la cabeza que servirá de tope de ingreso de la llave y un avellanado en la cabeza para facilidad de ingreso de la llave. Esta máquina es alimentada manualmente y pieza por pieza en el plato giratorio neumático-automático horizontal que posee 12 dispositivos de sujeción neumáticos distribuidos



simétricamente en la parte exterior del plato, y el modo de alimentación es la siguiente: el operario coge un cilindro torneado y abre el dispositivo de sujeción presionando un pulsador neumático, coloca el cilindro en forma vertical dentro del dispositivo, luego suelta el pulsador neumático (la pieza esta sujeta) y permite el giro del plato iniciándose así las operaciones de mecanizado; la máquina se muestra en la Figura 3.39.

- 3) *Máquina brochadota de cilindros:* en esta máquina se realiza el mecanizado de las piezas cilindro que provienen de la máquina transfer de cilindros, con este mecanizado se realiza el corte axial a todo lo largo (con el mismo perfil de la llave) de las piezas cilindro para el ingreso de la llave. Esta máquina es alimentada manualmente y pieza por pieza en cada uno de los 18 dispositivos sujetos a una cadena que gira sobre un plano vertical; el modo de alimentación es de la siguiente manera: el operario coge la primera pieza cilindro perforada con sus agujeros hacia abajo y una vez en posición el dispositivo (se inicia el ciclo superior de giro de la cadena) el operario inserta el segundo agujero del cilindro en el pin guía del dispositivo, enseguida los dispositivos se desplazan a lo largo de la brocha segmentada longitudinal realizándose así el corte axial, por último la pieza cilindro ya brochada cae sobre una rampa de salida (se inicia el ciclo inferior de giro de

la cadena) para luego almacenarse sobre una bandeja recolectora, esta operación el operario lo repite continuamente. Los dispositivos de la máquina siempre están en movimiento, dicho movimiento lo genera la cadena que gira continuamente, la máquina se muestra en la Figura 3.40.

### **3.2.2.7 Pines**

Para la obtención de los “elementos constituyentes” pines se mecaniza una bobina de alambre de latón de diámetro 2.90 mm en los tornos automáticos scomatic 1 o scomatic 2. El modo de mecanizado de la bobina de alambre en estos tornos automáticos ya fue descrito en el sub capítulo 3.2.2.2.

### **3.2.2.8 Llave niquelada**

Para la obtención del “elemento constituyente” llave niquelada la pieza llave que viene como materia prima (llave<sub>materia prima</sub> o llave blanca) pasan por varias operaciones de mecanizado consecutivo en tres diferentes máquinas. Las máquinas que realizan las operaciones de mecanizado a las piezas llave <sub>materia prima</sub> se enumeran de acuerdo al orden en que las piezas llave deben continuar su mecanizado:

- 1) Máquina de perfilado
- 2) Máquina de estampado
- 3) Máquina de cifrado

Como se puede observar el proceso de mecanizado se inicia en la máquina de perfilado pasando luego por la máquina de estampado y por

último en la máquina de cifrado después de cuyo mecanizado se obtiene la pieza llave cifrada. Una vez terminado el mecanizado la llave es sometida a un proceso de niquelado. A continuación se describe la forma de operación de éstas tres máquinas para la obtención de la llave:

- 1) *Máquina de perfilado:* en esta máquina se mecaniza las piezas llave que vienen como materia prima (llave materia prima), con este mecanizado se realiza las ranuras (perfil de la llave) en el cuerpo de las piezas llave. Esta máquina es alimentada a través de un alimentador vertical que se encuentra cerca de las unidades de fresado; el modo de alimentación es de la siguiente manera: la máquina va extrayendo sobre sus dispositivos (que están sujetos a una cadena que gira sobre un plano horizontal) una por una las llaves materia prima que se encuentran apiladas en forma vertical dentro del alimentador, luego los dispositivos con las llaves dentro pasan a través de las fresas (superior e inferior) las cuales al realizar los cortes le dan forma al perfil de la llave, durante el fresado las llaves son bañadas por un chorro continuo de aceite, y por último las llaves ya perfiladas caen sobre una rampa de salida para luego almacenarse en una bandeja recolectora, esta operación lo repite continuamente hasta que se acaben las llaves en el alimentador; la máquina de perfilado se muestra en la Figura 3.41.

- 2) *Máquina de estampado:* en esta máquina se realiza el estampado del logo “FORTE” en la cabeza de las piezas llave provenientes de la máquina de perfilado. Esta máquina es alimentada a través de un alimentador vertical similar al de la máquina perfiladora; el modo de alimentación es de la siguiente manera: la máquina va extrayendo sobre sus dispositivos (que se encuentran distribuidos simétricamente sobre un plato giratorio horizontal) una por una las llaves perfiladas que se encuentran apiladas en forma vertical dentro del alimentador, luego los dispositivos con las llaves dentro pasan a través de la prensa neumática que contiene los cuños de estampado , y por último las llaves ya estampadas caen sobre una rampa de salida para luego almacenarse en una bandeja recolectora, esta operación lo repite continuamente hasta que se acaben las llaves en el alimentador; la máquina de estampado se muestra en la Figura 3.42.
- 3) *Máquina de cifrado:* en esta máquina se mecaniza las piezas llave que provienen de la máquina de estampado, con este mecanizado se realiza el brochado transversal (“claves” de la llave) en uno de los filos de la llave estampada. Esta máquina es alimentada manualmente cada tres llaves; el modo de alimentación es de la siguiente manera: el operario coge tres llaves estampadas y las coloca en el alimentador deslizante, enseguida gira las perillas de la máquina que definen las

“claves” de la llave y las brochas semicirculares proceden a realizar el corte, luego de brochadas las tres llaves son unidas mediante una argolla formando una terna, y por último la terna de llaves cifradas cae sobre una rampa de salida para luego almacenarse en una bandeja recolectora, esta operación lo repite continuamente; la máquina de cifrado se muestra en la Figura 3.43.

Por último las ternas de llaves cifradas se someten a un proceso de niquelado el cual consiste en los siguientes pasos:

*Primero*, se procede eliminar las rebabas de la terna de llaves (producidas en su brochado) en la máquina de vibrado-abrillantado

*Segundo*, se carga el tambor plástico hexagonal agujereado con las ternas de llaves sin rebabas; este tambor girará continuamente.

*Tercero*, se realiza la operación de desengrase.

*Cuarto*, luego se realiza la operación de enjuague.

*Quinto*, enseguida se realiza la operación de Niquelado.

*Sexto*, luego se realiza otra operación de enjuague

*Sétimo*, se procede a descargar del tambor plástico las ternas de llaves ya niqueladas

*Octavo*, se realiza la operación de secado de las ternas

*Noveno*, y último paso es el almacenamiento de las ternas de llaves secas. Al final del proceso de niquelado las llaves tienen una coloración plateada brillante. Todo el proceso de niquelado tiene una duración de dos

horas y se pueden procesar 1200 juegos de llaves (ternas) por cada carga de dos horas. Este proceso es realizado por un solo operario.

#### **3.2.2.9 Argolla metálica**

Para la obtención del “elemento constituyente” argolla metálica se mecaniza una bobina de alambre de acero inoxidable de diámetro 1.00 mm en la unidad de unión de ternas de llaves de la máquina cifradora, esta unidad se comporta como un pequeño torno automático. El modo de mecanizado de la bobina de alambre es el siguiente: la unidad de unión de ternas jala y a la vez desenrolla la bobina de alambre de acero inoxidable (puesta en forma horizontal sobre una plataforma giratoria) en un tramo pequeño que corresponde a la longitud total de la argolla estirada, luego mecaniza este tramo realizando tres arrollamientos circulares consecutivos (de sección uniforme) y corte final por medio de ingreso de cuchillas, y por último expulsa la argolla junto con su terna de llaves sobre una rampa de salida para luego almacenarse sobre una bandeja recolectora, esta operación lo repite continuamente; la unidad de unión de llaves que mecaniza la argolla metálica se muestra en la Figura 3.43

#### **3.2.2.10 Anillo seeguer**

El “elemento constituyente” anillo seeguer es de acero y se utiliza como seguro entre los “componentes fundamentales” (ver sub capítulo 3.2.3): PCI cargado, cilindro cargado y el elemento constituyente leva-PCI. El anillo seeguer es adquirido de un proveedor externo, ver Figura 3.11.

### **3.2.2.11 Anillo tridente**

El “elemento constituyente” anillo tridente es de acero y se utiliza como seguro entre los “componentes fundamentales” (ver sub capítulo 3.2.3): PCE cargado, cilindro cargado y el elemento constituyente accionador graduado. El anillo tridente es adquirido de un proveedor externo, ver Figura 3.11.

### **3.2.2.12 Leva-PCI**

El “elemento constituyente” leva-PCI es de fierro y se obtiene luego de ser sometido a operaciones de corte y dobles en prensas electro-neumáticas excéntricas, para finalmente ser sometido a un proceso de zincado. La leva-PCI es adquirida de la empresa FUMASA., ver Figura 3.11.

### **3.2.2.13 Accionador graduado**

Este elemento constituyente es de fierro y se obtiene luego de ser sometido a operaciones de corte y punzonado en prensas electro-neumáticas excéntricas, para finalmente ser sometido a un proceso de zincado. El accionador graduado es adquirido de la empresa FUMASA., ver Figura 3.11.

## **3.2.3 Fase 3: Componentes fundamentales del conjunto porta cilindro (CPC)**

En la fase 3 se realiza el conformado de los denominados “componentes fundamentales” del conjunto porta cilindro (CPC) por medio de la unión de sus respectivos “elementos constituyentes” a través de

operaciones manuales. Los “componentes fundamentales” del CPC son cinco: PCE cargado, PCI cargado, Cilindro cargado, Terna de llaves niqueladas y Elementos externos. En la lista N° 3.2 se muestra una relación de los “componentes fundamentales” del CPC con sus respectivos “elementos constituyentes”.

1. PCE cargado, *sus elementos constituyentes son:*
  - 1.1 PCE
  - 1.2 Compensadores: aserrado, carrete y metálico
  - 1.3 Pin pasador-PCE
  - 1.4 Resortes
2. PCI cargado, *sus elementos constituyentes son:*
  - 2.1 PCI
  - 2.2 Compensador simple
  - 2.3 Pin pasador-PCI
  - 2.4 Resortes
3. Cilindro cargado, *sus elementos constituyentes son:*
  - 3.1 Cilindro-7P y cilindro-5P
  - 3.2 Pines
4. Terna de llaves niqueladas, *sus elementos constituyentes son:*
  - 4.1 Llave niquelada
  - 4.2 Argolla metálica
5. Elementos externos, *sus elementos constituyentes son:*
  - 5.1 Anillo seeguer
  - 5.2 Anillo tridente
  - 5.3 Leva-PCI
  - 5.4 Accionador graduado

**Lista N° 3.2:** Relación de elementos constituyentes por cada componente fundamental del conjunto porta cilindro (CPC).

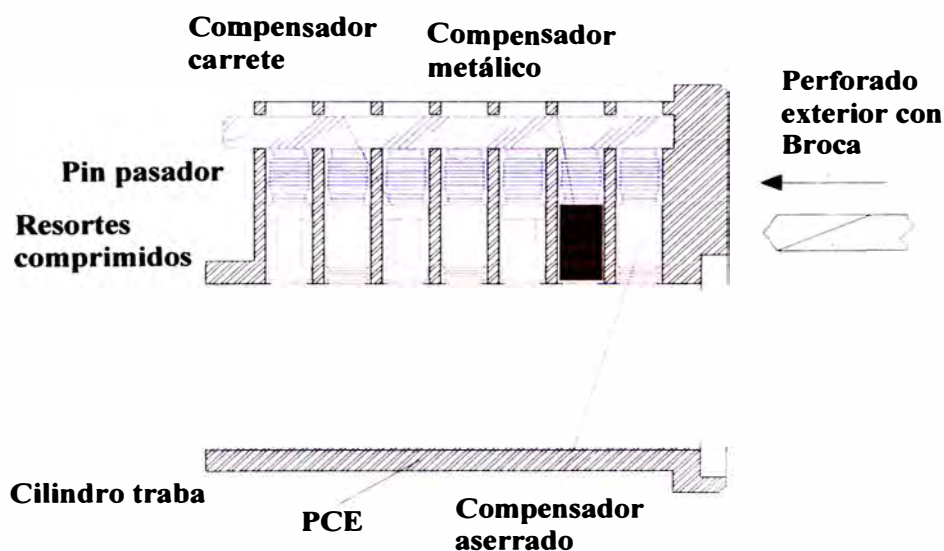
A continuación se muestran y describen como van dispuestos los “elementos constituyentes” dentro de los “componentes fundamentales”.

### **3.2.3.1 Porta cilindro exterior cargado (PCE cargado)**

El “componente fundamental” PCE cargado tiene en el interior de la pieza PCE mecanizada, los resortes y compensadores los cuales están



siendo presionados por un cilindro traba de longitud similar al cilindro-7P, los compensadores que se insertan son para darle seguridad de apertura exterior a la cerradura ya instalada en la puerta, estos compensadores son los de tipo: carrete, aserrado y metálico, los primeros dos compensadores tienen por finalidad dificultar el ingreso de una gonzúa en el interior del PCE cargado (como parte perteneciente de la cerradura) gracias a las formas irregulares que poseen; y el tercer compensador tiene por finalidad desviar el ingreso de una broca si el PCE es sometido a una operación de taladrado cuando la cerradura ya este instalada en la puerta, ver Figura 3.7.

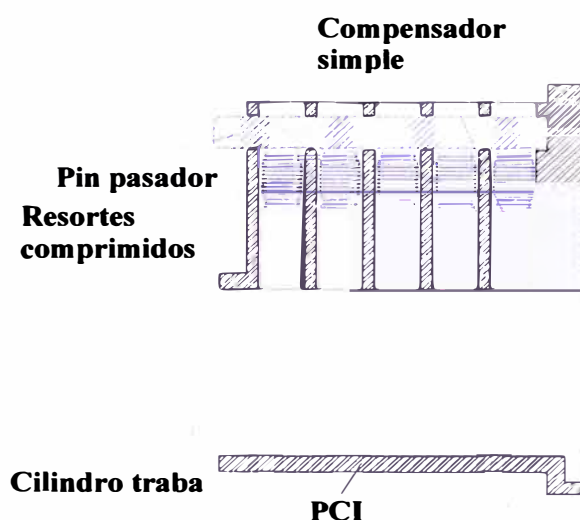


**Figura 3.7:** Vista lateral en corte de un PCE cargado

### 3.2.3.2 Porta cilindro interior cargado (PCI cargado)

El “componente fundamental” PCI cargado tiene en el interior de la pieza PCI mecanizada, los resortes y compensadores los cuales están siendo presionados por un cilindro traba de longitud similar al cilindro-5P, los compensadores que se insertan son los de tipo: simple, puesto que el PCI

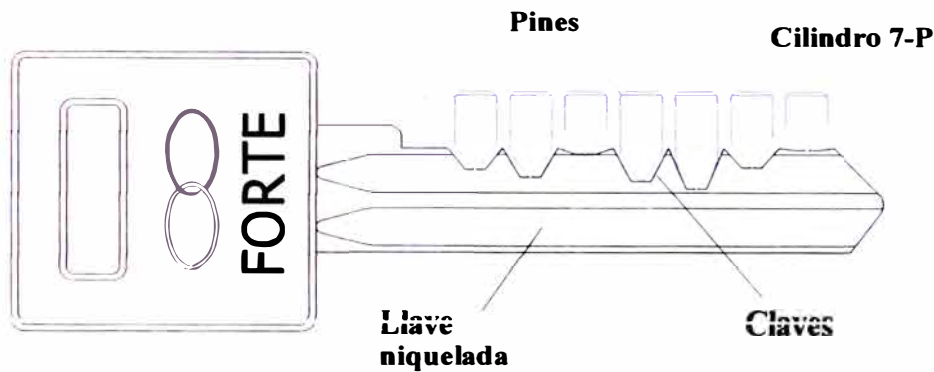
cargado (como parte perteneciente de la cerradura) quedará en el interior de la casa, es por esta razón que no es necesario ponerle elementos de seguridad como son los compensadores: carrete, aserrado y metálico, ver Figura 3.8.



**Figura 3.8:** Vista lateral en corte del PCI cargado

### 3.2.3.3 Cilindro cargado

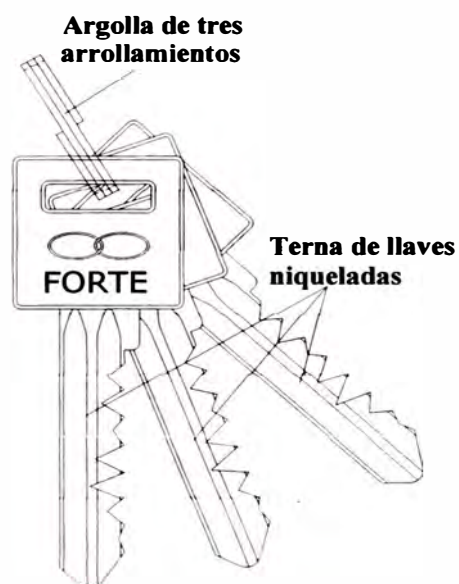
El “componente fundamental” cilindro cargado tiene en el interior de la pieza cilindro mecanizado, los pines de medida variable. Esta variedad de medida de los pines coincide con las claves asignadas a cada terna de llaves; y como cada terna tiene diferentes claves entre si, esto hace que solo un juego de llaves nivele los pines con la superficie del cilindro y se pueda hacer girar el cilindro cargado dentro de los PCE y PCI cargados, ver Figura 3.9.



**Figura 3.9:** Vista lateral en corte del cilindro-7P cargado

#### 3.2.3.4 Terna de llaves niqueladas

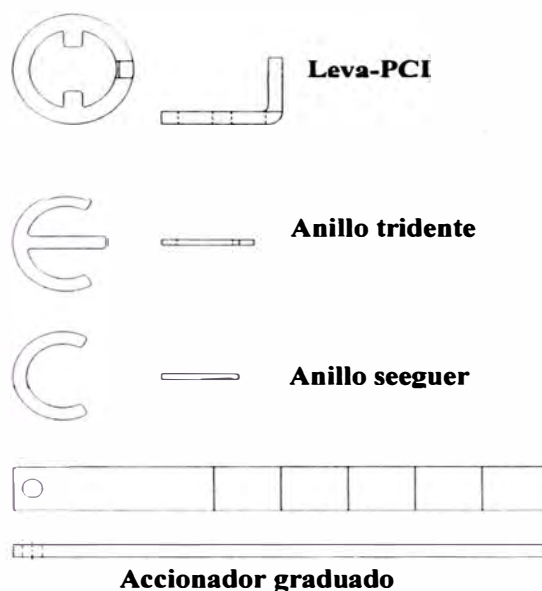
El “componente fundamental” terna de llaves niqueladas esta formado por tres llaves que han sido mecanizadas y niqueladas, cada una de estas tres llaves tiene la misma codificación de claves, pero diferente codificación entre ternas. Además cada terna esta unida mediante una argolla metálica, ver Figura 3.10.



**Figura 3.10:** Terna de llaves niqueladas unidas mediante una argolla metálica

### 3.2.3.5 Elementos externos

El “componente fundamental” elementos externos esta formado por cuatro “elementos constituyentes”, dos de ellos sirven de seguro (elementos de ajuste entre “componentes fundamentales”) del CPC como son: anillos seeguer y anillo tridente, los cuales son adquiridos de un proveedor externo: Los otros dos “elementos constituyentes” permiten mediante su giro el accionamiento de la cerradura ya instalada, estos son: accionador graduado y leva-PCI, los cuales son adquiridos de un proveedor interno, ver Figura 3.11.

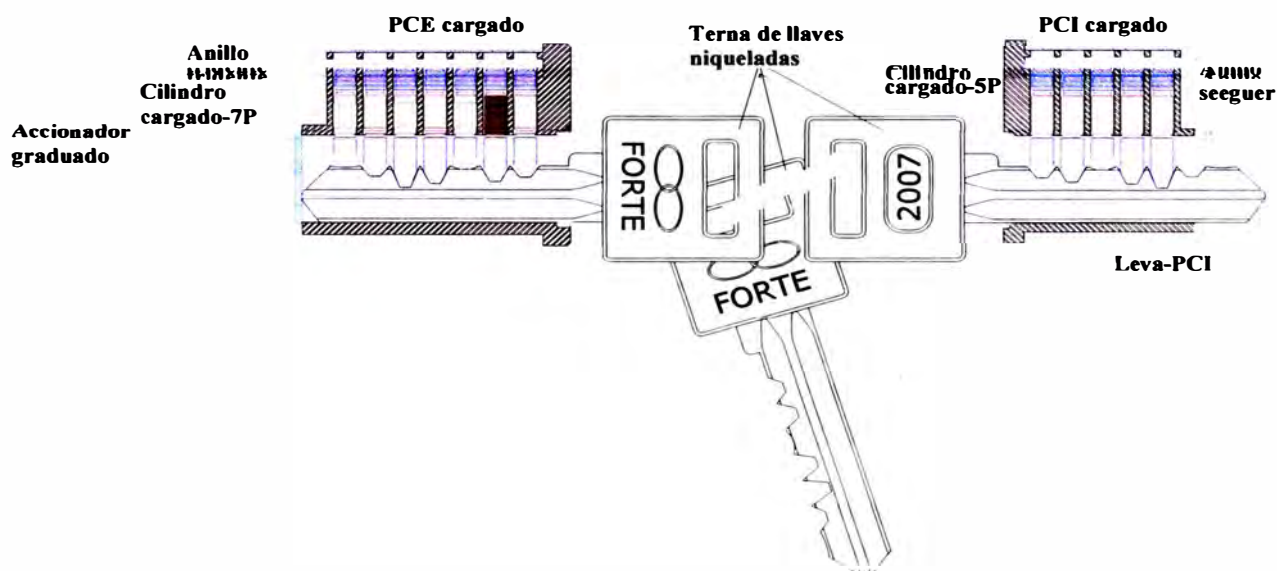


**Figura 3.11:** Elementos externos (vista de planta a la izquierda y vista lateral a la derecha)

### 3.2.4 Fase 4: Obtención del conjunto porta cilindro (CPC)

En la fase 4 se realiza la unión de los “componentes fundamentales” del conjunto porta cilindro (CPC) para la obtención CPC, ver Figura 3.12, a través de operaciones manuales que aseguran los “componentes fundamentales” :cilindro cargado-7P y cilindro cargado-5P, a los “componentes fundamentales”: PCE cargado y PCI cargado respectivamente,

mediante el ajuste e inserción de los “elementos constituyentes”: accionador graduado y anillo tridente para el “componente” PCE cargado; y anillo seeguer y leva-PCI para el “componente” PCI cargado. El CPC es la parte fundamental de una cerradura exterior tipo sobrepuesta, pues dicho CPC permite el accionamiento de apertura y cierre de la cerradura, además de brindar alta seguridad antirrobo gracias a la variación en la codificación de las claves de las llaves.



**Figura 3.12:** Vista lateral en corte del conjunto porta cilindro (CPC) como producto terminado.

### 3.3 UTILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA

La planta cuenta con varias máquinas de mecanizado para la obtención de los “elementos constituyentes” del conjunto porta cilindro (CPC) los cuales serán utilizados luego para la conformación de los “componentes fundamentales” del CPC; estas máquinas de mecanizado son automáticas siendo su alimentación de forma: frecuente, alterna o solo una vez al día. A continuación se describen cada una

de las máquinas herramienta utilizadas y sus respectivas unidades que las conforman.

### **3.3.1 Máquinas para el mecanizado de las piezas porta cilindro exterior (PCE) y porta cilindro interior (PCI)**

Las máquinas utilizadas en la metodología para el mecanizado de las piezas PCE y PCI serán descritas y están numeradas del 1 al 7. Además se describirá las máquinas que fueron eliminadas del proceso de fabricación para tener una idea más clara acerca del porque de su eliminación del proceso, estas están numeradas del 8 al 9; estas máquinas son:

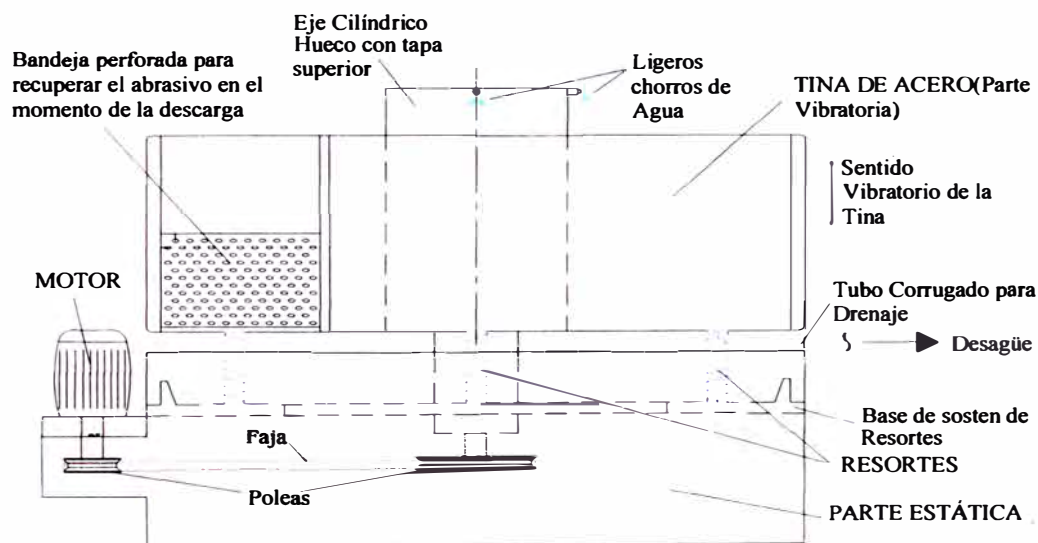
1. Máquina de vibrado-abrillantado
2. Máquina suhner-PCE
3. Máquina poly-PCE
4. Máquina suhner-PCI nueva
5. Máquina poly-PCI
6. Máquina taladro-pasador
7. Máquina taladro-escariador
8. máquina refrentadora (eliminada del proceso de fabricación)
9. Máquina suhner-PCI anterior (eliminada del proceso de fabricación)

A continuación pasamos a describir cada una de las máquinas antes mencionadas.

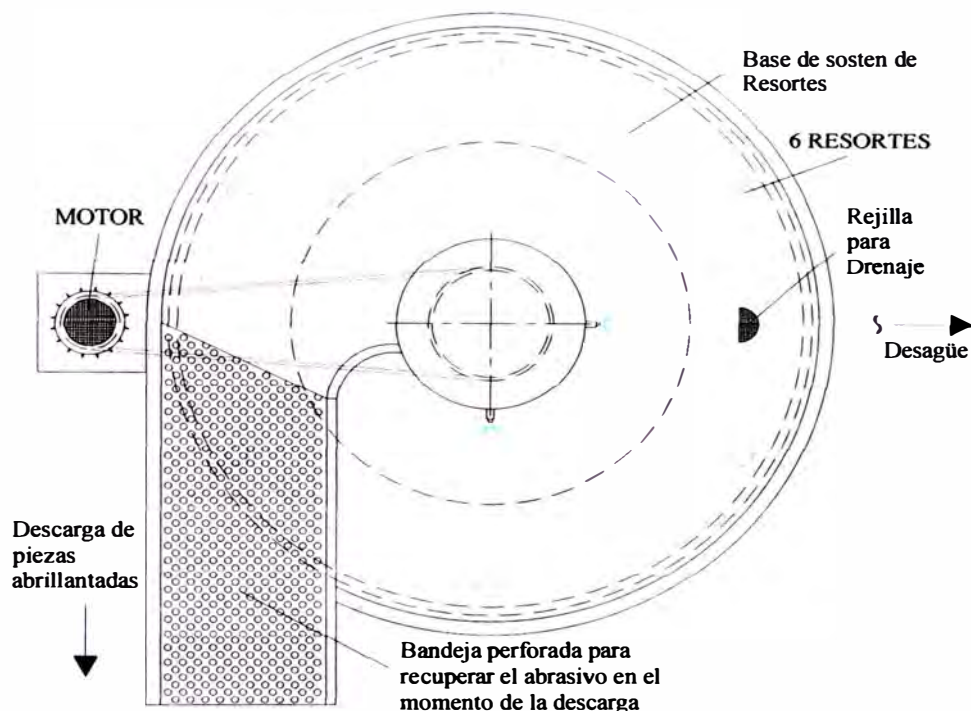
#### **3.3.1.1 Máquina de vibrado-abrillantado**

En la máquina de vibrado-abrillantado se realiza el desbaste (eliminación de rebabas) de algunas piezas mecanizadas como por ejemplo: cilindros procedentes de la máquina brochadora, llaves procedentes de la máquina cifradora, etc.; y la eliminación de impurezas exteriores y dar un

acabado superficial (abrillantado) de otras piezas como son: los PCE que vienen como materia prima. Esta máquina consta de un motor de 1.50 Kw., 60Hz, 1725 rpm., y una tina de acero de diámetro 1200 mm en cuyo centro tiene un eje cilíndrico hueco de diámetro 450 mm, en la parte superior de éste hay dos salidas de chorro de agua para mezclarse con el líquido abrillantador (Movilux HT) durante toda la operación de vibrado; el movimiento vibracional de la tina lo dan los seis resortes distribuidos simétricamente alrededor de la base de la tina, ver Figura 3.13 y Figura 3.14. Los abrasivos utilizados en esta máquina son: de tipo cerámico, para la operación de abrillantado y de tipo plástico para la operación de desbaste.



**Figura 3.13:** Vista frontal de la máquina de vibrado-abrillantado



**Figura 3.14:** Vista de planta de la máquina de vibrado-abrillantado

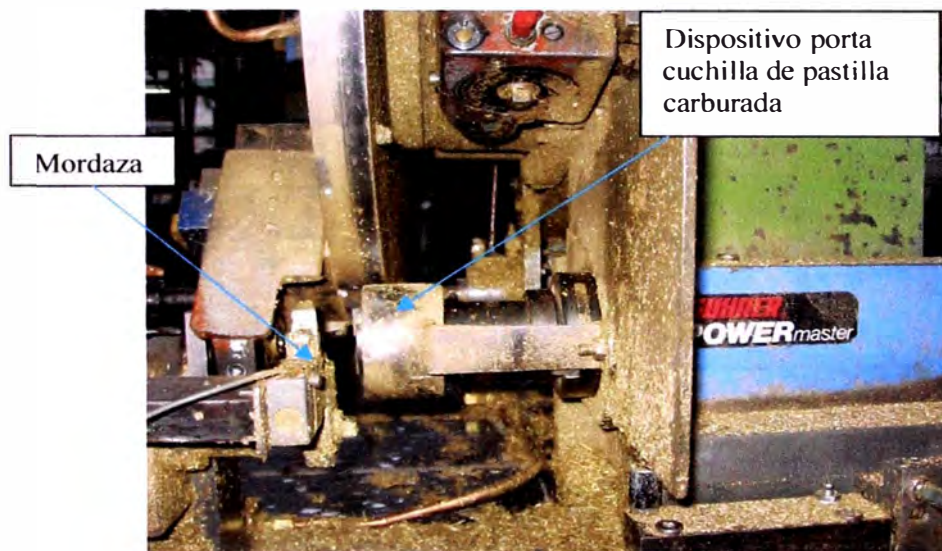
### 3.3.1.2 Máquina suhner para porta cilindro exterior (PCE): suhner-PCE

En la máquina suhner-PCE se realiza varios procesos de mecanizado a la pieza porta cilindro exterior (PCE) y consta de 06 unidades y un plato electro-neumático giratorio vertical con 06 mordazas distribuidas simétricamente sobre su circunferencia. Las unidades tienen características y un trabajo individual que a continuación se describen:

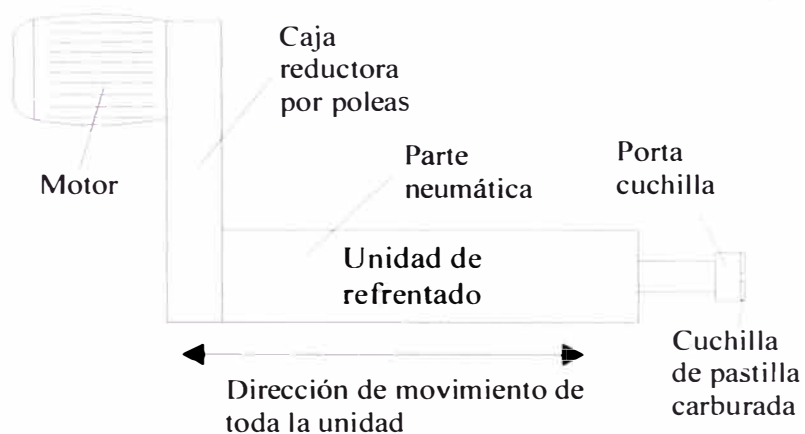
- a) *Unidad de refrentado:* esta unidad realiza el refrentado de la cara de la pieza PCE. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM35, consta de un motor de 3.00 Kw., 60Hz, 2860 rpm y una parte neumática que posee una porta cuchilla en la cual se sujeta una cuchilla de pastilla carburada, ver Figura 3.15.



Esta unidad se desplaza en conjunto (motor y parte neumática), su avance y retroceso esta definido mediante sensores denominados “finales de carrera”, ver Figura 3.16.



**Figura 3.15:** Unidad de refrentado de la máquina suhner-PCE

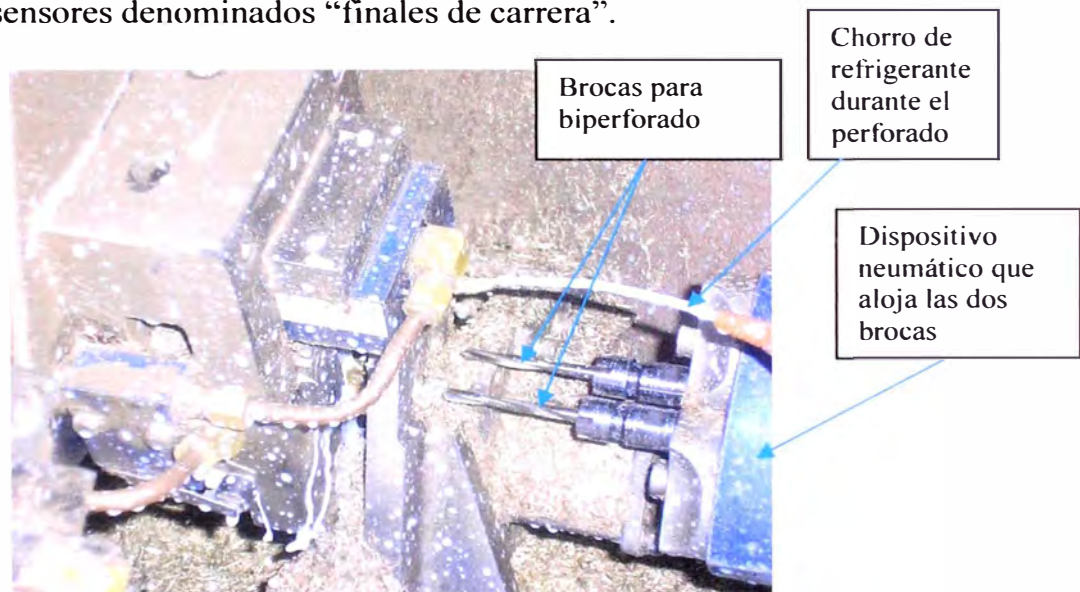


**Figura 3.16:** Vista lateral de la unidad de refrentado de la máquina suhner-PCE

b) *Unidad de hiperforado:* esta unidad realiza el perforado de los agujeros laterales de la pieza PCE. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM12, consta de un motor de 0.90Kw, 60Hz, 3440 rpm y una parte neumática en la cual se ha adaptado un

dispositivo que aloja dos brocas de acero rápido de diámetros 5.00 mm, ver Figura 3.17.

En esta unidad la parte que se desplaza es solo el émbolo de la parte neumática y cuyo avance y retroceso esta definido mediante sensores denominados “finales de carrera”.



**Figura 3.17:** Unidad de biperforado de la máquina suhner-PCE

c) *Unidad de perforado de agujero para cilindro:* esta unidad realiza el perforado del agujero para ingreso de cilindro en la pieza PCE. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM12, consta de un motor de 0.75 Kw., 60Hz, 2760 rpm y una parte neumática la cual aloja una broca de acero rápido de diámetro 12.70 mm, ver Figura 3.18.

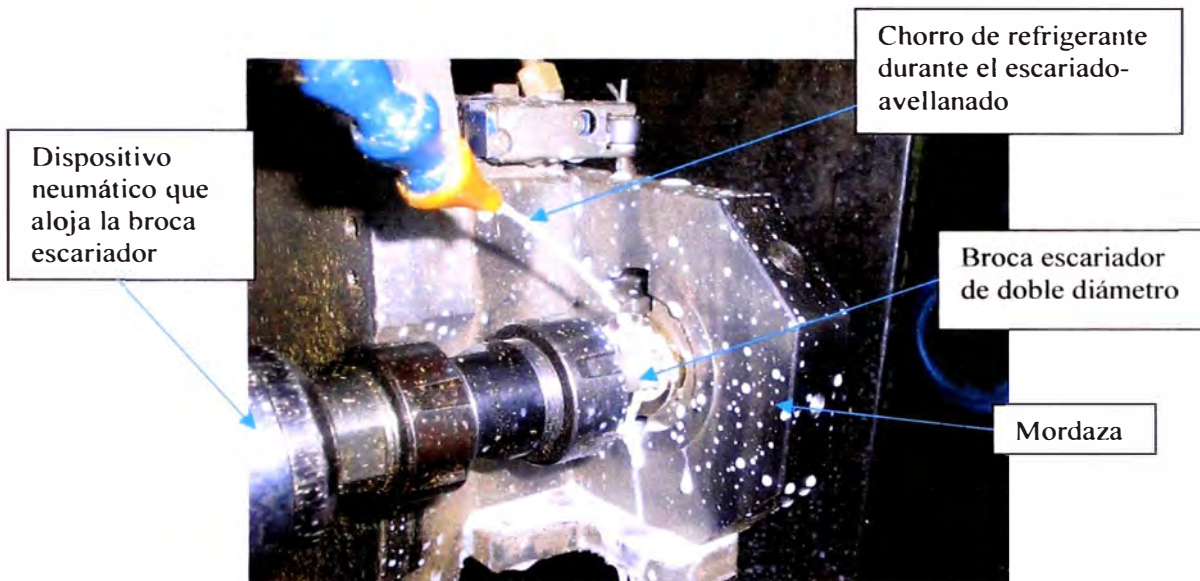
El avance y retroceso de esta unidad es de forma similar al de la unidad de biperforado.



**Figura 3.18:** Unidad de perforado de agujero para cilindro de la máquina suhner-PCE

*d) Unidad de escariado-avellanado:* esta unidad realiza el avellanado concéntrico y escariado del agujero para ingreso de cilindro por la parte refrentada de la pieza PCE. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM12, consta de un motor de 0.75 Kw., 60Hz, 2760 rpm y una parte neumática la cual aloja una broca escariador de acero rápido de doble diámetro: 13.00mm.en todo el cuerpo de la broca para el escariado del agujero para cilindro y 14.10 mm en la cola de la misma para el avellanado, ver Figura 3.19.

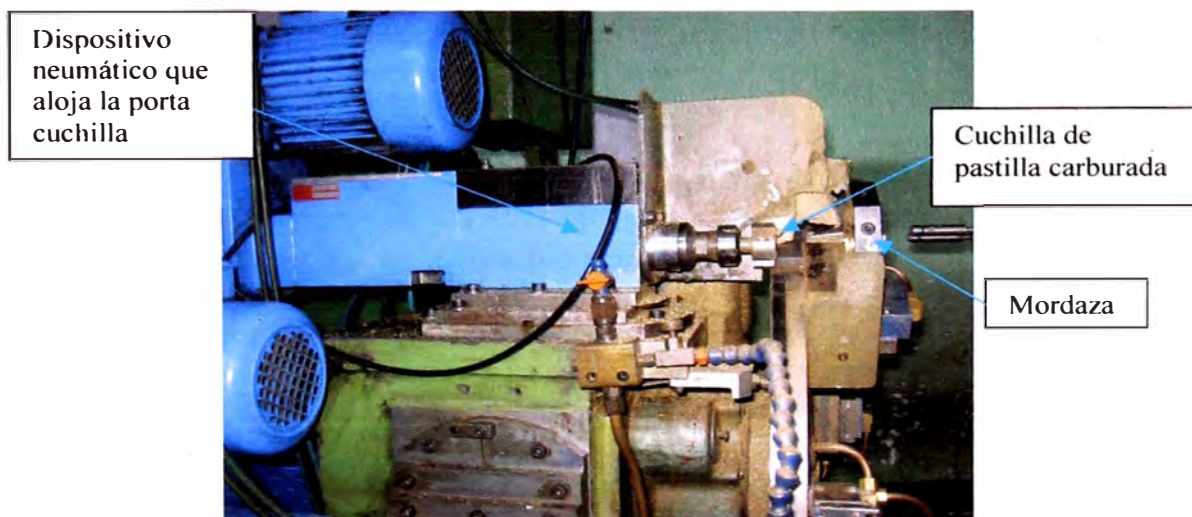
El avance y retroceso de esta unidad es de forma similar al de la unidad de Biperforado.



**Figura 3.19:** Unidad de escariado-avellanado de la máquina suhner-PCE

e) *Unidad de biselado:* esta unidad realiza el biselado de la cabeza de la pieza PCE por la parte refrentada. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM16, consta de un motor de 0.90 Kw., 60Hz, 3440 rpm y una parte neumática que posee una porta cuchilla en la cual se sujeta una cuchilla de pastilla carburada, ver Figura 3.20.

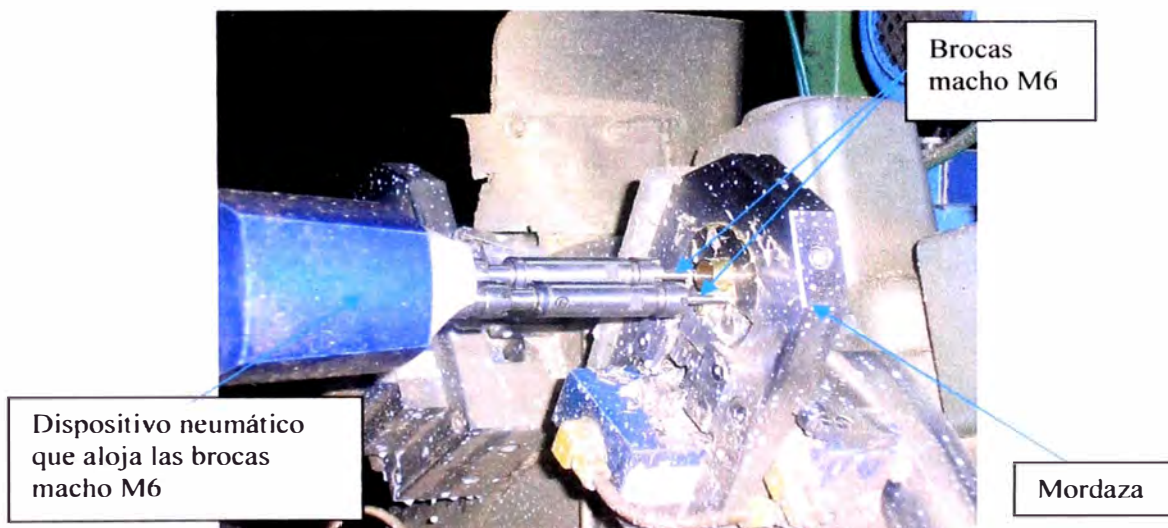
El avance y retroceso de esta unidad es de forma similar al de la unidad de biperforado.



**Figura 3.20:** Unidad de biselado de la máquina suhner-PCE

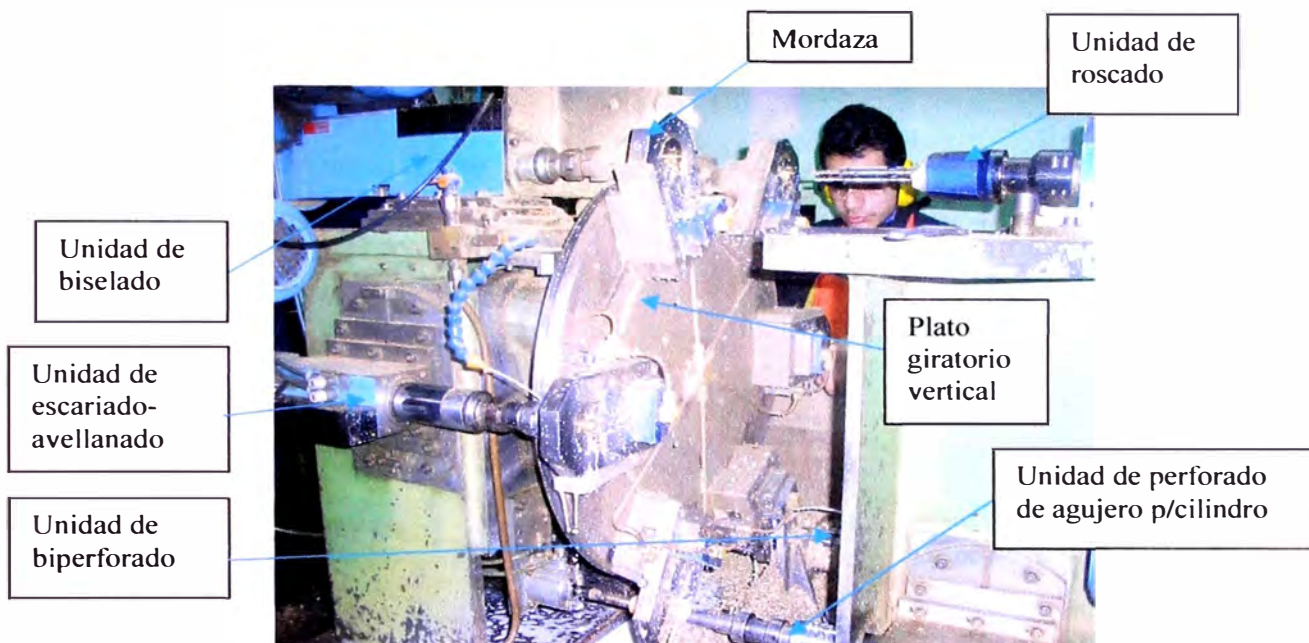
f) *Unidad de roscado:* esta unidad realiza el roscado de los agujeros laterales de la pieza PCE. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM16 y consta de un motor de 1.10 Kw., 60Hz, 910 rpm y una parte neumática en la cual se ha adaptado un dispositivo que aloja dos brocas macho para agujero ciego de acero rápido M6, ver Figura 3.21.

El avance y retroceso de esta unidad es de forma similar al de la unidad de biperforado.



**Figura 3.21:** Unidad de roscado de la máquina suhner-PCE

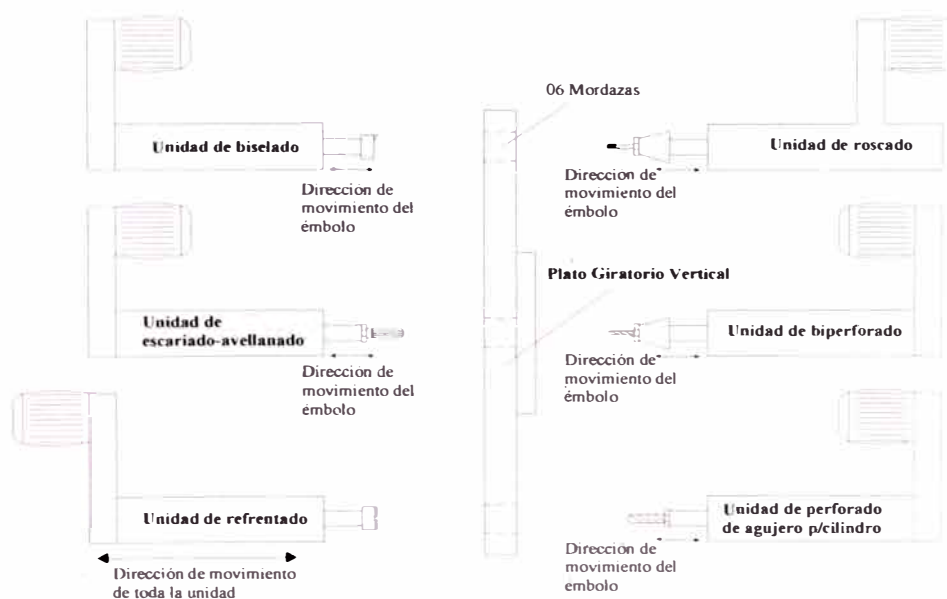
El plato neumático giratorio vertical tiene un diámetro de 630mm y esta impulsado por la unidad neumática rotativa FESTO PNEUMATIC type ST-450, ver Figura 3.22. Este plato tiene 06 mordazas dispuestas simétricamente en su circunferencia, en dichas mordazas se colocan las piezas PCE que vienen como materia prima para su respectivo mecanizado. La disposición de las unidades electro-neumáticas respecto al plato giratorio vertical es en forma perpendicular, ver Figura 3.23.



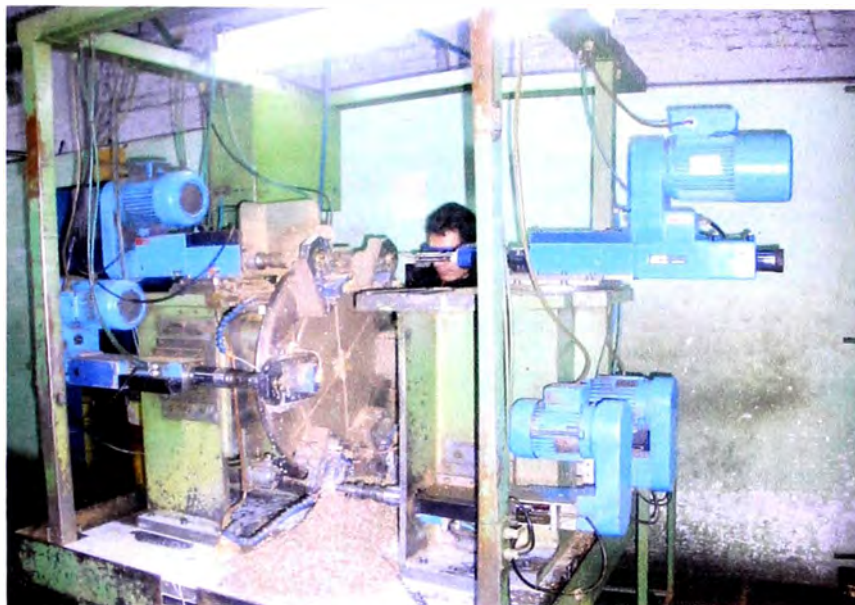
**Figura 3.22:** Plato giratorio vertical de la máquina suhner-PCE

Todas las unidades excluyendo la de refrentado y biselado son lubricadas durante el mecanizado con refrigerante líquido Emulsol, ver Figura 3.19.

La máquina cuenta con una motobomba de 0.10Kw para la recirculación del refrigerante. En la Figura 3.24, se muestra la máquina suhner-PCE.



**Figura 3.23:** Disposición de las unidades electro-neumáticas en la máquina suhner-PCE

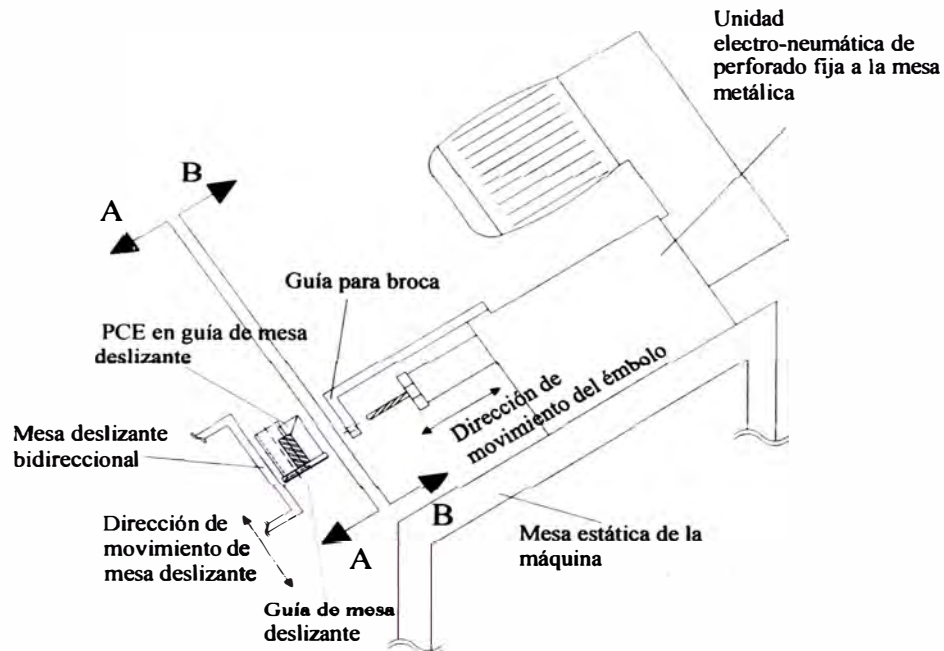


**Figura 3.24:** Máquina suhner-PCE

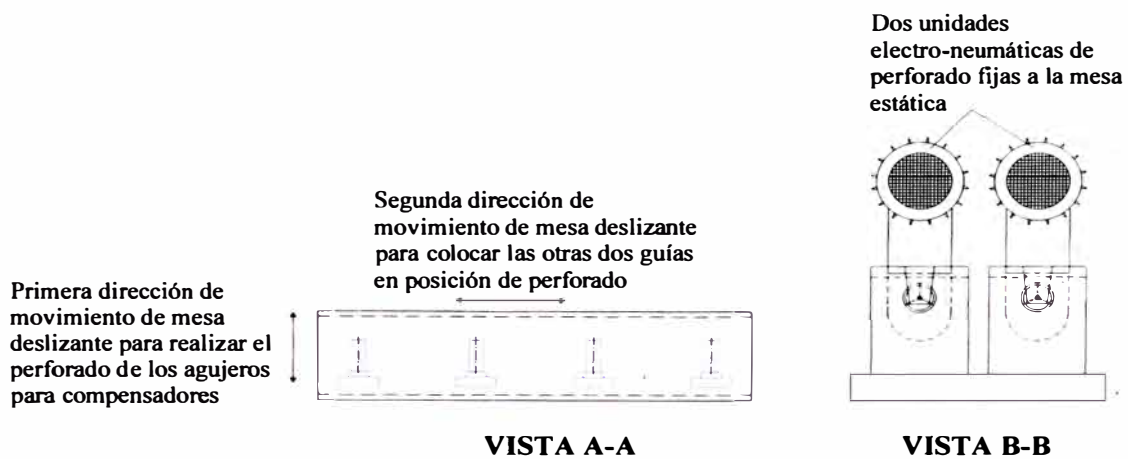
### **3.3.1.3 Máquina poly para porta cilindro exterior (PCE): poly-PCE**

En la máquina poly-PCE se realiza el perforado de los agujeros para el ingreso de los resortes y compensadores en la pieza PCE, consta de 02 unidades electro-neumáticas marca Suhner y type BEM6 con un motor de 0.45 Kw., 60Hz, 3410 rpm cada una; éstas unidades tienen una parte neumática la cual lleva una broca de acero rápido de diámetro 3.30 mm. Además cuenta con una pequeña mesa metálica deslizante bidireccional que tiene 04 guías estáticas donde se colocan las piezas mecanizadas provenientes de la máquina suhner-PCE y otra mesa fija en la cual están montadas las unidades, estas dos mesas están contenidas en planos que forman un ángulo diedro de 90°. Las unidades son lubricadas durante el mecanizado con refrigerante líquido Emulsol, ver Figura 3.25 y Figura 3.26.

La máquina cuenta con una motobomba de 0.10Kw para la recirculación del refrigerante.



**Figura 3.25:** Vista lateral de la máquina poly-PCE



**Figura 3.26:** Vista A-A de la mesa deslizable y vista B-B de la mesa estática de la máquina poly-PCE



#### **3.3.1.4 Máquina suhner para porta cilindro interior (PCI): suhner-PCI nueva**

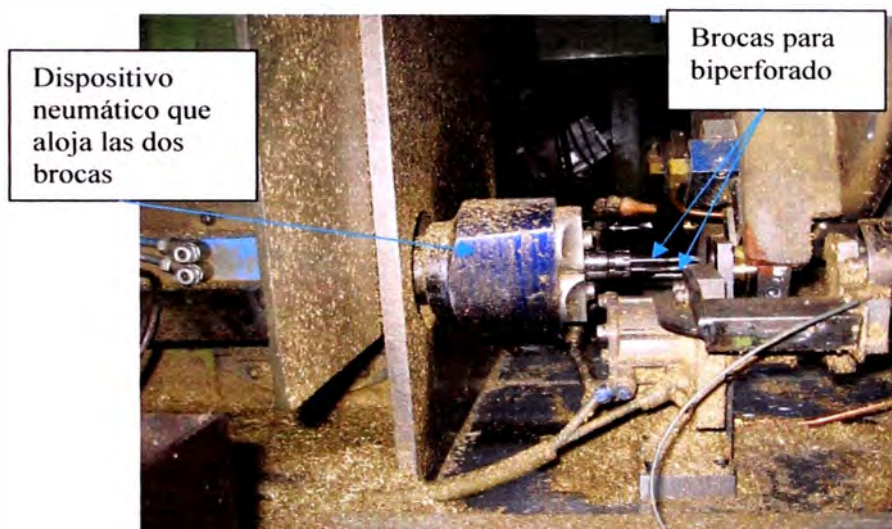
En esta máquina se realiza varios procesos de mecanizado a la pieza porta cilindro interior (PCI) y consta de 06 unidades y un plato electro-neumático giratorio vertical con 06 mordazas distribuidas simétricamente sobre su circunferencia. Las unidades tienen características y un trabajo individual que a continuación se describen:

*g) Unidad de refrentado:* esta unidad realiza el refrentado de la cara de la pieza PCI. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM35, consta de un motor de 3.00 Kw., 60Hz, 2860 rpm y una parte neumática que posee una porta cuchilla en la cual se sujeta una cuchilla de pastilla carburada, esta unidad de refrentado es similar al de la máquina suhner-PCE, ver Figura 3.15.

Esta unidad se desplaza en conjunto (motor y parte neumática), su avance y retroceso esta definido mediante sensores denominados “finales de carrera”, ver Figura 3.16.

*h) Unidad de biperforado:* esta unidad realiza el perforado de los agujeros laterales de la pieza PCI. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM12 y consta de un motor de 0.66 Kw., 60Hz, 1700 rpm y una parte neumática en la cual se ha adaptado un dispositivo que aloja dos brocas de acero rápido de diámetros 3.30 mm , ver Figura 3.27.

En esta unidad la parte que se desplaza es solo el émbolo de la parte neumática y cuyo avance y retroceso esta definido mediante sensores denominados “finales de carrera”.



**Figura 3.27:** Unidad de biperforado de la máquina suhner-PCI nueva

i) *Unidad de perforado de agujero para cilindro:* esta unidad realiza el perforado del agujero para ingreso de cilindro en la pieza PCI. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM12, consta de un motor de 0.66 Kw., 60Hz, 1700 rpm y una parte neumática la cual aloja una broca de acero rápido de diámetro 12.50 mm , ver Figura 3.28.

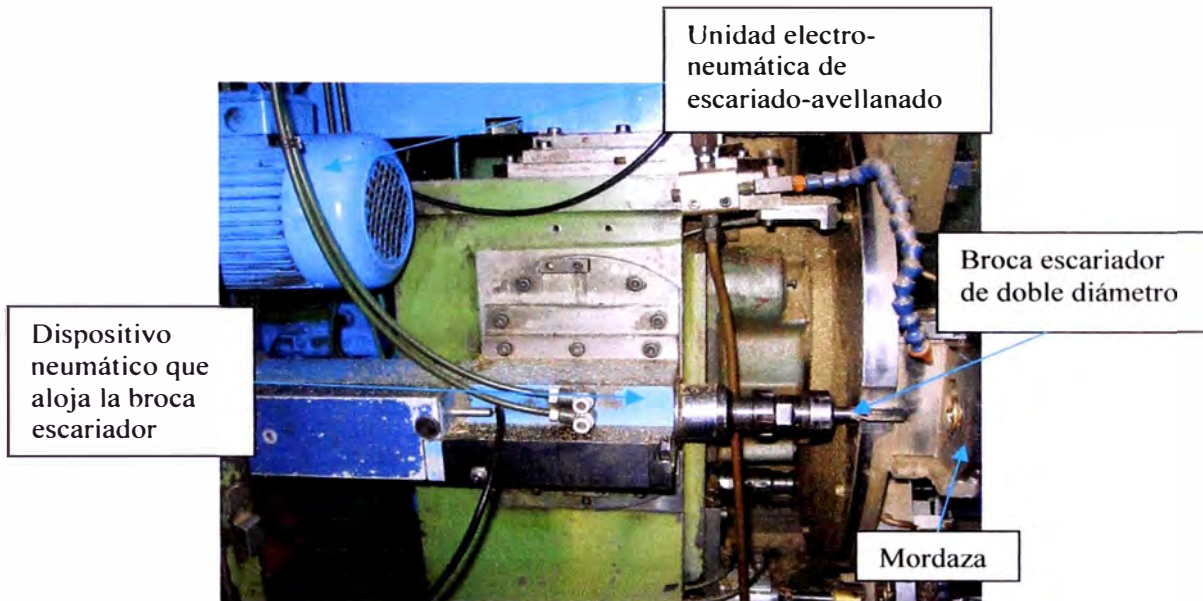
El avance y retroceso de esta unidad es de forma similar al de la unidad de biperforado.



**Figura 3.28:** Unidad de perforado de agujero para cilindro de la máquina suhner-PCI nueva

j) *Unidad de escariado-avellanado:* esta unidad realiza el avellanado concéntrico y escariado del agujero para ingreso de cilindro por la parte refrentada de la pieza PCI. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM12, consta de un motor de 0.90 Kw., 60Hz, 3440 rpm y una parte neumática la cual aloja una broca escariador de acero rápido de doble diámetro: 13.00mm.en todo el cuerpo de la broca para el escariado del agujero para cilindro y 14.10mm en la cola de la misma para el avellanado, ver Figura 3.29.

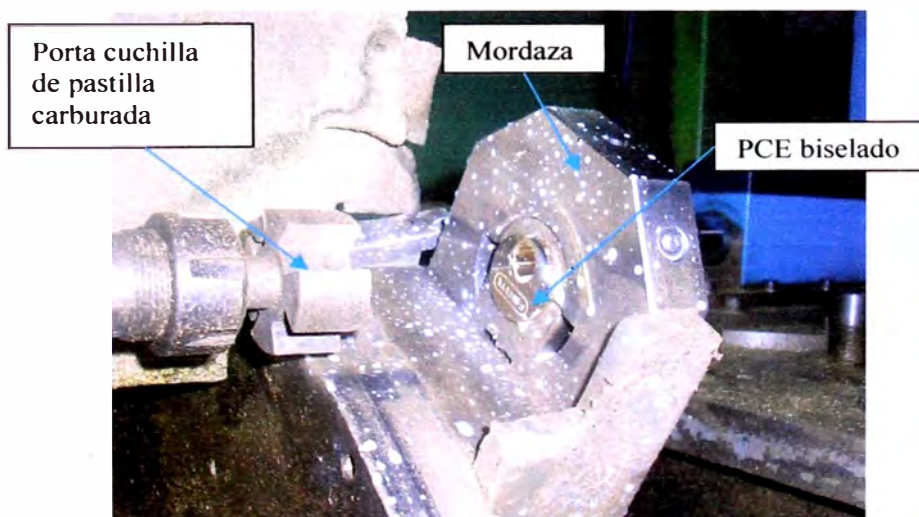
El avance y retroceso de esta unidad es de forma similar al de la unidad de biperforado.



**Figura 3.29:** Unidad de escariado-avellanado de la máquina suhner-PCI nueva

*k) Unidad de biselado:* esta unidad realiza el biselado de la cabeza de la pieza PCI por la parte refrentada. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM16, consta de un motor de 0.90 Kw., 60Hz, 3440 rpm y una parte neumática que posee una porta cuchilla en la cual se sujeta una cuchilla de pastilla carburada, ver Figura 3.30.

El avance y retroceso de esta unidad es de forma similar al de la unidad de biperforado.



**Figura 3.30:** Unidad de biselado de la máquina suhner-PCI nueva

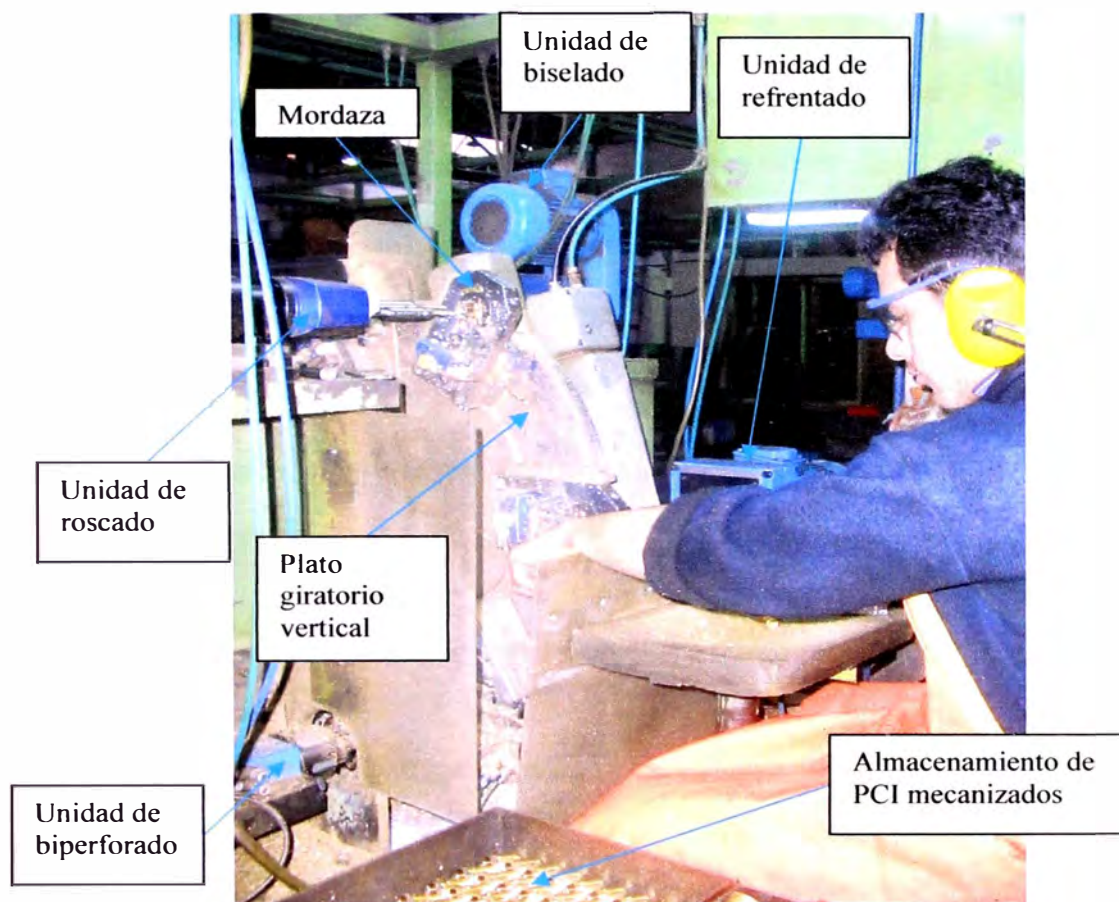
l) *Unidad de roscado:* esta unidad realiza el roscado de los agujeros laterales de la pieza PCI. Esta unidad es electro-neumática de marca Suhner y type BEM16 y consta de un motor de 0.75 Kw., 60Hz, 1130 rpm y una parte neumática en la cual se ha adaptado un dispositivo que aloja dos brocas macho para agujero ciego de acero rápido M4, ver Figura 3.31.

El avance y retroceso de esta unidad es de forma similar al de la unidad de biperforado.



**Figura 3.31:** Unidad de roscado de la máquina suhner-PCI nueva

El plato neumático giratorio vertical tiene un diámetro de 630mm y esta impulsado por la unidad neumática rotativa FESTO PNEUMATIC type ST-450, ver Figura 3.32. Este plato tiene 06 mordazas dispuestas simétricamente en su circunferencia, en dichas mordazas se colocan las piezas PCI que vienen como materia prima para su respectivo mecanizado. La disposición de las unidades electro-neumáticas respecto al plato giratorio vertical es en forma perpendicular y de forma similar al de la máquina suhner-PCE, ver Figura 3.23.



**Figura 3.32:** Plato giratorio vertical de la máquina suhner-PCI nueva

Todas las unidades excluyendo la de refrentado y biselado son lubricadas durante el mecanizado con refrigerante líquido Emulsol, ver Figura 3.19.

La máquina cuenta con una motobomba de 0.10Kw para la recirculación del refrigerante.

### 3.3.1.5 Máquina poly para porta cilindro interior (PCI): poly-PCI

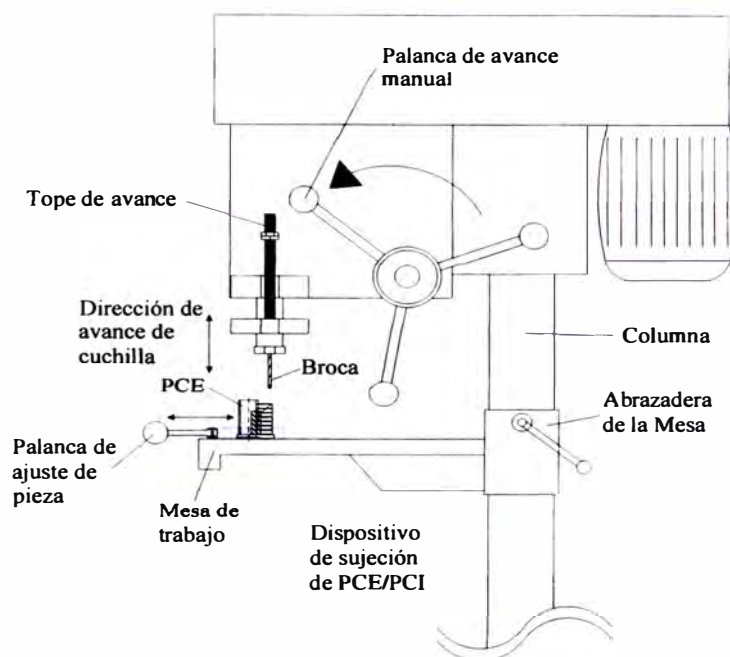
En la máquina poly-PCI se realiza el perforado de los agujeros para el ingreso de los resortes y compensadores en la pieza PCI, consta de 02 unidades electro-neumáticas marca Suhner y type BEM6 con un motor de 0.67 Kw., 60Hz, 3320 rpm cada una; éstas unidades tienen una parte

neumática la cual lleva una broca de acero rápido de diámetro 3.30 mm. Además cuenta con una pequeña mesa metálica deslizante bidireccional que tiene 04 guías estáticas donde se colocan las piezas mecanizadas provenientes de la máquina suhner-PCI nueva y otra mesa fija en la cual están montadas las unidades, estas dos mesas están contenidas en planos que forman un ángulo diedro de 90°. Las unidades son lubricadas durante el mecanizado con refrigerante líquido Emulsol. La constitución física de la poly-PCI es similar al de la máquina poly-PCE, ver Figura 3.25 y Figura 3.26.

La máquina cuenta con una motobomba de 0.10Kw para la recirculación del refrigerante.

#### **3.3.1.6 Máquina taladro-pasador**

En la máquina taladro-pasador se realiza el perforado del agujero para ingreso de pin – pasador tanto para las piezas PCE como para las piezas PCI provenientes de sus mecanizados en sus respectivas máquinas poly. Esta máquina tiene el cuerpo de un taladro vertical manual y consta de un motor de 0.38 Kw., 60 Hz, 1750 rpm y una broca de acero rápido de diámetro 2.60 mm, su avance vertical es manual y su tope de avance es mecánico mediante el ajuste de un tornillo milimétrico, ver Figura 3.33.

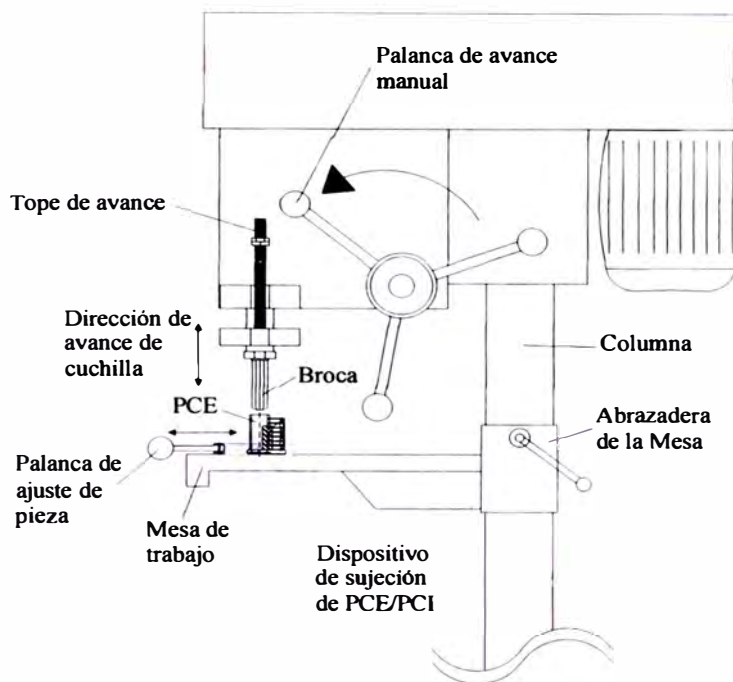


**Figura 3.33:** Vista lateral de la máquina taladro-pasador

### 3.3.1.7 Máquina taladro-escariador

En la máquina taladro-escariador se realiza el escariado del agujero para ingreso de cilindro tanto de las piezas PCE como para las piezas PCI provenientes de la máquina taladro-pasador para la eliminación de la rebaba dejada por el perforado de los agujeros para ingreso de compensadores en las máquinas poly. Esta máquina tiene el cuerpo de un taladro vertical manual y consta de un motor de 0.66Kw, 60 Hz, 1750 rpm y una broca escariador de acero rápido de diámetro 13.00 mm, su avance vertical es manual y su tope de avance es mecánico mediante el ajuste de un tornillo milimétrico, ver Figura 3.34.

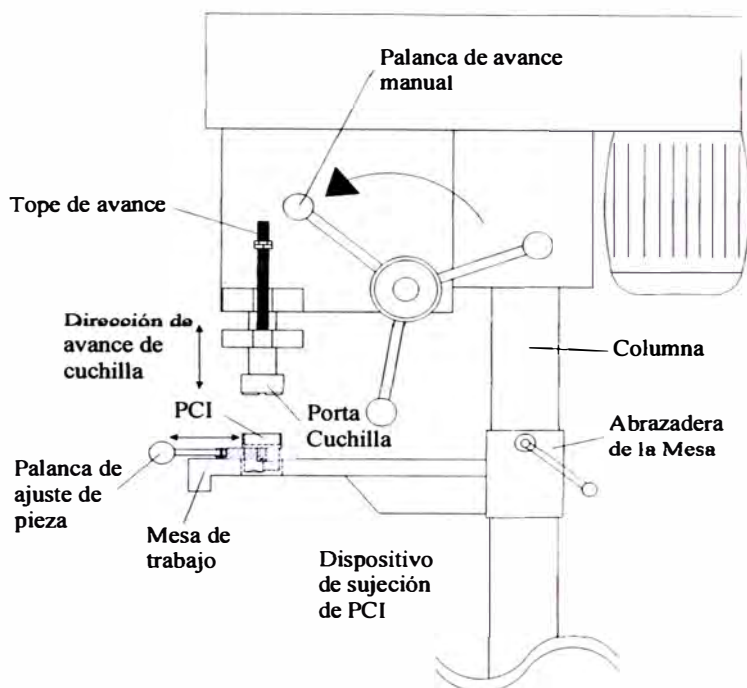




**Figura 3.34:** Vista lateral de la máquina taladro-escariador

### 3.3.1.8 Máquina refrentadora

En la máquina refrentadora se iniciaba el proceso de mecanizado de las piezas PCI que vienen como materia prima ( $PCI_{\text{materia prima}}$ ) realizándose solo una operación de refrentado sobre la cara de la pieza PCI. Esta máquina tiene el cuerpo de un taladro vertical manual y consta de un motor de 0.90 Kw., 60 Hz, 1700 rpm; y una cuchilla de tipo pastilla carburada. Su avance vertical es manual y el tope de avance es mecánico mediante el ajuste de un tornillo milimétrico, ver Figura 3.35.



**Figura 3.35:** Vista lateral de la máquina refrentadora

### 3.3.1.9 Máquina suhner para porta cilindro interior (PCI): suhner-PCI anterior

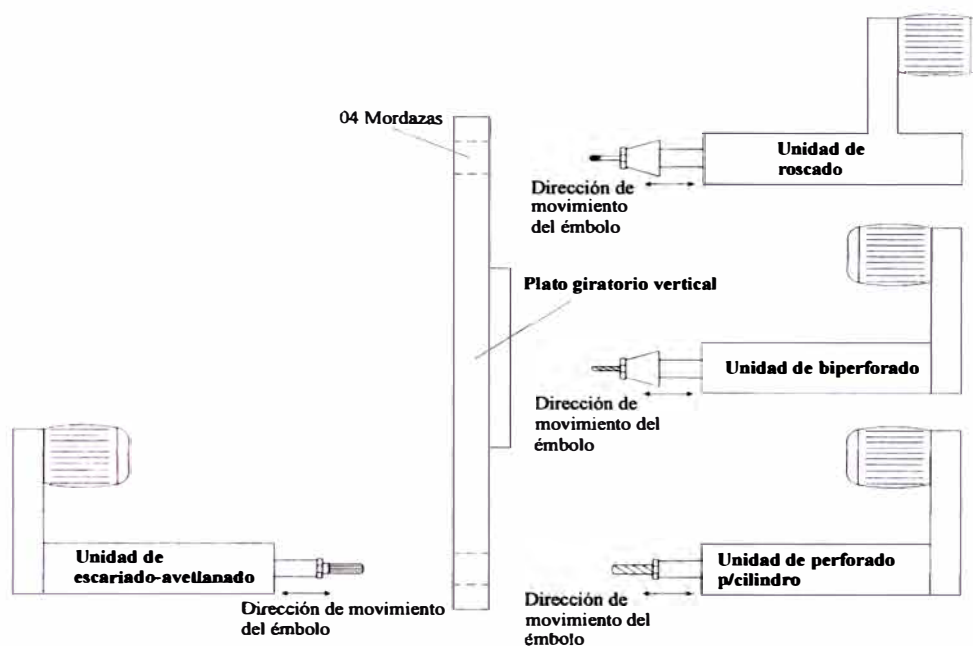
En la máquina suhner-PCI anterior se realizaba cuatro operaciones de mecanizado sobre las piezas PCI que provenían de la máquina refrentadora, estas operaciones eran: biperforado de agujeros laterales, perforado de agujero para ingreso de cilindro, escariado-avellanado del agujero p/cilindro y roscado de los agujeros laterales, nótese que no se ha mencionado la operación de biselado de la cabeza del PCI la cual ahora se realiza en la máquina suhner-PCI nueva. La suhner-PCI anterior consta de 04 unidades y un plato electro-neumático giratorio vertical con 04 mordazas distribuidas simétricamente sobre su circunferencia. Las 04 unidades electro-neumáticas son:

- Unidad de biperforado
- Unidad de perforado de agujero para ingreso de cilindro
- Unidad de escariado-avellanado
- Unidad de roscado

Estas unidades electro-neumáticas tienen las mismas características que las unidades correspondientes a la máquina suhner-PCI nueva.

El plato electro-neumático giratorio vertical tiene un diámetro de 400mm y está impulsado por la unidad neumática rotativa FESTO PNEUMATIC type ST-270-A, su constitución física y disposición es similar al de la máquina Suhner-PCI nueva, ver Figura 3.24. Este plato tiene 04 mordazas dispuestas simétricamente en su circunferencia, en dichas mordazas se colocaban las piezas PCI provenientes de la máquina refrentadora para su respectivo mecanizado. La disposición de las unidades respecto al plato giratorio vertical es en forma perpendicular, ver Figura 3.36.

Todas las unidades son lubricadas durante el mecanizado con refrigerante líquido Emulsol ver Figura 3.19. La máquina cuenta con una motobomba de 0.10Kw para la recirculación del refrigerante.



**Figura 3.36:** Disposición de las unidades en la máquina suhner-PCI anterior

### **3.3.2 Máquinas para el mecanizado de las piezas cilindro**

Las máquinas utilizadas en la metodología para el mecanizado de las piezas cilindro serán descritas y están numeradas del 1 al 4, y estas son:

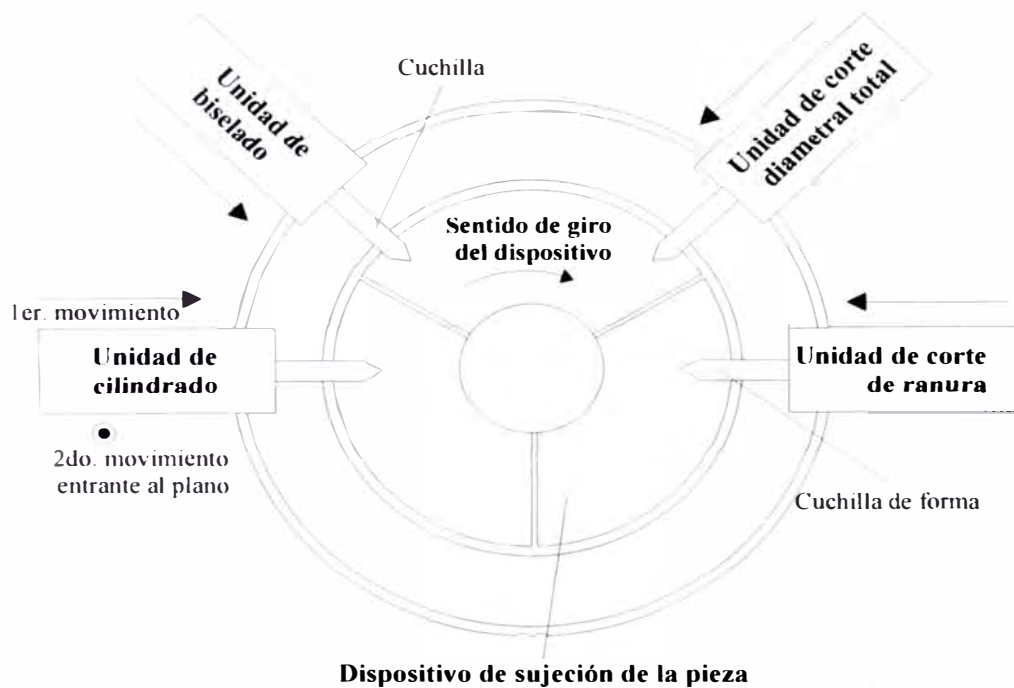
1. Máquina torno automático-7P
2. Máquina torno automático-5P
3. Máquina transfer de cilindros
4. Máquina brochadora de cilindros

A continuación pasamos a describir cada una de las máquinas antes mencionadas.

#### **3.3.2.1 Máquina torno automático-7P**

En la máquina torno automático-7P se realiza el torneado de la varilla de latón de diámetro 14 mmx3.0 m que viene como materia prima para obtener la pieza denominada cilindro-7P. Esta máquina es un torno automático horizontal con eje de levas y un alimentador tubular horizontal,

consta de un motor de 4.00 Kw., 60 Hz, 1710 rpm. En la Figura 3.37 se muestra la disposición de las unidades de corte en el torno y en la Figura 3.38, se muestra la máquina torno automático-7P.



**Figura 3.37:** Disposición de las unidades de corte en la máquina torno automático-7P



**Figura 3.38:** Máquina torno automático – 7P

### **3.3.2.2 Máquina torno automático-5P**

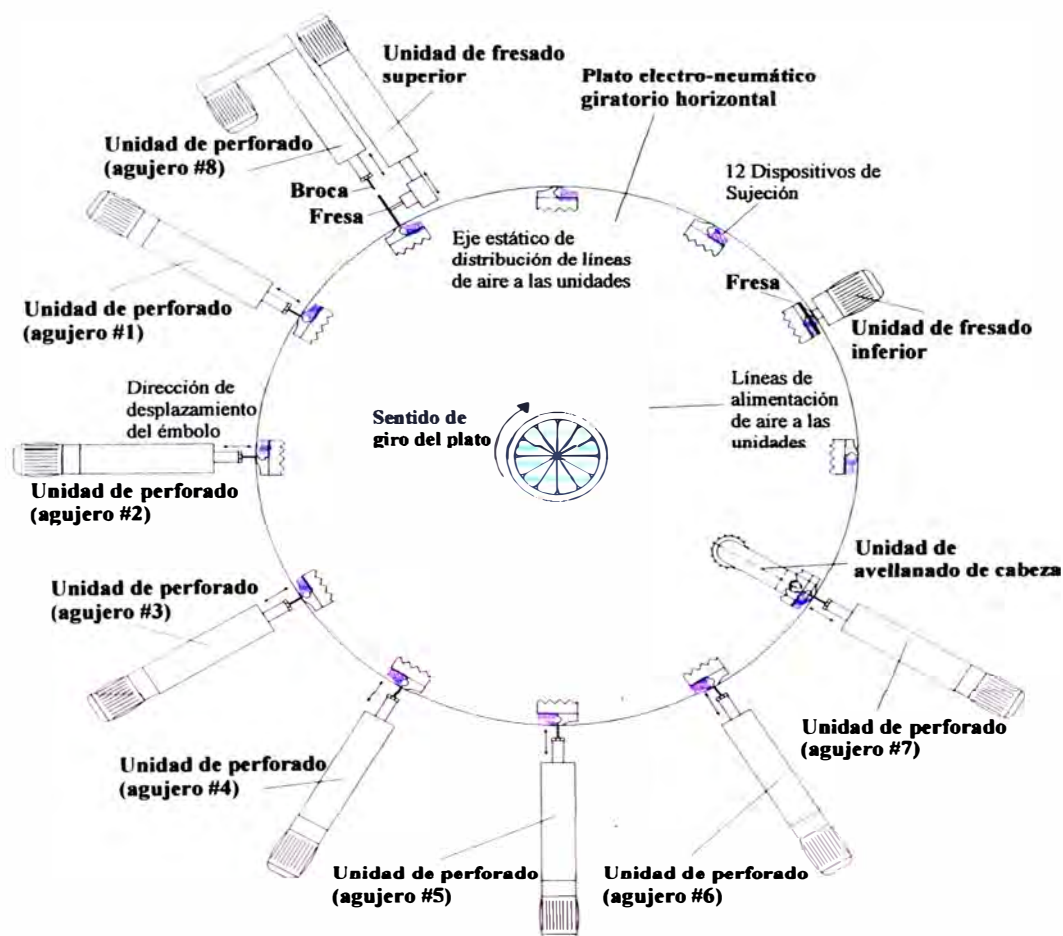
En la máquina torno automático-5P se realiza el torneado de la varilla de latón de diámetro 14 mmx3.0 m que vienen como materia prima para obtener la pieza denominada cilindro-5P. Esta máquina es un torno automático horizontal con eje de levas y un alimentador tubular horizontal, consta de un motor de 3.00 Kw, 60 Hz, 1710 rpm; su constitución física es similar al de la máquina torno automático-7P así como también la disposición de las unidades de corte, ver Figura 3.37 y Figura 3.38.

### **3.3.2.3 Máquina transfer de cilindros**

En la máquina transfer de cilindros se realiza el perforado de agujeros para el ingreso de pines en la pieza cilindro proveniente de las máquinas tornos automáticos, consta de 07 unidades de perforado, 02 unidades de fresado horizontal (superior e inferior), un plato neumático giratorio horizontal y 01 unidad de avellanado.

Las 07 unidades de perforado son de marca Suhner y type BEM6 constan de un motor de 0.75 Kw., 60 Hz, 3443 rpm y una parte neumática la cual lleva una broca de acero rápido de diámetro 3.00 mm. La unidad de fresado horizontal inferior es de marca Suhner y type BEX15 consta de un motor de 0.75 Kw., 60 Hz, 1715 rpm y lleva una fresa de disco dentada (sierra para metal) de dimensiones 125x3x22mm; esta unidad es elevada neumáticamente en forma vertical para realizar el fresado. La unidad de fresado horizontal superior es de marca Suhner y type BEM12 consta de un motor de 0.75 Kw., 60 Hz, 3443 rpm y lleva una fresa de disco dentada

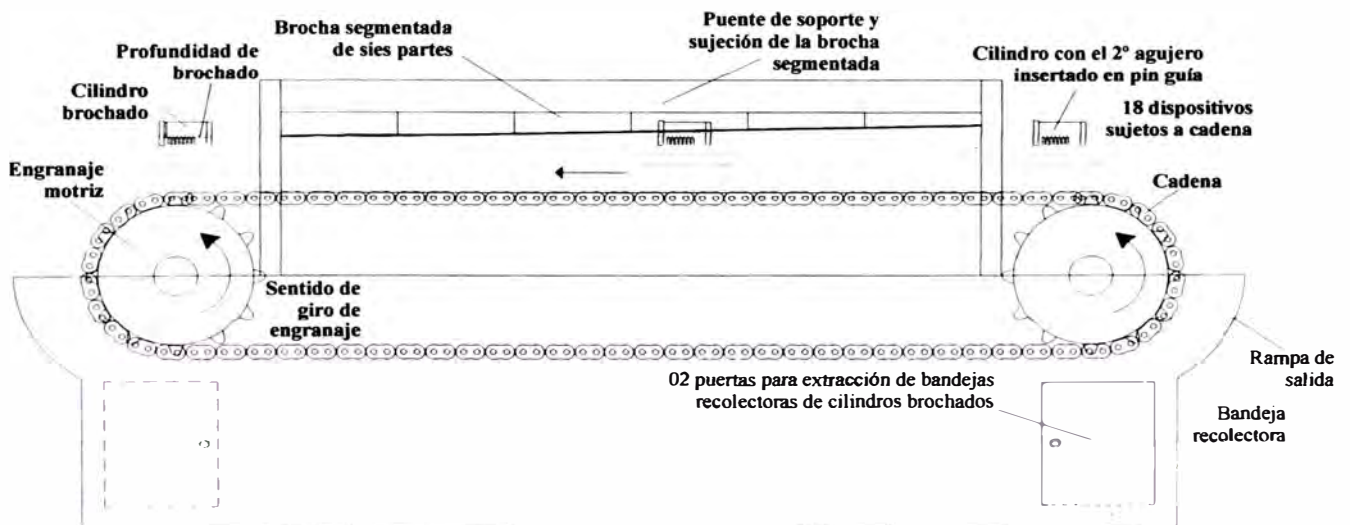
(sierra para metal) de dimensiones 125x3x22mm. El plato neumático giratorio horizontal tiene un diámetro de 530mm y está impulsado por la unidad neumática rotativa marca Suhner type RT4; este plato tiene 12 mordazas dispuestas simétricamente en su circunferencia, en dichas mordazas se colocan las piezas que provienen de los tornos automáticos. La unidad de avellanado vertical es de marca Suhner y type BEM6 consta de un motor de 0.75 Kw., 60 Hz, 3443 rpm y una parte neumática la cual lleva una broca de acero rápido de diámetro 5.50mm. En la Figura 3.39, se muestra la disposición de las unidades respecto al plato giratorio horizontal.



**Figura 3.39:** Vista en planta de la disposición de las unidades en la máquina transfer de cilindros

### 3.3.2.4 Máquina brochadora de cilindros

En la máquina brochadora de cilindros se realiza el corte axial (ranura axial) a las piezas cilindro provenientes de la máquina transfer de cilindros para el ingreso de la llave; consta de un motor de 3.00 Kw, 60Hz, y ejerce una presión de corte de 6.0 bar, además posee 18 dispositivos sujetos a una cadena la cual gira continuamente sobre un plano vertical pasando a mitad de ciclo de giro por la brocha segmentada longitudinal (unión de seis segmentos consecutivos) la cual realiza el corte o brochado axial del cilindro. En la Figura 3.40, se muestra la disposición de las unidades sobre la cadena de la máquina brochadora.



**Figura 3.40:** Vista lateral de la disposición de unidades en la máquina brochadora de cilindros

### 3.3.3 Máquinas para el mecanizado de las piezas llave

Las máquinas utilizadas en la metodología para el mecanizado de las piezas llave serán descritas y están numeradas del 1 al 3, y estas son:

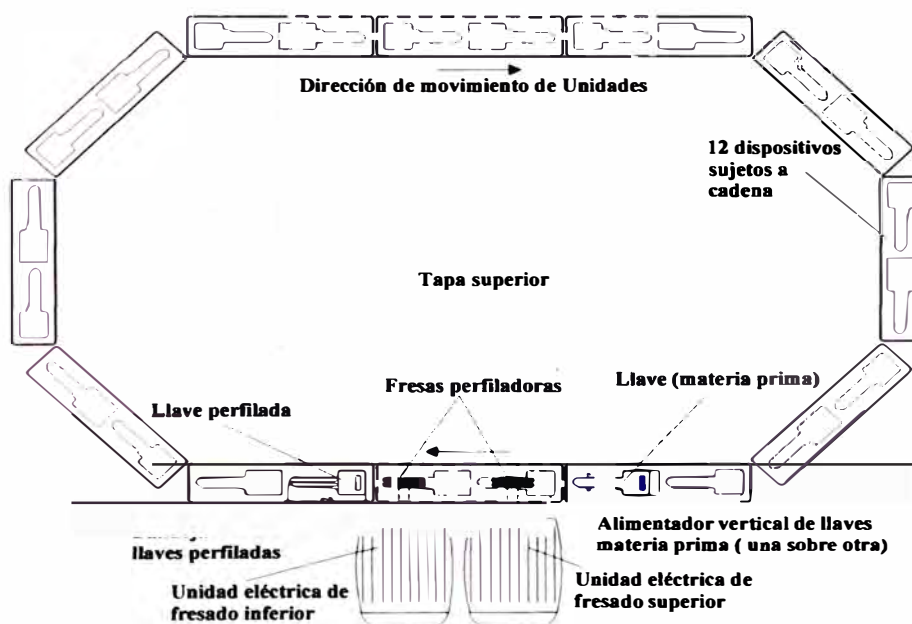


1. Máquina de perfilado
2. Máquina de estampado
3. Máquina de cifrado

A continuación pasamos a describir cada una de las máquinas antes mencionadas.

### 3.3.3.1 Máquina de perfilado

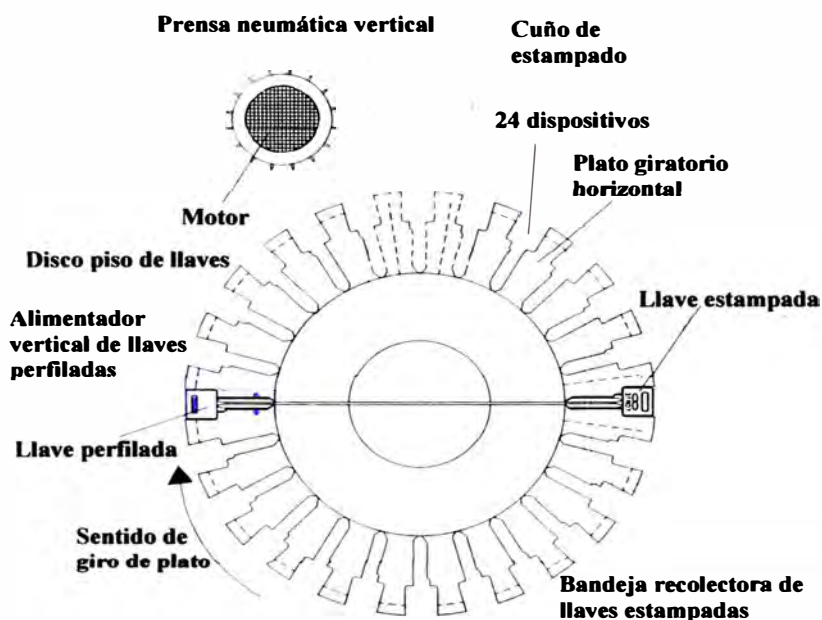
En la máquina de perfilado se realiza el ranurado en el cuerpo (perfilado) de las piezas llave que vienen como materia prima; consta de dos unidades eléctricas de fresado (superior e inferior) con motor de 0.45 Kw, 60 Hz, 1000 rpm, cada una, estas unidades contiene las fresas perfiladoras; además la máquina perfiladora posee 12 dispositivos (cada dispositivo almacena 2 piezas llave) que están sujetos a una cadena la cual gira continuamente sobre un plano horizontal, ver Figura 3.41.



**Figura 3.41:** Vista en planta de la disposición de los dispositivos en la máquina de perfilado

### 3.3.3.2 Máquina de estampado

En la máquina de estampado se realiza el estampado del logo “FORTE” en la cabeza de las piezas llave provenientes de la máquina de perfilado; consta de un motor de 5.50 Kw, 60Hz, 1750 rpm y una prensa neumática vertical que ejerce una presión de 100 bar y contiene los cuños de estampado (superior e inferior); además posee un plato giratorio horizontal electro-neumático que contiene 24 dispositivos distribuidos simétricamente alrededor de su circunferencia, ver Figura 3.42.

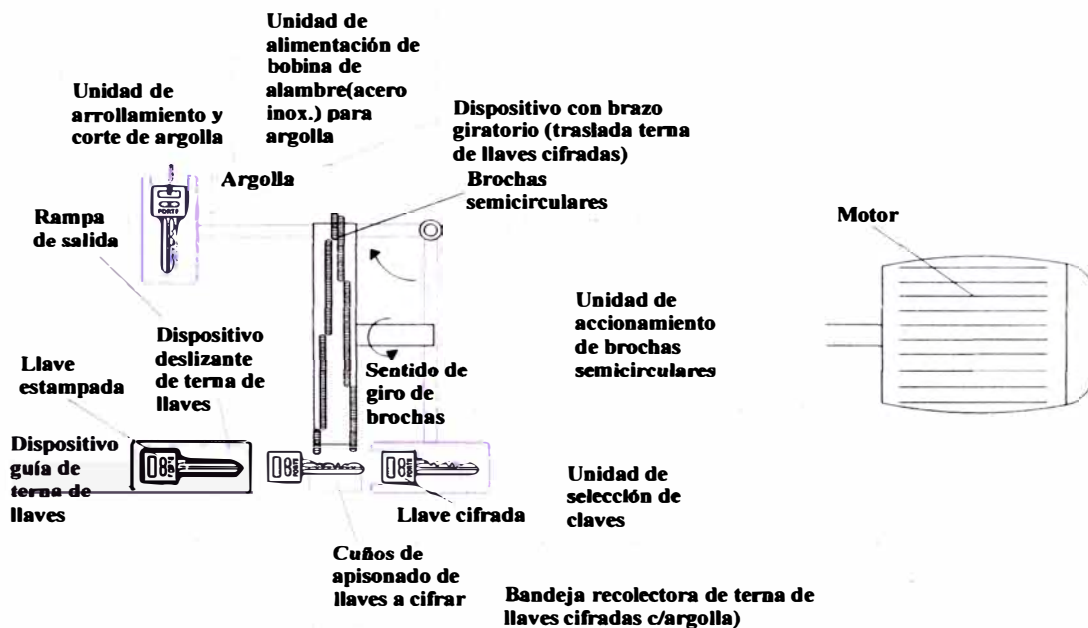


**Figura 3.42:** Vista en planta de la disposición de los dispositivos en la máquina de estampado

### 3.3.3.3 Máquina de cifrado

En la máquina de cifrado se realiza el brochado de las “claves” en uno de los bordes del cuerpo de las piezas llave que provienen de la máquina de estampado; consta de un motor de 1.50 Kw, 60Hz, 1425 rpm que contiene en su eje brochas semicirculares; además la máquina de cifrado tiene un

dispositivo deslizante de terna de llaves, una unidad de selección de claves, una unidad de accionamiento de brochas y una unidad de arrollamiento y corte de argolla metálica que sirve de unión de la terna de llaves cifradas, ver Figura 3.43.



**Figura 3.43:** Vista de planta de la máquina de cifrado

### **3.3.4 Máquinas para el mecanizado de las piezas pines y compensadores**

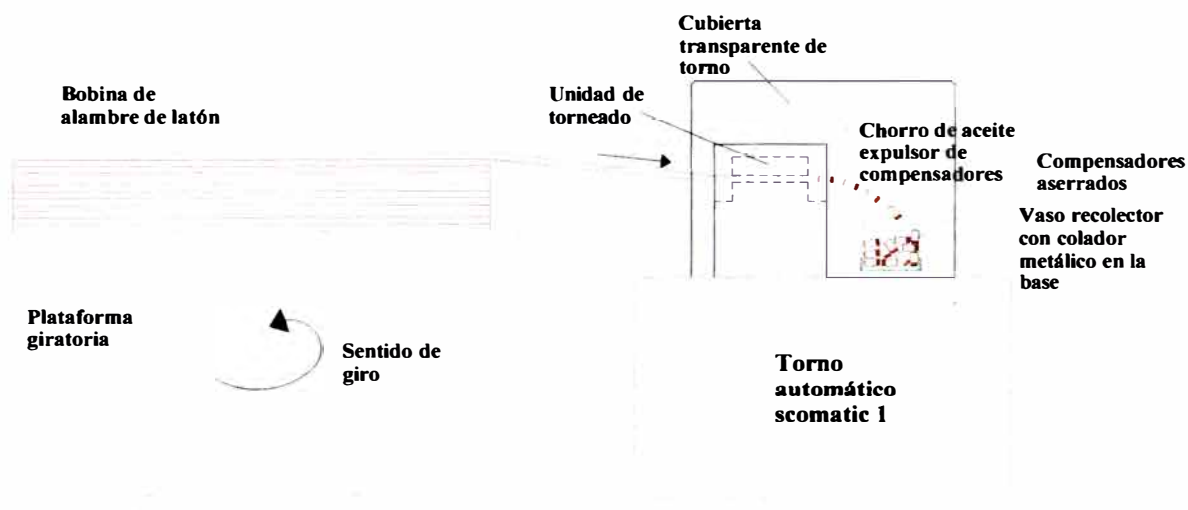
Las máquinas utilizadas en la metodología para el mecanizado de las piezas pines y compensadores serán descritas y están numeradas del 1 al 3, y estas son:

1. Máquinas tornos automáticos scomatic 1, 2 y 3
2. Máquina torno automático beringhaus
3. Máquina de tamboreo

A continuación pasamos a describir cada una de las máquinas antes mencionadas.

### 3.3.4.1 Máquinas tornos automáticos scomatic 1, 2 y 3

En las máquinas tornos automáticos scomatic 1,2 y 3 se realizan el mecanizado de las bobinas de alambre de latón o de acero al carbono para la obtención de las piezas pines y compensadores; estos tornos constan de un motor de 0.55Kw, 60Hz, 2900 rpm y un alimentador que tiene una plataforma vertical la cual contiene la bobina de alambre; estos tres tornos automáticos tienen similar constitución física, la máquina torno automático scomatic 1 se muestra en la Figura 3.44.

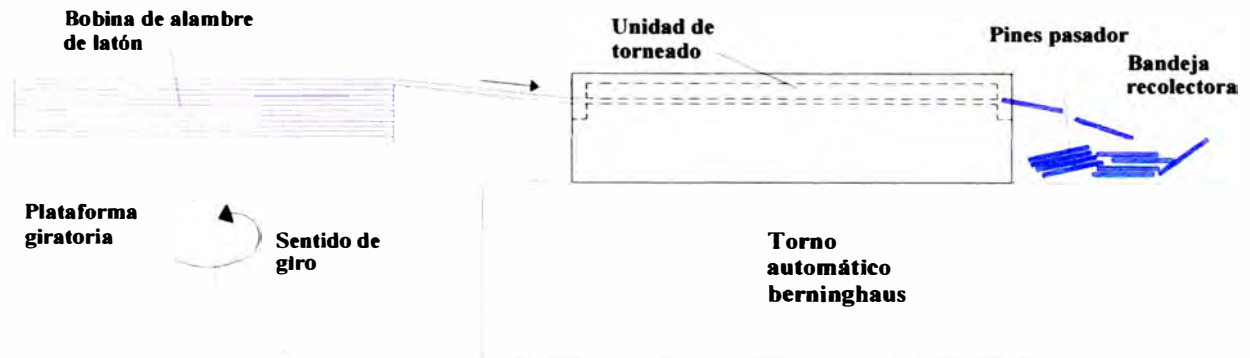


**Figura 3.44:** Vista lateral de la máquina torno automático scomatic 1 en el proceso de mecanizado del compensador aserrado

### 3.3.4.2 Máquina torno automático berninghaus

En la máquina torno automático berninghaus se realiza el mecanizado de las bobinas de alambre de latón para la obtención de las piezas pin pasador-PCE y pin pasador-PCI; esta máquina consta de un motor de 2.5 Kw., 60Hz, 2900 rpm y un alimentador que tiene una plataforma

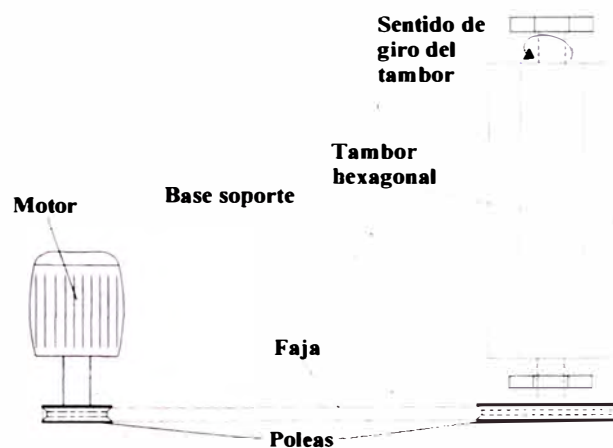
vertical la cual contiene la bobina de alambre; la máquina torno automático berninghaus se muestra en la Figura 3.45.



**Figura 3.45:** Vista lateral de la máquina torno automático berninghaus en el proceso de mecanizado del pin pasador-PCE

### 3.3.4.3 Máquina de tamboreo

En la máquina de tamboreo se realiza la eliminación de la rebaba generada en el mecanizado de los pines y compensadores mediante el golpeteo constante de las piezas contra el tambor; esta máquina consta de un motor de 0.75 Kw., 60Hz, 960 rpm y un tambor metálico de sección hexagonal de longitud axial de 600 mm que es accionado a través de poleas; la máquina de tamboreo se muestra en la Figura 3.46.



**Figura 3.46:** Vista de planta de la máquina de tamboreo

### 3.3.5 Máquinas para el mecanizado de la pieza resorte

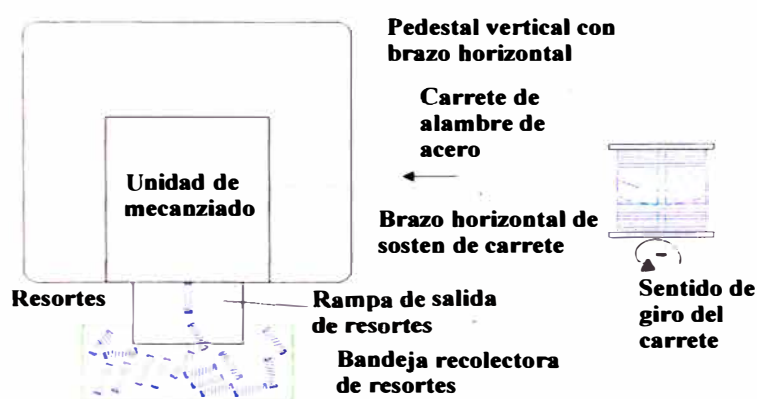
Las máquinas utilizadas en la metodología para el mecanizado de la pieza resorte serán descritas y están numeradas del 1 al 2, y estas son:

1. Máquina resortera okhuno
2. Máquina horno eléctrico

A continuación pasamos a describir cada una de las máquinas antes mencionadas

#### 3.3.5.1 Máquina resortera okhuno

En la máquina resortera okhuno se realiza el mecanizado, arrollamiento helicoidal, del carrete de alambre de acero al carbono que viene como materia prima; la máquina resortera okhuno es similar a un pequeño torno automático y consta de un motor de 0.75 Kw., 60Hz, 1700 rpm y un alimentador pedestal que posee un pequeño brazo horizontal que contiene al carrete de alambre a mecanizar; la máquina resortera okhuno se muestra en la Figura 3.47.



**Figura 3.47:** Vista de planta de la máquina resortera okhuno en el proceso de mecanizado de los resortes

### **3.3.5.2 Máquina horno eléctrico**

En la máquina horno eléctrico se realiza el tratamiento térmico de revenido a las piezas que provienen de la máquina resortera okhuno; este horno consta de un recubrimiento térmico interno de ladrillo refractario y un banco de resistencias dentro de las paredes del horno que consumen una potencia de 5.90 Kw.

## **3.4 ESTUDIO DE TIEMPOS**

Con el propósito de calcular el número de operarios requeridos para la realización del proceso de fabricación del conjunto porta cilindro (CPC) se ha realizado el estudio de tiempos en los sectores de mecanizado y ensamble para los diagramas de flujo de operaciones anterior y nuevo del CPC. El estudio de tiempos de la fabricación del CPC se presenta en dos grandes bloques: en el primer bloque se presentan los tiempos de operaciones de mecanizado de las piezas porta cilindro exterior (PCE), porta cilindro interior (PCI), cilindros y llaves, en este bloque figuran las máquinas que inician hasta que finalizan el mecanizado de las piezas respectivas; en el segundo bloque se presentan los tiempos de operaciones manuales de unión de los elementos constituyentes, conformación de los componentes fundamentales y como resultado de ello obtener el conjunto porta cilindro (CPC). En la tabla N° 3.1, ver apéndice “B”, se muestra el cuadro estudio de tiempos realizado según el diagrama de flujo de operaciones del CPC-anterior; y en la tabla N° 3.2, ver apéndice “B”, se muestra el cuadro de estudio de tiempos realizado según el diagrama de flujo de operaciones del CPC-nuevo de la metodología. En cada una de

las tablas figura las horas-máquina (H-M) u horas-hombre (H-H) y el número de operarios requeridos para el proceso de fabricación del CPC.

En el apéndice “C”, se muestra el “diagrama de operaciones múltiple de mecanizado de las piezas PCI-PCE” referido al diagrama de flujo de operaciones del CPC-nuevo en un día laboral de 8.5 hrs., con desfase de horario de ingreso y de refrigerio del personal, este desfase ha sido realizado para minimizar las H-H muertas.

De la tabla N° 3.1 se puede observar que:

- Para realizar el mecanizado de la pieza PCI se requiere de 03 operarios
- Para realizar el mecanizado de la pieza PCE se requiere de 03 operarios
- Para realizar el mecanizado de las piezas cilindro se requiere de 04 operarios
- Para realizar el mecanizado de la pieza llave se requiere de 03 operarios
- Para las operaciones de ensamble de las piezas mecanizadas se requiere de 08 operarios.

Es decir, se necesitan de 21 operarios en total para fabricar los CPCs, y haciendo uso de 15 máquinas herramientas

De la tabla N° 3.2 se puede observar que:

- Para realizar el mecanizado de la pieza PCI se requiere de 02 operarios
- Para realizar el mecanizado de la pieza PCE se requiere de 03 operarios
- Para realizar el mecanizado de las piezas cilindro se requiere de 04 operarios
- Para realizar el mecanizado de la pieza llave se requiere de 03 operarios



- Para las operaciones de ensamble de las piezas mecanizadas se requiere de 08 operarios.

Es decir, se necesitan de 20 operarios en total para fabricar los CPC<sub>s</sub> y haciendo uso de 14 máquinas herramientas

De aquí se puede observar que se ha logrado la reducción de un operario gracias a la fusión de las operaciones de mecanizado de las máquinas de: refrentado y suhner-PCI anterior, en una sola máquina denominada suhner-PCI nueva (en el sector de mecanizado), esto quiere decir, ahorro de H-H y H-M utilizadas. Debido a la reducción de personal realizado en el sector de mecanizado, y específicamente en el mecanizado de la pieza PCI pasamos a realizar el “diagrama de operaciones múltiple de mecanizado de las piezas PCE-PCI”. Este diagrama muestra la forma en que el personal será distribuido (en el transcurso del día laboral) entre las diferentes máquinas de mecanizado de las piezas PCE y PCI para evitar en lo posible H-H muertas y concluir con la producción diaria.

De forma similar se puede realizar el diagrama de operaciones múltiple de mecanizado de las piezas cilindro y llave; y también para el sector de ensamble.

### **3.5 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL**

En el proceso de fabricación de los CPC<sub>s</sub> aparecen productos defectuosos debido a factores máquina y/o factores hombre; los factores máquina son solucionables en gran medida gracias a la implementación de un buen sistema de mantenimiento y/o aplicación de herramientas estadísticas de calidad. Los factores hombre observados en planta que repercuten en la aparición de productos defectuosos pueden reducirse si se capacita al personal, es decir, instruir al personal

en los puntos básicos importantes para que puedan realizar un buen trabajo dentro de la planta. Además se sugiere enviar al personal a capacitarse en instituciones de educación superior para incrementar el nivel técnico de los operarios y de esa manera se puedan desempeñar mejor en planta y gracias a ello aspiren a mejoras económicas teniendo como resultado personal motivado en la realización de su trabajo.

Dentro de la capacitación del personal en planta se deben tratar los siguientes puntos básicos los cuales deben llegar a ser de conocimiento completo del personal:

- a) *Procedimientos de trabajo en máquina:* estos son documentos en los cuales consta la forma de realizar el trabajo en máquina desde la recepción del material que llega a la máquina, durante el proceso de mecanizado del material (muestreos continuos), hasta la entrega del material ya mecanizado para que continúe su proceso de maquinado.
- b) *Instructivos de operación de máquina:* estos son documentos donde consta la manera correcta de puesta a punto y operación de la máquina.
- c) *Procedimientos de control:* estos son formatos donde constan las medidas de las piezas a mecanizar con sus respectivas tolerancias para poder realizar la puesta a punto de las máquinas y hacer verificaciones continuas de las medidas críticas durante el mecanizado de las piezas.

Dentro de la capacitación del personal fuera de planta, la empresa debe aprovechar o gestionar convenios con alguna institución de educación superior que esta relacionada al ámbito en el cual se desempeña la empresa en este caso: metal-mecánica.

### 3.6 SEGURIDAD INDUSTRIAL

Durante el proceso de fabricación del conjunto porta cilindro (CPC) se observó la existencia de riesgos de suceder accidentes como:

- Tropezar o resbalar con objetos tirados en el piso y escaleras, generalmente estas piezas son porta cilindros exteriores (PCE), porta cilindros interiores (PCI) que vienen como materia prima y cilindros mecanizados.
- Resbalar en pisos aceitosos y/o húmedos, como es en el caso de los sectores de mecanizado y tornos automáticos.
- Lesiones auditivas debido al ruido de las máquinas de mecanizado que se encuentran bordeando los 90 decibelios.
- Inhalar emanaciones de productos químicos usados en el proceso de niquelado de llaves.
- Incrustaciones de astillas de latón (viruta), en los ojos, desprendidas durante las operaciones de mecanizado en las máquinas o limpieza con presión de aire (sopleteo) de piezas mecanizadas. También estas incrustaciones se pueden dar en las manos por manipuleo de las piezas mecanizadas.
- Lesiones al levantar manualmente los recipientes de acumulación de piezas mecanizadas para su traslado de una a otra máquina.

Debido a estos riesgos latentes se recomienda implementar un comité de seguridad industrial de la planta cuya labor es la de realizar un análisis de la seguridad en el trabajo para así eliminar una buena proporción de riesgos de accidentes. Algunos puntos que debe tomar en consideración el comité de seguridad son:

- Arreglo, aseo y orden en el interior de la planta
- Uso de implementos de seguridad personal

### **3.6.1 Arreglo, aseo y orden en el interior de la planta**

En la planta no solo debe haber siempre aseo, sino también orden y esto debe hacerse en forma continua. Algunos puntos a tomarse en consideración para el logro de esto son:

- Previsión de residuos reciclables:
  - Recipientes principales de acumulación de residuos reciclables (viruta de latón) con aditamentos que faciliten su desplazamiento a través del tecla del puente grúa de planta para su almacenamiento y posterior despacho.
  - Recipientes secundarios de acumulación de viruta para cada máquina además de medios de transporte que faciliten el traslado de estos recipientes desde cada máquina hasta los recipientes principales.
- Confección de adecuados medios de transporte que faciliten el desplazamiento de los recipientes de almacenamiento de piezas mecanizadas (“rapme”); como por ejemplo confeccionar mesas móviles mediante garruchas que tengan su tablero a la misma altura que el de las mesas estáticas de recepción de material existentes por cada máquina, esto para evitar el levantamiento manual de los “rapme” que en muchos casos se realizan en forma incorrecta.

- Prevenir las salpicaduras, colocando guardas en las máquinas que eviten la salpicadura de aceites o refrigerantes utilizados en el proceso de mecanizado de las piezas.
- Señalizar pasillos y zonas de almacenamiento de material.
- Programar el aseo a fin de que se realice en debida forma sin entorpecer la producción.
- Brindar equipo protector para el personal encargado del aseo, como guantes, mascarillas, gafas, etc.
- El comité de seguridad debe realizar la inspección del trabajo realizado por los grupos de limpieza creados en forma semanal, quincenal o mensual pero en momentos irregulares para evitar que los grupos de limpieza se pongan activos solo antes de la aparición de los inspectores.

### **3.6.2 Implementos de seguridad personal**

Los implementos de seguridad personal son apropiados para proteger cualquier porción del cuerpo, y por lo observado dentro de los riesgos existentes se hace necesario brindar al personal equipo protector para: la cabeza, los ojos, vías respiratorias, los oídos, las manos y los pies. Estos equipos protectores deben cumplir con las especificaciones del código ASA Z2.1- 1959.

- Equipo protector para la cabeza: son los denominados *cascos* de fibra de vidrio de forma redondeada, especiales por el mejor rechazo y desvío de objetos en caída. Este implemento debe ser de uso general pues siempre hay

riesgo de golpes durante el tránsito por el pasillo donde se desplaza el puente grúa durante el traslado de materiales. Ver Figura 3.46.



**Figura 3.48:** Casco de fibra de vidrio

- Equipo protector para los ojos: son las denominadas *gafas* de resina transparentes con cubiertas laterales, especiales para astillas y virutas, las cubiertas laterales brindan una mayor cobertura de los ojos sin reducir la amplitud del ángulo de visión. Ver Figura 3.47.



**Figura 3.49:** Gafas de resina transparentes con cubiertas laterales

- Equipo protector respiratorio: son los denominados *respiradores de cartuchos químicos*, especiales para polvos y emanaciones de vapores y gases. Ver Figura 3.48.



**Figura 3.50:** Respiradores de dos cartuchos químicos

- Equipo protector auditivo: son los denominados *tapones*, especiales para intensidades de hasta 100 decibelios. Ver Figura 3.49.



**Figura 3.51:** Tapones

- Equipo protector de manos: son los denominados *guantes de neoprene entelado*, especiales para resistir el corte o perforación de las astillas de latón. Ver Figura 3.50.



**Figura 3.52:** Guantes de neoprene entelado

- Equipo protector de pies: son los denominados *zapatos con puntera protectora*, especiales para la protección de los dedos, la puntera resiste un peso de 1100 kilogramos. Ver Figura 3.51.



**Figura 3.53:** Zapatos con puntera protectora

## **CAPÍTULO IV**

### **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA**

En este capítulo se realiza la aplicación de la metodología brindando las mayores facilidades al operario para que pueda realizar un buen trabajo. Una de las facilidades brindadas son los probadores de medidas críticas de las piezas mecanizadas, estos probadores han sido asignados a cada máquina según sea la pieza a mecanizar y la medida a verificar. La finalidad de estos probadores también llamados “pasa-no pasa” es la de agilizar la verificación de medidas críticas de las piezas mecanizadas. También se ha realizado la colocación de los procedimientos de control por máquina, para evitar un tránsito inútil y pérdida de tiempo del personal de planta en busca de la verificación de una medida, y a la vez facilitar el registro de medidas a los supervisores de producción como de control de calidad puesto que encontrarán las medidas que desean registrar acudiendo directamente a la máquina.

Durante la aplicación de la metodología se puso en práctica el método de control de calidad haciendo uso de las herramientas estadísticas básicas de calidad como diagramas de Pareto y diagramas de Causa-efecto también llamado “espina de pescado” para reducir el número de productos mecanizados defectuosos.

El volumen de producción mensual de conjuntos porta cilindros (CPC<sub>s</sub>) antes de la aplicación de la metodología era de 32 500 CPC<sub>s</sub>.

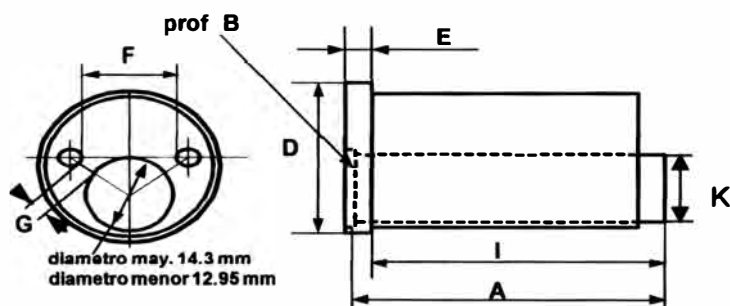


#### 4.1 PROCEDIMIENTOS DE CONTROL

A continuación se muestran algunos procedimientos de control por máquina utilizados en planta para la verificación de medidas de las piezas mecanizadas:

##### 1.- Máquina suhner-PCE

El procedimiento de control de la máquina es el siguiente:



C: # de hilos de agujeros tornillos  
H: Diametro de agujeros tornillos

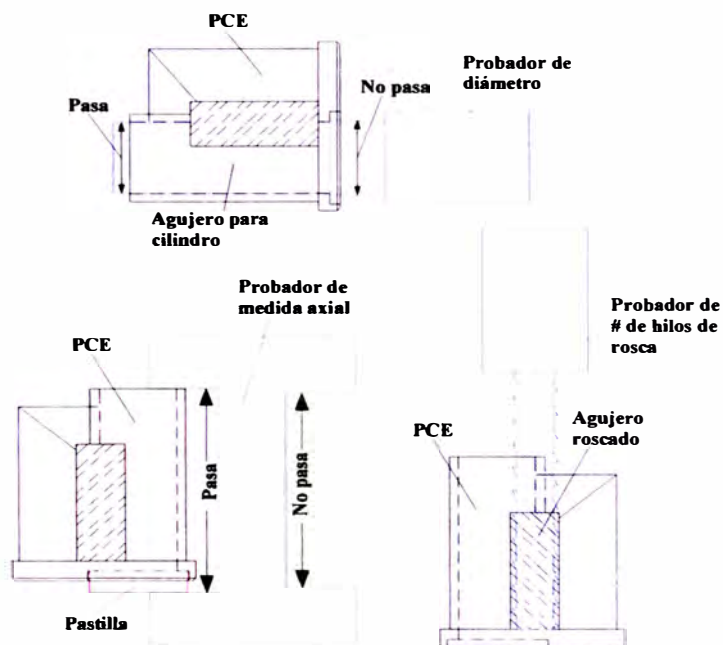
Tolerancias	+ 0.05	+ 0.2	+ 2	+ 0.1	+ 0.1	+ 0.15	+ 0.15	+ 0.1	+ 0.1	+ 0.05
	- 0.05	- 0.2	- 2	- 0.1	- 0.1	- 0.15	- 0.15	- 0.1	- 0.1	- 0.05

Nominales	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	Past.
PCE	34.05	1.8	14	32.0	3.5	14.6	3.2	5.0	32.3	13.0	4.10

Donde:

- A: medida crítica; es la medida axial desde el avellanado en la cabeza hasta la parte última del agujero para cilindro.
- B: es la medida de la profundidad del avellanado.
- C: medida crítica; es el número de hilos de los agujeros roscados
- D: es la medida del diámetro de la cabeza
- E: es la medida del espesor de cabeza refrentada
- F: es la medida de la distancia de los extremos interiores de los agujeros roscados.
- G: es la medida de la distancia de los extremos interiores entre el agujero roscado y el agujero para cilindro.
- H: es la medida del diámetro de los agujeros roscados.
- I : es la medida axial desde el borde interior de la cabeza hasta la parte última del agujero para cilindro
- K: medida crítica; es la medida del diámetro del agujero para cilindro.
- Además se posee una pastilla metálica (en forma de cilindro recto) de diámetro 14.00 mmx4.10 mm de altura, esta pastilla es usada para medir la distancia "A".

Para la verificación rápida de estas medidas críticas se dispone de los siguientes probadores, ver Figura 4.1.



**Figura 4.1:** Probadores de medidas críticas en la máquina suhner-PCE

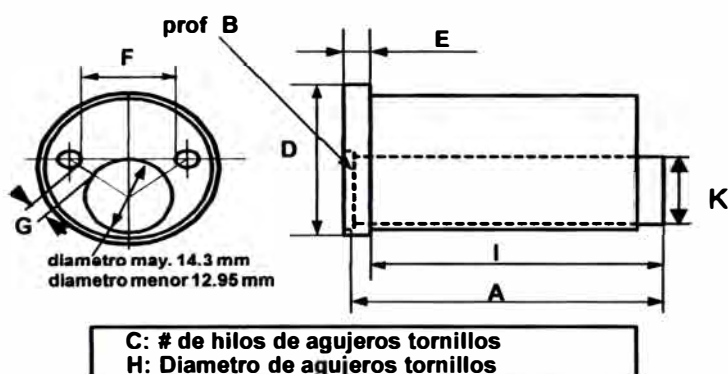
Para lograr un buen desempeño del operario en la máquina suhner-PCE se dispone del instructivo de operación de máquina, el cual dice:

1. Mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado
2. Conocer el funcionamiento de la máquina antes de su puesta en marcha
3. Una vez en marcha la máquina, coger una pieza PCE abrillantada
4. Limpiar con presión de aire en forma horizontal el dispositivo de sujeción (mordaza) a cargar con la pieza PCE abrillantada
5. Presionar el pulsador neumático para abrir la mordaza
6. Colocar en la mordaza la pieza PCE y soltar el pulsador neumático para que la pieza quede sujeta y lista para su mecanizado
7. Repetir las operaciones desde el paso 2 hasta el paso 6 hasta cargar las seis mordazas del plato giratorio.
8. Una vez lleno el plato la primera pieza mecanizada esta lista para su extracción
9. Para extraer las piezas mecanizadas presionar el pulsador neumático para abrir la mordaza y extraer la pieza ya mecanizada.
10. Limpiar con presión de aire en forma horizontal la viruta que queda en la mordaza y cargar con la siguiente pieza PCE abrillantada.
11. Limpiar con presión de aire en forma horizontal la pieza extraída y probar la longitud axial del PCE mecanizado con el probador de medida axial (pasa-no pasa).

12. Colocar ordenadamente las piezas extraídas dentro de una bandeja recolectora limpia.
13. Cada 50 piezas verificar las medidas críticas con los probadores asignados para la máquina.
14. Repetir los pasos desde el 9 hasta el 13.

## 2.- Máquina suhner-PCI nueva

El procedimiento de control de la máquina es el siguiente:



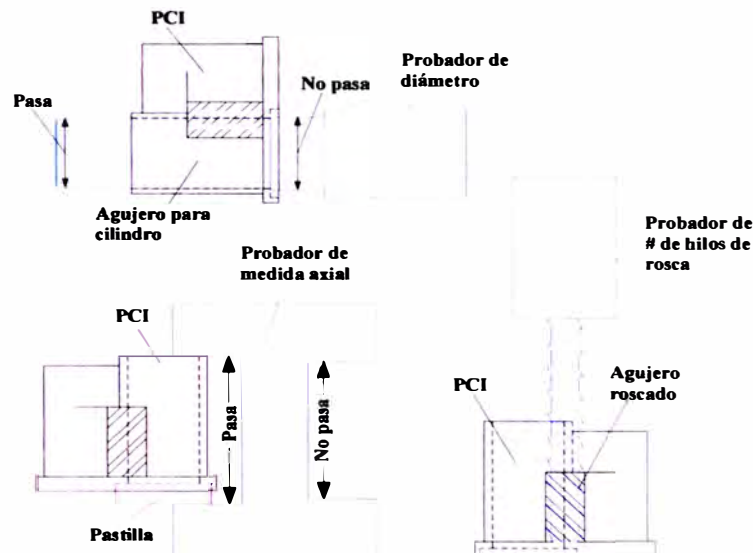
Tolerancias	+ 0.05	+ 0.1	+ 2	+ 0.1	+ 0.1	+ 0.15	+ 0.15	+ 0.1	+ 0.1	+ 0.05
	- 0.05	- 0.1	- 2	- 0.1	- 0.1	- 0.15	- 0.15	- 0.1	- 0.1	- 0.05

Nominales	A	B	C	D	E	F	G	H	I	k	Past.
PCI	23.25	1.45	10	32.0	2.5	18.7	4.9	3.3	22.10	13.0	2.55

Donde:

- A: medida crítica; es la medida axial desde el avellanado en la cabeza hasta la parte última del agujero para cilindro.
- B: es la medida de la profundidad del avellanado.
- C: medida crítica; es el número de hilos de los agujeros roscados
- D: es la medida del diámetro de la cabeza
- E: es la medida del espesor de cabeza refrentada
- F: es la medida de la distancia de los extremos interiores de los agujeros roscados.
- G: es la medida de la distancia de los extremos interiores entre el agujero roscado y el agujero para cilindro.
- H: es la medida del diámetro de los agujeros roscados.
- I : es la medida axial desde el borde interior de la cabeza hasta la parte última del agujero para cilindro
- K: medida crítica; es la medida del diámetro del agujero para cilindro.
- Además se posee una pastilla metálica (en forma de cilindro recto) de diámetro 14.00 mmx2.55 mm de altura, esta pastilla es usada para medir la distancia "A".

Para la verificación rápida de estas medidas críticas se dispone de los siguientes probadores, ver Figura 4.2.



**Figura 4.2:** Probadores de medidas críticas en la máquina suhner-PCI nueva

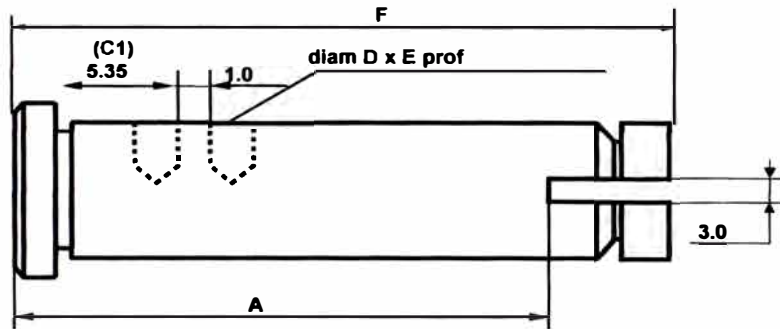
Para lograr un buen desempeño del operario en la máquina suhner-PCI nueva se dispone del instructivo de operación de máquina, el cual dice:

1. Mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado
2. Conocer el funcionamiento de la máquina antes de su puesta en marcha
3. Una vez en marcha la máquina, coger una pieza PCE abrillantada
4. Limpiar con presión de aire en forma horizontal el dispositivo de sujeción (mordaza) a cargar con la pieza PCE abrillantada
5. Presionar el pulsador neumático para abrir la mordaza
6. Colocar en la mordaza la pieza PCE y soltar el pulsador neumático para que la pieza quede sujeta y lista para su mecanizado
7. Repetir las operaciones desde el paso 2 hasta el paso 6 hasta cargar las seis mordazas del plato giratorio.
8. Una vez lleno el plato la primera pieza mecanizada esta lista para su extracción
9. Para extraer las piezas mecanizadas presionar el pulsador neumático para abrir la mordaza y extraer la pieza ya mecanizada.
10. Limpiar con presión de aire en forma horizontal la viruta que queda en la mordaza y cargar con la siguiente pieza PCE abrillantada.
11. Limpiar con presión de aire en forma horizontal la pieza extraída y probar la longitud axial del PCE mecanizado con el probador de medida axial (pasa-no pasa).
12. Colocar ordenadamente las piezas extraídas dentro de una bandeja recolectora limpia.

13. Cada 50 piezas verificar las medidas críticas con los probadores asignados para la máquina
14. Repetir los pasos desde el 9 hasta el 13.

### 3.- Máquina transfer de cilindros

El procedimiento de control de la máquina es el siguiente:



B: # de agujeros

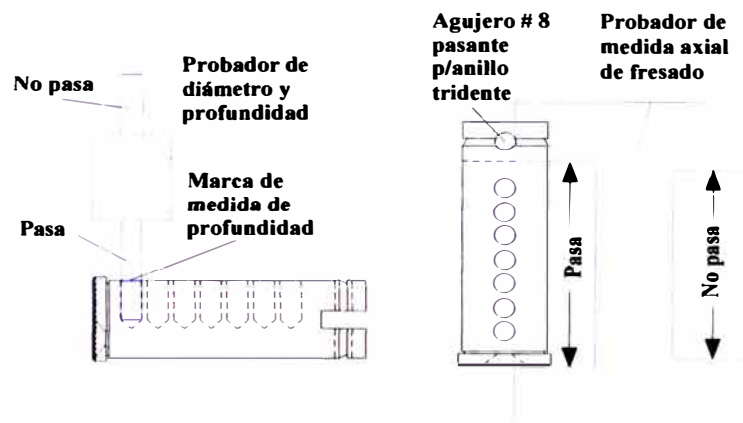
Tolerancias	+ 0.1		+ 0.1	+0.1	+0.2	+0.2
	- 0.1		-0.1	- 0.1	- 0.2	- 0.2

Nominales	A	B	C1	D	E	F
Cilindro-5P	24.40	5	5.25	3.10	7.60	29.50
Cilindro-7P	34.20	8	5.25	3.10	7.60	39.10

Donde:

- A: medida crítica; es la medida axial desde el extremo de la cabeza hasta la ranura en la cola.
- B: es el número de agujeros perforados
- C1: es la medida de la distancia desde el borde interno de la cabeza hasta el extremo del primer agujero.
- D: medida crítica; es el diámetro de los agujeros perforados
- E: es la medida de la profundidad de los agujeros perforados
- F: es la medida de la longitud axial total.

Para la verificación rápida de estas medidas críticas se dispone de los siguientes probadores, ver Figura 4.3.



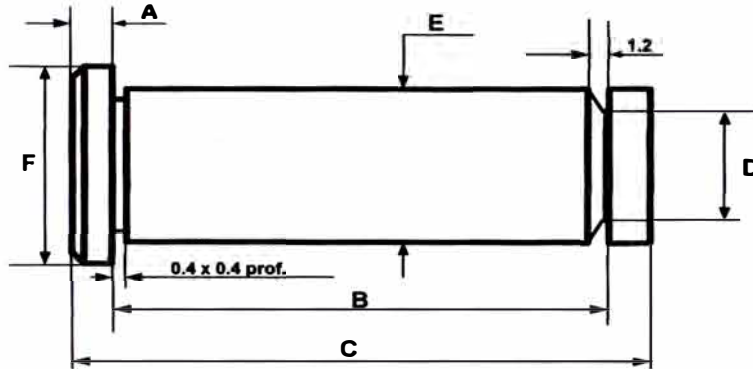
**Figura 4.3:** Probadores de medidas críticas en la máquina transfer de cilindros

Para lograr un buen desempeño del operario en la máquina transfer de cilindros se dispone del instructivo de operación de máquina, el cual dice:

1. Mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado
2. Conocer el funcionamiento de la máquina antes de su puesta en marcha
3. Una vez en marcha la máquina, coger una pieza cilindro torneada
4. Limpiar con presión de aire en forma vertical el dispositivo de sujeción (mordaza) a cargar con la pieza cilindro torneada
5. Presionar el pulsador neumático para abrir la mordaza
6. Colocar en la mordaza la pieza cilindro y soltar el pulsador neumático para que la pieza quede sujeta y lista para su mecanizado
7. Repetir las operaciones desde el paso 2 hasta el paso 6 hasta cargar las doce mordazas del plato giratorio.
8. Una vez lleno el plato la primera pieza mecanizada esta lista para su extracción
9. Para extraer las piezas mecanizadas presionar el pulsador neumático para abrir la mordaza y extraer la pieza ya mecanizada.
10. Limpiar con presión de aire en forma vertical la viruta que queda en la mordaza y cargar con la siguiente pieza cilindro torneada.
11. Cada 50 piezas verificar las medidas críticas con los probadores asignados para la máquina
12. Repetir los pasos desde el 9 hasta el 11.

#### 4.- Máquinas tornos automáticos de cilindros

El procedimiento de control de la máquina es el siguiente:



Tolerancias	+ 0.1	+ 0.05	+ 0.1	+ 0.1	+0.05	+ 0.1
	- 0.1	- 0.05	- 0.1	- 0.1	-0.05	- 0.1

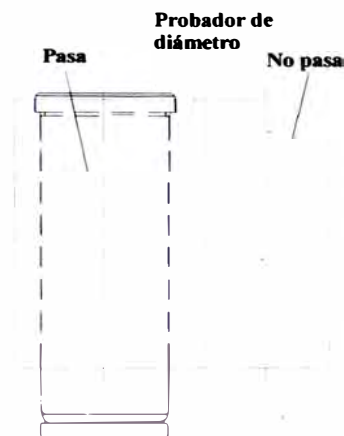
Nominales	A	B	C	D	E	F
Cilindro-5P	1.90	26.30	29.70	10.80	12.85	14.0
Cilindro-7P	2.05	35.10	39.10	11.70	12.85	14.0

Donde:

- A: es la medida del espesor de cabeza.
- B: es la medida axial entre los bordes internos de las ranuras
- C: es la medida de la longitud total de la pieza.
- D: es la medida del diámetro de la ranura que define la cola
- E: medida crítica, es el diámetro del cilindrado
- F: es la medida del diámetro de la cabeza.

Para la verificación rápida de la medida crítica se dispone del siguiente

probador, ver Figura 4.4.



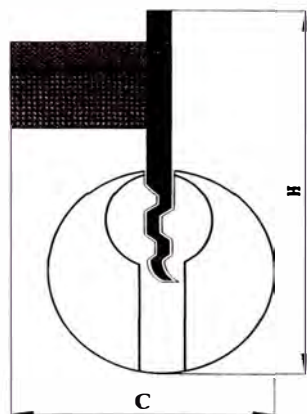
**Figura 4.4:** Probador de medida crítica en la máquinas tornos automáticos de cilindros

Para lograr un buen desempeño del operario en la máquina torno automático de cilindro se dispone del instructivo de operación de máquina, el cual dice:

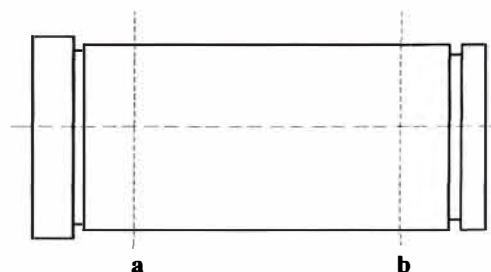
1. Mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado
2. Conocer el funcionamiento de la máquina antes de su puesta en marcha
3. Una vez en marcha la máquina, accionar la palanca traba de giro del alimentador
4. Coger una varilla de latón de diámetro 14.00 mm y colocarla en el alimentador tubular hasta que la varilla llegue a tocar el tope de alimentación de la máquina.
5. Desactivar la palanca traba para permitir el giro del alimentador de la máquina e iniciar el torneado.
6. Para cargar otro varilla repetir los pasos desde el 3 hasta el 5
7. Por cada varilla verificar a 30 piezas la medida crítica con el probador asignado para la máquina

#### 5.- Máquina brochadora de cilindros

El procedimiento de control de la máquina es la siguiente:



H: Altura de Brochado  
C: Centrado de Brochado



Tolerancias	+0.05	+0.05
	-0.05	-0.05

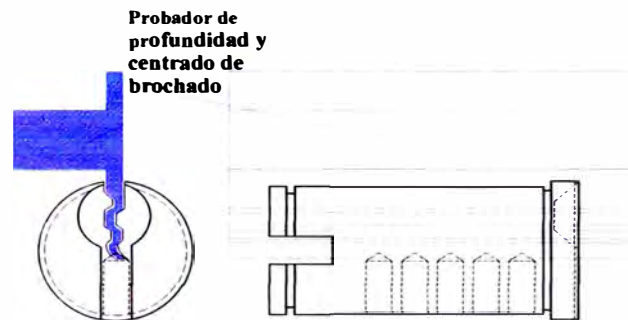
Nominales	H	C
cilindro	27.98	17.10

Donde:

- C: medida crítica, es la distancia desde el extremo del diámetro del cuerpo hasta el borde lateral del probador.
- H: medida crítica, es la distancia desde el extremo del diámetro por el lado de los agujeros hasta el extremo superior del probador



Para la verificación rápida de la medida crítica se dispone del siguiente probador, ver Figura 4.5.



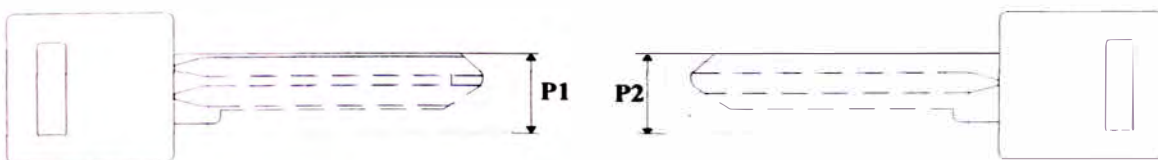
**Figura 4.5:** Probador de medidas críticas de la máquina brochadora de cilindros

Para lograr un buen desempeño del operario en la máquina brochadora de cilindros se dispone del instructivo de operación de máquina, el cual dice:

1. Mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado
2. Conocer el funcionamiento de la máquina antes de su puesta en marcha.
3. Una vez en marcha la máquina, coger la pieza cilindro perforado
4. Limpiar con presión de aire la pieza en forma horizontal y sostenerla con sus agujeros perforados hacia abajo.
5. Limpiar con presión de aire en forma vertical el dispositivo móvil de la máquina que este en posición de cargado.
6. Colocar la pieza con su segundo agujero insertado en el pin guía del dispositivo móvil.
7. Cada 50 piezas verificar las medidas críticas con el probador asignado para la máquina
8. Repetir los pasos desde el 4 hasta el 7.

### 5.- Máquina de perfilado

El procedimiento de control de la máquina es la siguiente:

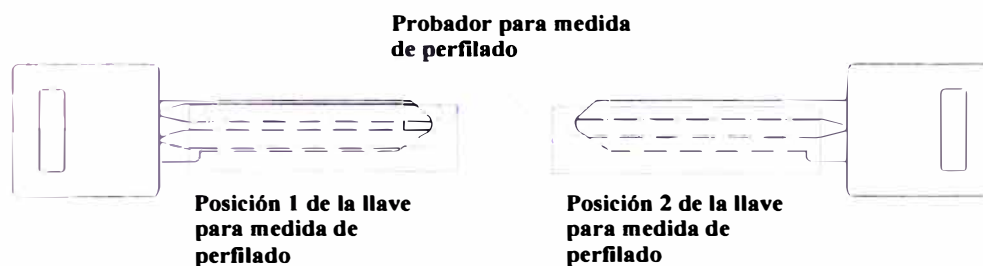


Llave	Min.	Max.
Posición P1	16.68	16.73
Posición P2	19.40	19.45
e	2.18	2.20

Donde:

- P1: medida crítica, es la distancia desde el extremo del probador hasta el borde de la llave en la posición 1.
- P2: medida crítica, es la distancia desde el extremo del probador hasta el borde de la llave en la posición 2.
- e: es la medida del espesor de perfilado.

Para la verificación rápida de la medida crítica se dispone del siguiente probador, ver Figura 4.6.



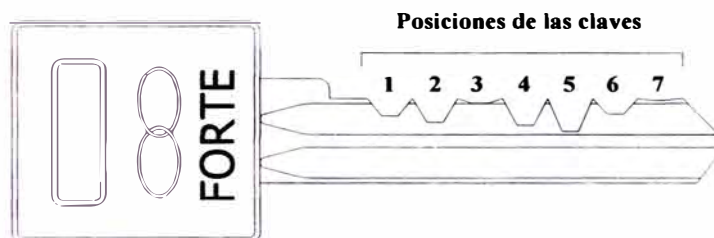
**Figura 4.6:** Probador de medidas críticas de la máquina de perfilado

Para lograr un buen desempeño del operario en la máquina de perfilado de llaves se dispone del instructivo de operación de máquina, el cual dice:

1. Mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado
2. Conocer el funcionamiento de la máquina antes de su puesta en marcha.
3. Antes de la puesta en marcha de la máquina cargar el alimentador con las piezas llave que vienen como materia prima
4. Una vez en marcha la máquina colocar el alimentador cargado en forma invertida sobre el dispositivo de alimentación de la máquina
5. Cada 50 piezas verificar las medidas críticas con el probador asignado para la máquina
6. Repetir los pasos desde el 3 hasta el 5.

## 6.- Máquina de cifrado

El procedimiento de control de la máquina es la siguiente:

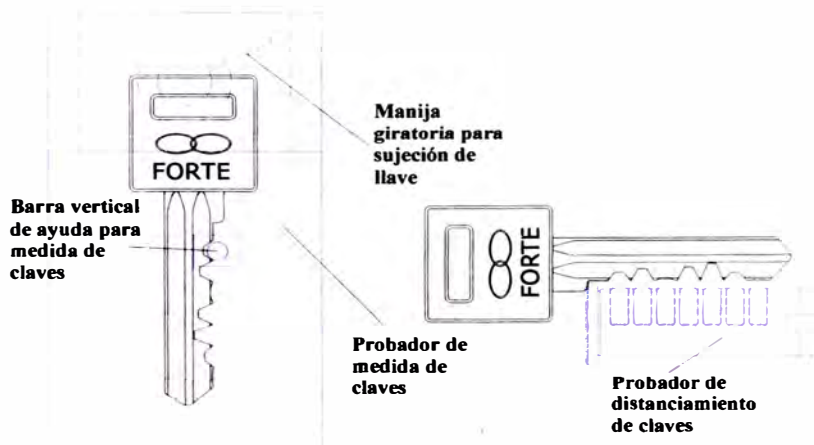


Clave	2C	3C	4C	5C	6C	7C
Min.	10.50	10.00	9.50	9.00	8.50	8.00
Max.	10.55	10.05	9.55	9.05	8.55	8.05

Donde:

- 1,2,3,4,5,6 y 7: son las posiciones de las claves en la llave.
- 1C,2C,3C,4C,5C,6C y 7C: medidas críticas, son las medidas de las claves de la llave.

Para la verificación rápida de las medidas críticas se dispone de los siguientes probadores, ver Figura 4.7.



**Figura 4.7:** Probadores de medidas críticas en la máquina de cifrado

Para lograr un buen desempeño del operario en la máquina de perfilado de llaves se dispone del instructivo de operación de máquina, el cual dice:

1. Mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado
2. Conocer el funcionamiento de la máquina antes de su puesta en marcha.

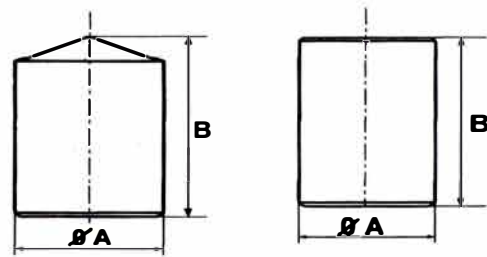
3. Una vez en marcha, coger tres piezas llave estampadas y colocarlas en el dispositivo de alimentación deslizante
4. Seleccionar las claves de cada posición girando las perillas respectivas en la unidad de selección de claves.
5. Coger otras tres piezas y cuando comience la operación de anillado de la argolla colocar las nuevas piezas en el dispositivo de alimentación.
6. Cada 500 piezas cifrar un juego de llaves con las claves de un CPC patrón y verificar las medidas críticas con los probadores asignados para la máquina.
7. Repetir los pasos desde el 3 hasta el 6.

### 7.- Máquinas tornos automáticos scomatic

El procedimiento de control de la máquina es la siguiente:

Pines y compensadores		
Tolerancias	—	+ 0.02
	- 0.02	- 0.01

Nominales	A	B
Pin 2	2.90	4.51
Pin 3	"	5.02
Pin 4	"	5.52
Pin 5	"	6.02
Pin 6	"	6.51
Pin 7	"	7.01
Compensadores	"	4.37



Donde:

- A: es el diámetro de los pines y compensadores.
- B: es la longitud axial de los pines y compensadores.

Para lograr un buen desempeño de las máquinas tornos automáticos scomatic se dispone del instructivo de operación de máquina, el cual dice:

1. Mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado
2. Conocer el funcionamiento de la máquina antes de su puesta en marcha.
3. Colocar la bobina de alambre de latón o de acero sobre el alimentador de plataforma giratoria de tal manera que su desenrollo sea lo mas fácil posible
4. Una vez en marcha, accionar la palanca traba de giro del alimentador
5. Colocar la punta libre del alambre en el alimentador del torno automático y desactivar la palanca traba

6. Cada 1000 piezas verificar las medidas.
7. Repetir los pasos desde el 3 hasta el 6 cada vez que se realice el cambio de bobina de alambre.

## 4.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD

Durante el proceso de fabricación de los conjunto porta cilindro CPC<sub>s</sub> se observó que la cantidad de productos defectuosos “rechazos” en el mecanizado del porta cilindro exterior (PCE) era elevada según datos del indicador de rechazos del PCE pertenecientes al periodo-2006 (ver sub capítulo 5.1); los rechazos de PCE superaban en mas del doble a la cantidad de rechazos de la pieza porta cilindro interior (PCI), por este motivo se realizó el análisis de las causas generadoras de productos defectuosos, solo a las piezas PCE para poder reducir la cantidad de sus rechazos. Primero se hizo una recolección de datos de los rechazos por defecto para realizar el diagrama de Pareto y así poder identificar que defecto es el que afecta en mayor medida a la cantidad de rechazos de la pieza PCE. De la recolección de datos de rechazos por defecto se obtuvo la tabla N° 4.1 (febrero-2007).

TIPO DE DEFECTO	Número de defectuosos
Medida axial	144
Ralladura en cara	120
Agujero desviado	1440
Agujero corrido	288
Sopladura	576
Falta prof. de roscado	192
Otros	240
Total	3000

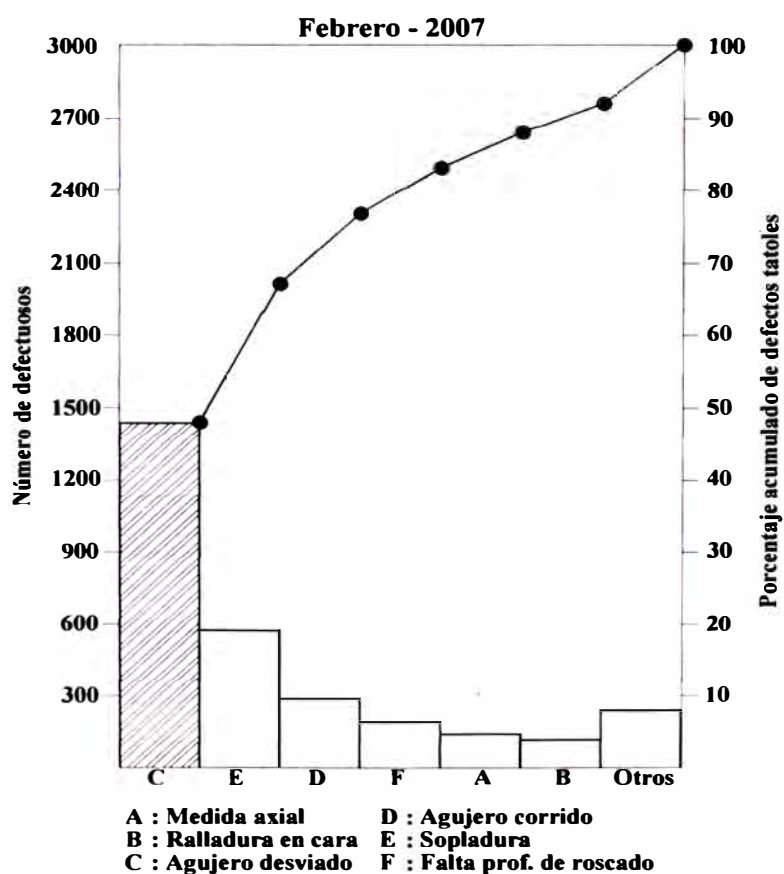
**Tabla N° 4.1:** Tabla de recolección de datos de los rechazos por defectos (febrero-2007)

Con los datos de la tabla N° 4.1 elaboramos la tabla de datos para el diagrama de Pareto, ver tabla N° 4.2.

TIPO DE DEFECTO	Número de defectuosos	Total acumulado	Composición porcentual	Porcentaje acumulado
Agujero desviado	1440	1440	48.0	48.0
Sopladura	576	2016	19.2	67.2
Agujero corrido	288	2304	9.6	76.8
Falta prof. de roscado	192	2496	6.4	83.2
Medida axial	144	2640	4.8	88.0
Ralladura en cara	120	2760	4.0	92.0
Otros	240	3000	8.0	100.0
Total	3000		100.0	

**Tabla N° 4.2:** Tabla de datos para el diagrama de Pareto por defectos (febrero-2007)

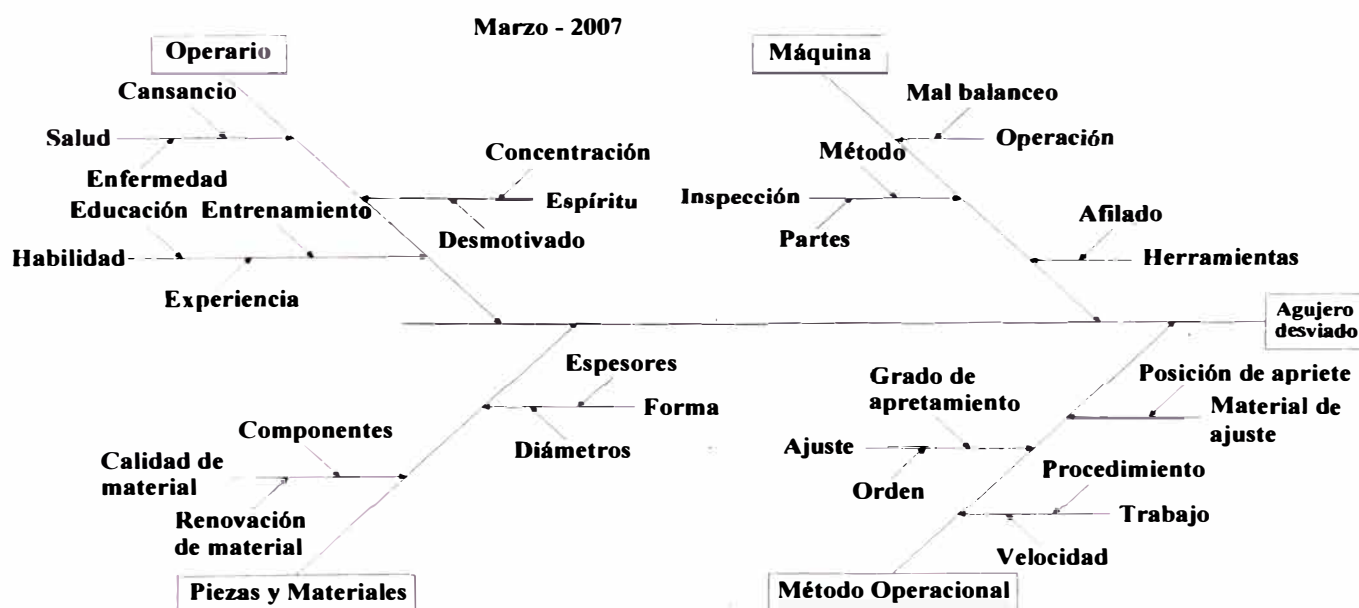
Con los datos de la tabla N° 4.2 construimos el diagrama de Pareto, ver Figura 4.8.



**Figura 4.8:** Diagrama de Pareto por defectos de rechazos (febrero-2007)

Del diagrama de Pareto por defectos de rechazos se hace evidente que el defecto que afecta en mayor porcentaje (48%) a la cantidad de rechazos es el denominado “Agujero desviado”.

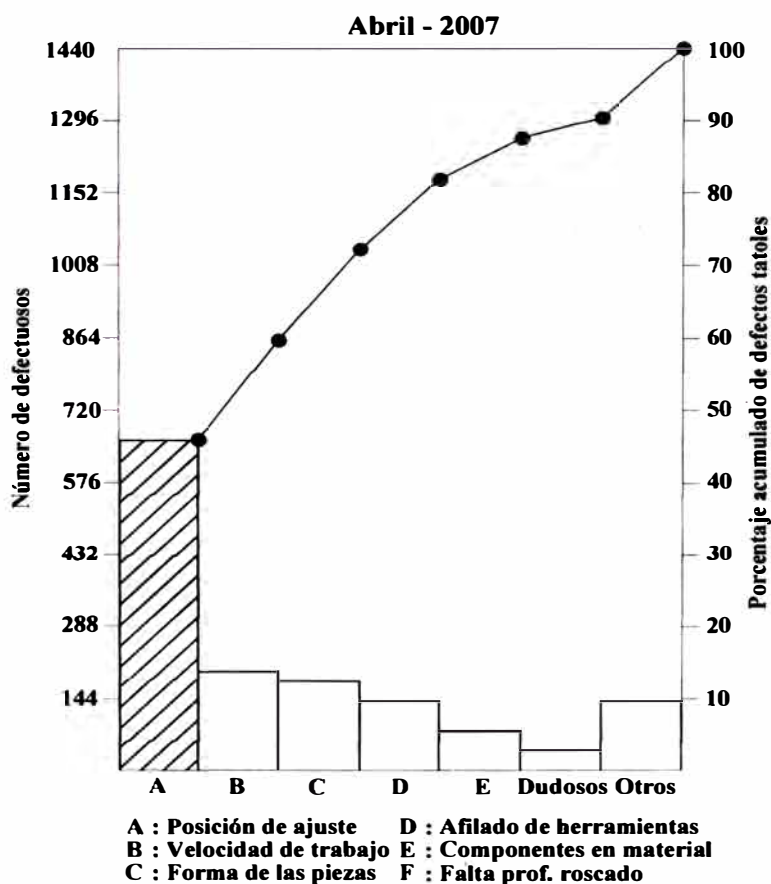
Luego de esto se reunió a los supervisores de producción, control de calidad y mantenimiento para discutir las causas que podrían afectar al defecto denominado “Agujero desviado”, consiguiendo de esto construir su diagrama de Causa –efecto también llamado “espina de pescado” (marzo-2007), ver Figura 4.9. Después se hizo una investigación de todas las unidades y examinando hasta que punto estos factores afectaban al defecto “Agujero desviado”. Con algunos ítems del diagrama “espina de pescado” era imposible aclarar las causas del defecto (como por ejemplo: salud del operario, material de ajuste de la pieza, el orden en el ajuste de la pieza, etc.) a estos se les agrupó en la categoría de “dudosos”, luego de ello se recogieron datos de las causas del defecto “Agujero desviado”, ver Tabla N° 4.3 y se elaboró el diagrama de Pareto por causas (abril-2007), ver Figura 4.10.



**Figura 4.9:** Diagrama Causa-efecto del defecto “Agujero desviado” (marzo-2007)

TIPO DE CAUSA	Número de defectuosos	Total acumulado	Composición porcentual	Porcentaje acumulado
Posición de ajuste	660	660	45.8	45.8
Velocidad de trabajo	200	860	13.4	59.7
Forma de las piezas	180	1040	12.5	72.2
Afilado de herramientas	140	1180	9.7	81.9
Componentes en material	80	1260	5.6	87.5
Dudosos	40	1300	2.8	90.3
Otros	140	1440	9.7	100.0
Total	1440		100.0	

**Tabla N° 4.3:** Tabla de recolección de datos por causas del defecto (abril-2007)



**Figura 4.10:** Diagrama de Pareto por causas del defecto “Agujero desviado” (abril-2007)

Del diagrama de Pareto por causas del defecto se hace evidente que la ocurrencia del defecto era muy afectada por la posición de ajuste, debido al giro de la pieza en la unidad guía de la máquina. Aunque el instructivo de operación

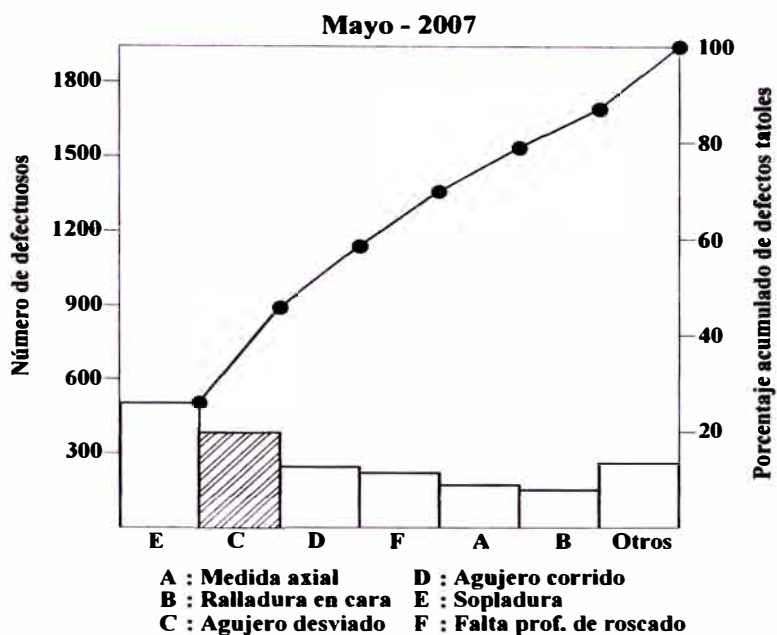


máquina se realizaba en forma correcta, el desgaste de la guía permitía que la pieza gire y su posición en el ajuste varíe.

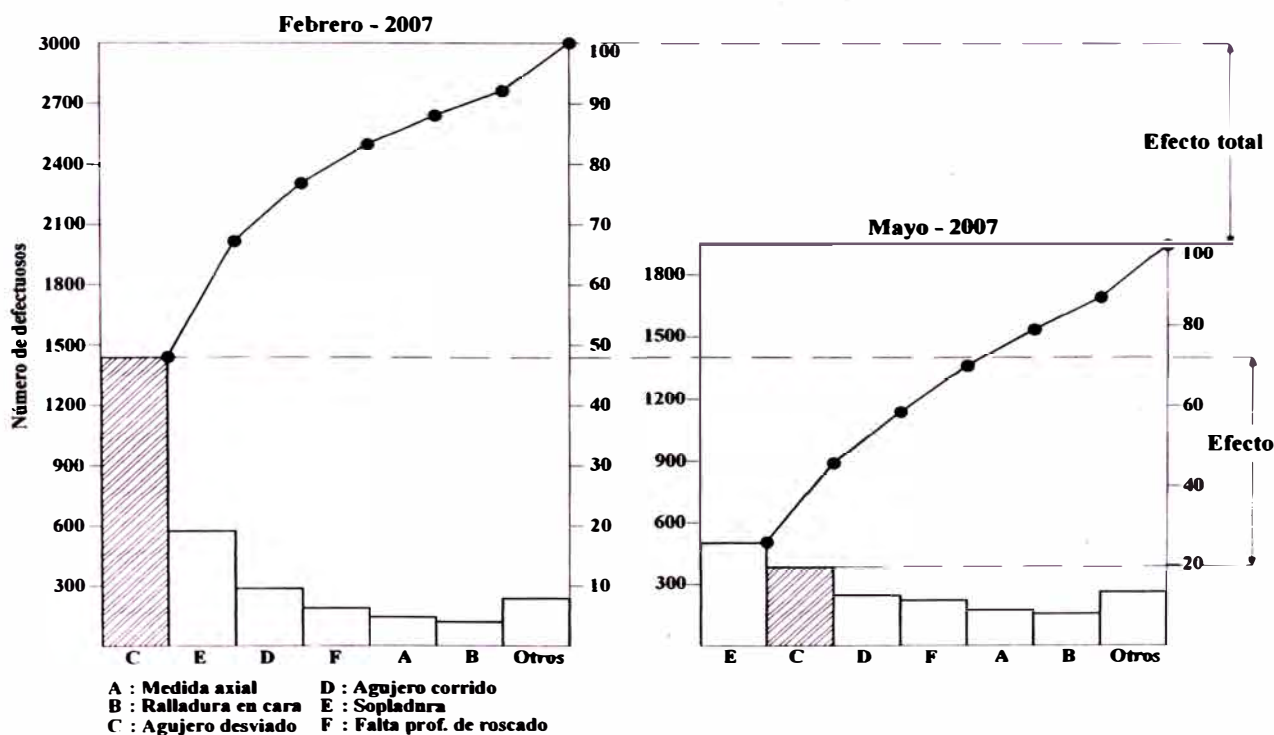
Con la ayuda de los miembros de mantenimiento se logró rediseñar e instalar las nuevas unidades guías de la máquina. Después de haberse implementado los cambios en la máquina se recogieron nuevos datos acerca de la cantidad de rechazos, ver tabla N° 4.4, y se elaboró el diagrama de Pareto por defectos nuevo (mayo-2007), ver Figura 4.11, y se compararon los resultados de los diagramas antes y después de la mejora en máquina, ver Figura 4.12.

TIPO DE DEFECTO	Número de defectuosos	Total acumulado	Composición porcentual	Porcentaje acumulado
Sopladura	520	520	26.0	26.0
Agujero desviado	390	910	19.5	45.5
Agujero corrido	250	1160	12.5	58.0
Falta prof. de roscado	230	1390	11.5	69.5
Medida axial	180	1570	9.0	78.5
Ralladura en cara	160	1730	8.0	86.5
Otros	270	2000	13.5	100.0
Total	2000		100.0	

**Tabla N° 4.4:** Tabla de datos por defectos para el diagrama de Pareto nuevo (mayo-2007)



**Figura 4.11:** Diagrama de Pareto nuevo por defectos (mayo-2007)



**Figura 4.12:** Comparación de los diagramas de Pareto antes y después de la mejora en máquina.

De los diagramas de Pareto por defectos de rechazos febrero-2007 y mayo-2007, ver Figura 4.12, se puede observar que el *efecto* de la mejora realizada sobre

la máquina redujo el defecto “Agujero desviado” en 1050 piezas, mientras que esta mejora como *efecto total* redujo la cantidad de rechazos de PCE en 1000 piezas. Esto quiere decir que estas 1000 piezas pasan a ser parte del volumen de producción de mecanizado, lográndose incrementar de esta manera la cantidad de CPC<sub>s</sub> producidos de 32 500 CPC<sub>s</sub> al mes (antes de la aplicación de la metodología) a un total de 33 500 CPC<sub>s</sub> (después de la aplicación de la metodología).

# CAPÍTULO V

## INDICADORES

Los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología en el proceso de fabricación del CPC se muestran a través de la comparación de los indicadores usados en planta. Esta comparación se realiza entre los valores de los indicadores antes y después de la aplicación de la metodología.

### 5.1 INDICADOR DE RECHAZOS ( $I_r$ )

El indicador de rechazos muestra que tan bien esta caminando el sector de mecanizado. El indicador de rechazos se define de la siguiente manera:

$$I_r = \frac{\text{Cantidad de piezas defectuosas al mes}}{\text{Cantidad materia prima al mes}} \times 100 \dots 1$$

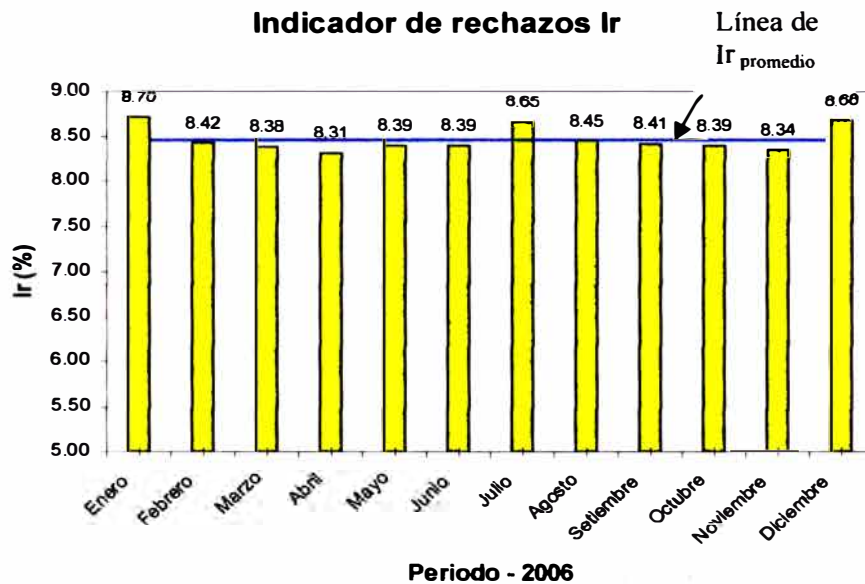
Como el incremento de volumen de producción de mecanizado se ha realizado sobre la pieza porta cilindro exterior (PCE) por el análisis y mejora realizada con el método de control de calidad, mostramos el diagrama de barras del indicador de rechazos del PCE perteneciente al periodo 2006, ver Figura 5.1. De este diagrama realizamos el promedio aritmético de los porcentajes de cada mes y obtenemos el  $I_{r\text{promedio}}$  igual a 8.46 %.

Con los valores de:

- $I_{r\text{promedio}} = 8.46 \%$
- Cantidad de materia prima al mes = 35 500 piezas

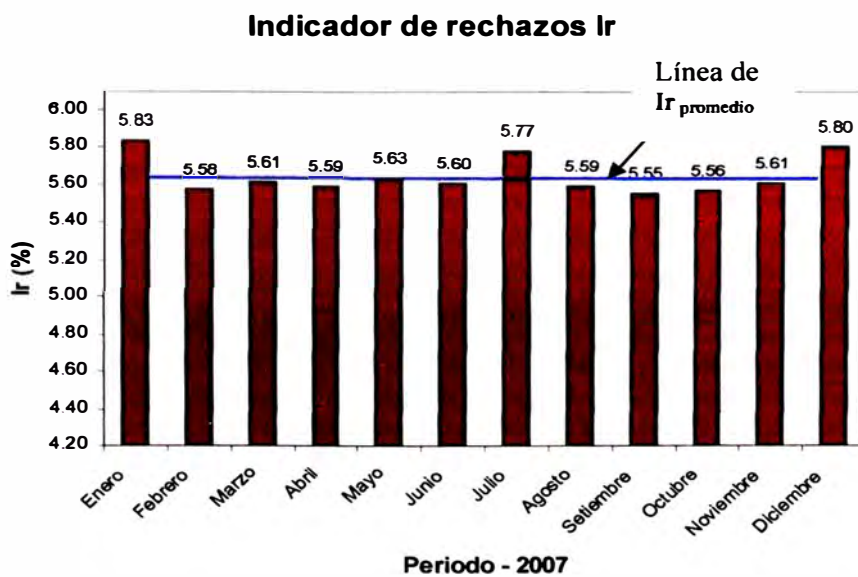
En la expresión 1 tenemos:

**Cantidad promedio de rechazos de PCE al mes = 3003 piezas**



**Figura 5.1:** Diagrama de barras del indicador de rechazos del PCE - 2006

Con la aplicación de la metodología se tiene el nuevo diagrama de barras del indicador de rechazos del PCE, ver Figura 5.2, proyectada sobre todo el periodo 2007 considerando una tendencia de variación del Ir similar al periodo 2006.



**Figura 5.2:** Diagrama de barras proyectada del indicador de rechazos del PCE – 2007

Del nuevo diagrama de barras proyectada del indicador de rechazos del PCE obtenemos el  $I_{r_{promedio}}$  igual a 5.64 %.

Con los valores de:

- $I_{r_{promedio}} = 5.64 \%$
- Cantidad de materia prima al mes = 35 500 piezas

En la expresión 1 tenemos:

**Cantidad promedio de rechazos de PCE al mes = 2002 piezas**

Comparando resultados se puede observar:

<b>Antes</b>	<b>Ahora</b>
Cantidad promedio de rechazos al mes	Cantidad promedio de rechazos al mes
3003 piezas	2002 piezas

Es decir, que se ha reducido en **1001  $\approx$  1000 piezas** la cantidad de rechazos de los porta cilindro exterior (PCE).

## 5.2 INDICADOR DE PRODUCCIÓN ( $I_p$ )

El indicador de producción muestra que tan bien están caminando los sectores involucrados en la fabricación del CPC. El indicador de producción se define de la siguiente manera:

$$I_p = \frac{\text{Cantidad de CPC producidos al mes} \times 100}{\text{Cantidad materia prima al mes}} \dots 2$$

Como la producción de los conjuntos porta cilindros (CPC<sub>s</sub>) esta limitada básicamente por la producción de los PCE, puesto que esta pieza porta cilindro exterior tiene una ligera mayor cantidad de piezas rechazadas, entonces la cantidad producida de piezas no defectuosas de los PCE viene a ser la cantidad de CPC<sub>s</sub>

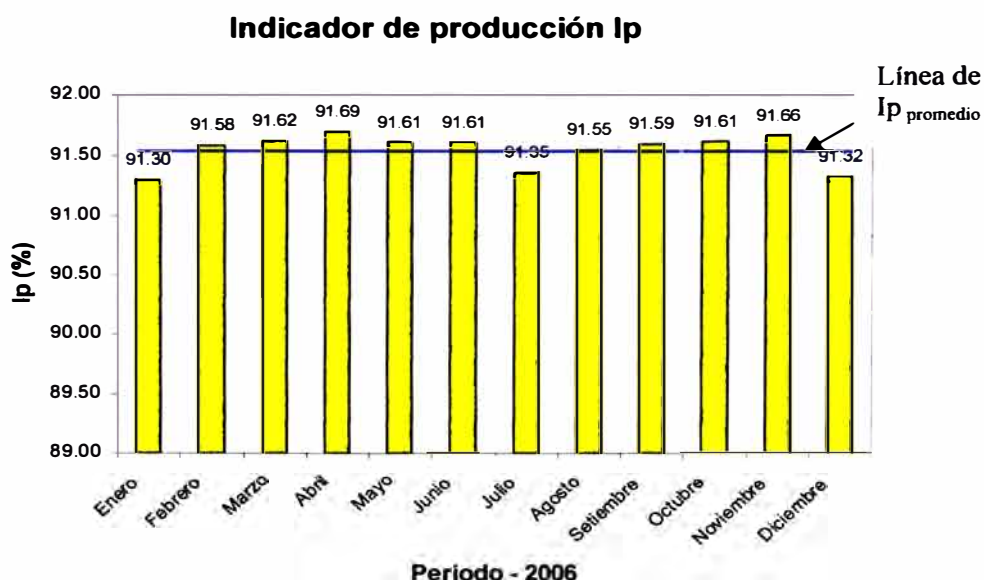
producidos. Del diagrama de barras del indicador de producción del CPC perteneciente al periodo 2006, ver Figura 5.3, obtenemos que el porcentaje de  $I_{p\text{promedio}}$  por mes es igual a 91.54 %.

Con los valores de:

- $I_{p\text{promedio}} = 91.54 \%$
- Cantidad de materia prima al mes = 35 500 piezas

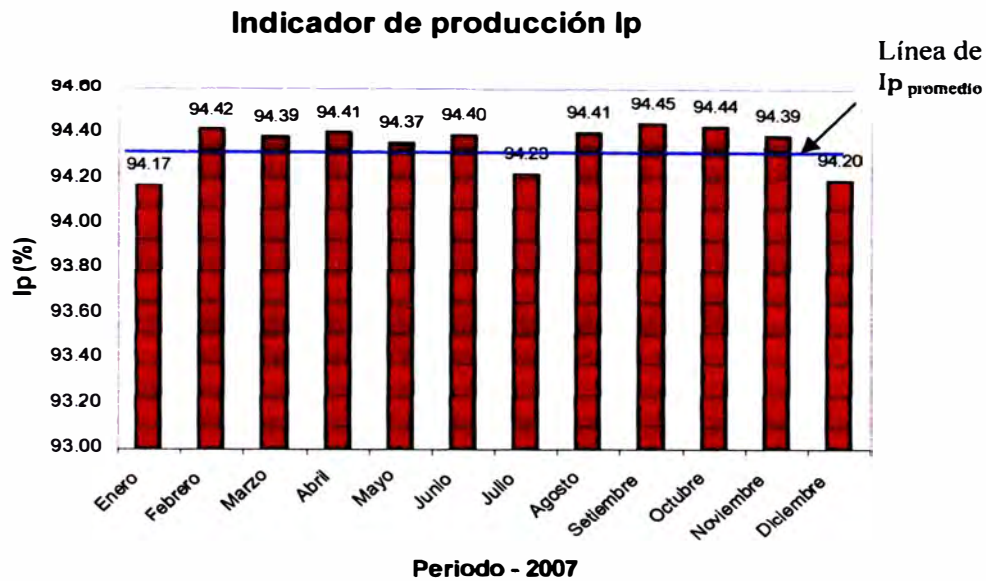
En la expresión 2 tenemos:

**Cantidad promedio de producción de CPC al mes = 32 497 ≈ 32 500 piezas**



**Figura 5.3:** Diagrama de barras del indicador de producción del CPC - 2006

Con la aplicación de la metodología se tiene el nuevo diagrama de barras del indicador de producción del CPC, ver Figura 5.4, proyectada sobre todo el periodo 2007.



**Figura 5.4:** Diagrama de barras proyectada del indicador de producción del CPC - 2007

Del nuevo diagrama de barras proyectada del indicador de producción de CPC obtenemos el  $I_{p\text{promedio}}$  igual a 94.36 %.

Con los valores de:

- $I_{p\text{promedio}} = 94.36 \%$
- Cantidad de materia prima al mes = 35 500 piezas

En la expresión 2 tenemos:

**Cantidad promedio de producción de CPC al mes = 33 498 ≈ 33 500 piezas**

Comparando resultados se puede observar:

<b>Antes</b>	<b>Ahora</b>
Cantidad promedio de producción de CPC al mes	Cantidad promedio de producción de CPC al mes
32 500 piezas	33 500 piezas

Es decir, que se ha incrementado en **1000 piezas** la cantidad de CPC producidos.



### 5.3 INDICADOR DE CALIDAD FUNCIONAL (Icf)

El indicador de calidad funcional muestra el grado de aceptación del producto CPC en nuestro cliente interno. El indicador de calidad funcional se define de la siguiente manera:

$$\text{Icf} = \frac{\text{Cantidad de CPC devueltos al mes} \times 100}{\text{Cantidad de CPC despachados al mes}} \dots 3$$

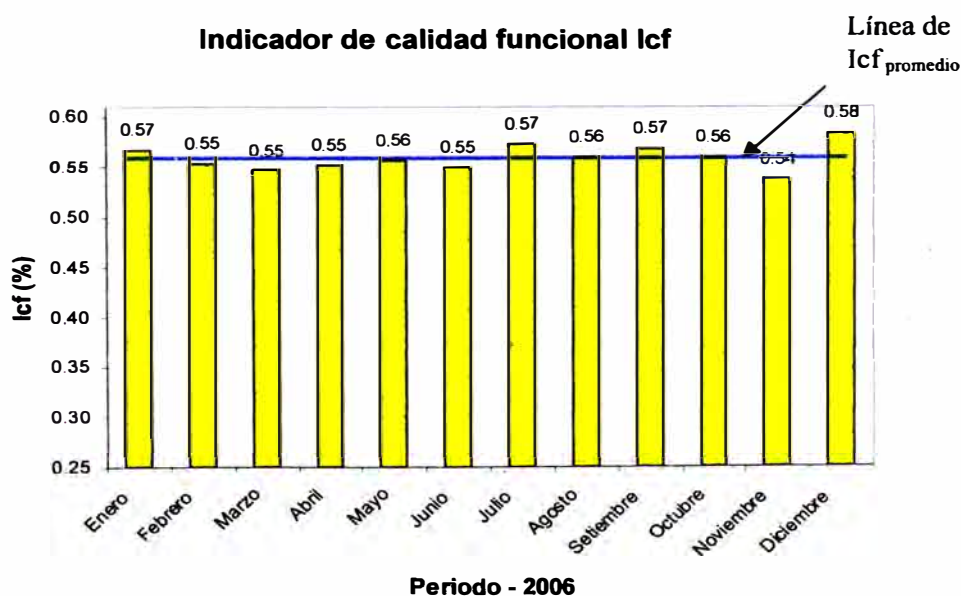
Del diagrama de barras del indicador de calidad funcional del CPC perteneciente al periodo 2006, ver Figura 5.5, obtenemos que el porcentaje de  $\text{Icf}_{\text{promedio}}$  por mes es igual a 0.56 %. Además la cantidad promedio de producción de CPC al mes es igual a la cantidad promedio de los CPC despachados al mes.

Con los valores de:

- $\text{Icf}_{\text{promedio}} = 0.56 \%$
- Cantidad promedio de CPC despachados al mes = 32 500 piezas

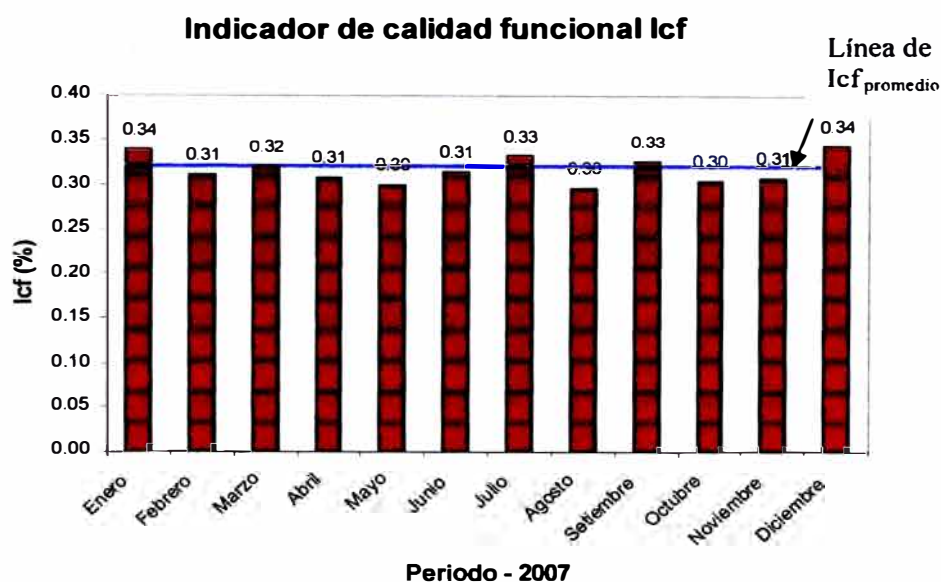
En la expresión 3 tenemos:

**Cantidad promedio de CPC devueltos al mes = 182 piezas**



**Figura 5.5:** Diagrama de barras del indicador de calidad funcional del CPC - 2006

Con la aplicación de la metodología se tiene el nuevo diagrama de barras del indicador de calidad funcional del CPC, ver Figura 5.6, proyectada sobre todo el periodo 2007.



**Figura 5.6:** Diagrama de barras proyectada del indicador de calidad funcional del CPC – 2007

Del nuevo diagrama de barras proyectada del indicador de calidad funcional del CPC obtenemos el  $I_{p_{promedio}}$  igual a 0.32 %.

Con los valores de:

- $I_{p_{promedio}} = 0.32 \%$
- Cantidad promedio de CPC despachados al mes = 33 500 piezas

En la expresión 3 tenemos:

**Cantidad promedio de CPC devueltos al mes = 107 piezas**

Comparando resultados se puede observar:

Antes	Ahora
Cantidad promedio de CPC devueltos al mes	Cantidad promedio de CPC devueltos al mes
182 piezas	107 piezas

Es decir, que se ha reducido en promedio **75 piezas** la cantidad de CPC devueltos.

De los resultados de los indicadores de producción (Ip) y calidad funcional (Icf) correspondientes al periodo 2007 podemos deducir que tenemos un incremento neto de CPC igual a:

$$1000 \text{ CPC promedio adicional producido} - 107 \text{ CPC promedio devueltos} = \mathbf{893 \text{ CPC}}$$

Estos 893 CPC<sub>s</sub> pasarán a incrementar el volumen de producción y venta de cerraduras. Claro esta con el consiguiente gasto en la compra y procesamiento de materiales adicionales para cubrir dicho incremento de producción.

## **CAPÍTULO VI**

### **ESTRUCTURA DE COSTOS**

A continuación se muestran las cantidades de los costos mensuales en que incurre la empresa para la producción de los conjuntos porta cilindros (CPC<sub>s</sub>), ver tabla N° 6.1 y tabla N° 6.2. La tabla N° 6.1 contiene los costos directos entre los cuales tenemos: costos de los materiales directos y mano de obra directa. La tabla N° 6.2 contiene los costos indirectos entre los cuales tenemos: costos de material indirecto, mano de obra indirecta, otros gastos indirectos y gastos administrativos. La sumatoria del total de costos directos mas el total de costos indirectos da como resultado lo que se denomina “costo total de producción”.

<b>Materiales Directos</b>	<b>Costo ( \$ )</b>
* Piezas de latón (materia prima)	
PCE	58000.0
PCI	27000.0
Llave	2500.0
Varillas (obtención de cilindros)	25500.0
Bobinas de alambre (obtención pines y compensadores)	3200.0
* Piezas de acero y fierro	
Bobinas de alambre de acero (obtención de compensador metálico)	1200.0
Carretes de alambre de acero (obtención de resortes)	800.0
Bobinas de alambre de acero inoxidable (obtención de argolla metálica)	1000.0
* Accesorios complementarios de acero y fierro	
Accesorios de fierro	700.0
Accesorios de acero	600.0
	120500.0
<b>Mano de obra Directa</b>	
* Personal de ensamble de CPC	
Operario nivel I: 04 (02 operarios para anillado de CPC y 02 operarios para cargado de pines)	1440.0
Operario nivel II: 02 (cargado de compensadores)	560.0
Operario nivel III: 02 (venteo, remachado, etc.)	400.0
* Personal de mecanizado de piezas constituyentes del CPC	
Encargados de sector: 04 (sectores: ensamble, mecanizado, llaves y tornos automáticos)	1700.0
Operario nivel I: 07 (para máquinas: suhner-PCE, suhner-PCI, poly-PCE, poly-PCI, transfer de cilindros, brochadora de cilindros y cifradora de llaves)	2520.0
Operario nivel II: 03 (para máquinas: perfiladora, estampadora, tornos de cilindros y compensadores)	840.0
Operario nivel III: 02 (para máquina de vibrado-abrillantado y proceso de niquelado)	400.0
	7860.0

**Tabla N° 6.1:** Tabla de costos directos de producción mensual de los CPC,

De esta tabla podemos obtener que el costo directo total resulta de la suma de:

$$\text{Costo directo total} = \text{Costo}_{\text{materiales directos}} + \text{Costo}_{\text{mano de obra directa}} = 120\,500 + 7\,860$$

Entonces:

$$\text{Costo directo total es: } \$ 128\,360.00$$

<b>Material Indirecto</b>	<b>Costo ( \$ )</b>
Insumos químicos (proceso de niquelado)	4700.0
Lubricantes, refrigerantes y líquidos de abrillantado	2200.0
Materiales de limpieza (trapos, escobas, wype, etc.)	300.0
	<u>7200.0</u>
<b>Mano de obra Indirecta</b>	
Jefe de planta	1200.0
Jefe de Mantenimiento	1500.0
Coordinador de operaciones	1500.0
Supervisores: 05 (supervisores de los sectores de: ensamble, mecanizado, llaves, tornos automáticos y de control de calidad)	2400.0
Personal de Mantenimiento: 04 (técnicos: 02 electricistas y 02 mecánicos)	1500.0
Almacenero	350.0
Personal de limpieza	250.0
	<u>8700.0</u>
<b>Otros gastos Indirectos</b>	
Alquiler de local de planta	6000.0
Seguros de planta (contra incendios y robo)	4000.0
Depreciación de máquinas e infraestructura de planta	1500.0
Energía eléctrica	3200.0
Herramientas consumibles (brocas, fresas, cuchillas, etc.)	460.0
Implementos de seguridad personal (guantes, respiradores, gafas, etc.)	90.0
	<u>15250.0</u>
<b>Gastos administrativos</b>	
Secretaria	290.0
Jefe de sistemas	450.0
Depreciación del edificio, muebles y enseres de oficina	350.0
Luz, agua y teléfono	450.0
Gastos diversos administrativos (útiles de escritorio, papel, etc.)	420.0
	<u>1960.0</u>

**Tabla N° 6.2:** Tabla de costos indirectos de producción mensual de los CPC<sub>s</sub>

De esta tabla podemos obtener que el costo indirecto total resulta de la suma de:

$$\begin{aligned}
 \text{Costo indirecto total} &= \text{Costo}_{\text{materiales indirectos}} + \text{Costo}_{\text{mano de obra indirecta}} \\
 &\quad + \text{Costo}_{\text{otros gastos indirectos}} + \text{Costo}_{\text{gastos administrativos}} \\
 &= 7\,200 + 8\,700 + 15\,250 + 1\,960
 \end{aligned}$$

Entonces:

**Costo indirecto total es: \$ 33 110.<sup>00</sup>**

Con los resultados de los costos totales directo e indirecto hallamos el costo total de producción:

$$\begin{aligned}\text{Costo total de producción} &= \text{Costo total directo} + \text{Costo total indirecto} \\ &= 128\,360 + 33\,110\end{aligned}$$

Entonces:

$$\text{Costo total de producción de los CPC}_s = \$ 161\,470.00$$

Por desarrollo de la metodología se vio la necesidad de eliminar las máquinas de refrentado y suhner-PCI anterior para fusionar sus operaciones en una sola máquina denominada *suhner-PCI nueva*. La inversión realizada para adquisición, montaje, instalación y puesta en marcha de la suhner-PCI nueva fue de \$ 46 000. Para poder realizar la adquisición de esta nueva máquina se realizó el cálculo del periodo de recuperación de la inversión (PRI) de la siguiente manera:

$$\text{PRI} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ingreso efectivo mensual}} \dots\dots 1$$

El ingreso efectivo mensual se toma como la diferencia entre las ventas de las cerraduras adicionales vendidas (gracias al incremento en la producción de CPC) menos el gasto en procesamiento y materiales adicionales (para cubrir la producción de las cerraduras adicionales). Este ingreso efectivo se calculó inicialmente para 500 cerraduras mensuales adicionales y resultaba ser de \$ 3 400.<sup>00</sup>.

La inversión inicial fue de \$ 46.000.0. Con estos valores en la expresión 1 tenemos:

$$\text{PRI} = \frac{46\,000}{3\,400} = 13.53$$

Es decir, que la inversión ~~realizada~~ se recuperaría en 14 meses. Pero de los resultados que arrojan los indicadores de producción y calidad funcional después de

la aplicación de la metodología (periodo 2007) se tiene que como incremento neto de cerraduras al mes tenemos la cantidad de 893. El ingreso efectivo para 893 cerraduras es de \$ 4 800.<sup>00</sup>, entonces reemplazando este valor en la expresión 1 tenemos:

$$\text{PRI} = \frac{46\ 000}{4\ 800} = 9.58$$

Es decir, que la inversión realizada se recuperara en **10 meses**.



## CONCLUSIONES

1. Se ha logrado desarrollar y aplicar una metodología para la fabricación del conjunto porta cilindro de cerraduras (CPC).
2. Por planteamiento y desarrollo de la metodología se logró fusionar operaciones de mecanizado consiguiendo reducir horas-hombre y horas-máquina utilizadas en el proceso de fabricación del CPC.
3. Con la aplicación del método de control de calidad de la metodología y a través del uso de las herramientas estadísticas básicas de calidad se ha logrado reducir la cantidad de piezas rechazadas PCE en 1000 unidades (de 3000<sub>antes de la aplicación de la metodología</sub> a 2000<sub>después de la aplicación de la metodología</sub>)
4. La producción mensual de CPC se ha logrado incrementar en 1000 unidades (de 32 500 a 33 500 CPC<sub>s</sub>)
5. La cantidad de devoluciones mensuales de CPC de parte de nuestro cliente interno se ha reducido en 75 CPC<sub>s</sub> (de 182 a 107 CPC<sub>s</sub>)
6. El volumen de producción mensual neta de CPC sin devoluciones se ha incrementado en 893 CPC<sub>s</sub> (1000<sub>incremento</sub> – 107<sub>devueltos</sub>)
7. El periodo de retorno de la inversión realizada para la adquisición de la máquina suhner-PCI nueva se redujo en 4 meses después de la aplicación de la metodología (de 14 meses<sub>antes de la aplicación</sub> a 10 meses<sub>después de la aplicación</sub>).
8. Con el mismo consumo de energía se ha logrado incrementar el volumen de producción de los CPC, es decir, la eficiencia de la planta se ha incrementado en un 3% (1000<sub>incremento</sub>/32 500<sub>producción anterior</sub> ≈ 3 %).

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.- Gerolamo Membreti, Máquinas Herramienta, editorial Gustavo Gili S.A., segunda edición, España 1973.
2. - Henry Ford Trade School , Teoría del Taller, editorial Gustavo Gili S.A., quinta edición, España 1975.
- 3.- Steve F. Krar, Tecnología de las Máquinas Herramienta, editorial Alfaomega S.A., quinta edición, México 2003.
- 4.- Van Valkenburgh, Electricidad Básica, editorial Bell S.A., undécima edición, Volumen I, 1988.
- 5.- Senati, Optimización del Trabajo, febrero-2002.
- 6.- Senati, Organización del Puesto de Trabajo para Incrementar la Productividad, octubre-2001.
- 7.- La Carl Diusberg Gesellschaft, Organización de los Procesos, 1995
- 8.- Ralphs S. Polimeni, Contabilidad de Costos, editorial Mc Graw Hill Interamericana S.A., tercera edición, 2002.
- 9.- Charles T. Horngren, Contabilidad de Costos, editorial Pearson Educación de México S.A., décima edición, 2002.
- 10.- Kume Hitoshi, Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad, editorial Norma, Colombia 2002.

- 11.- Salvador Capuz Rizo, Introducción al Proyecto de Producción, editorial Alfaomega, edición Universidad politécnica de Valencia, España 1996.
- 12.- Jorge Días Mosto, Contabilidad de Costos: Industrial, editorial Universo S.A., primera edición, Volumen II, Perú 1973
- 13.- Hugo Torres Barea, Manual de Seguridad e Higiene Industrial, editorial Gil Armas S.A., primera edición, Perú 1968.
- 14.- Roland P. Blake, Seguridad Industrial, editorial Diana, primera edición, México 1970.
- 15.- Mixell P. Groover, Fundamentos de Manufactura Moderna, editorial Prentice-Hall S.A., primera edición, México 1996.
- 16.- Jhon A. Schey, Procesos de Manufactura, editorial Mc Graw Hill Companies S.A., tercera edición, México 2001.

### **Apéndice “A”**

Definición de operaciones a realizar sobre la materia prima fundamental

### **Apéndice “B”**

Tablas:

Tabla N° 2.1: Cuadro de cargas para la fabricación del conjunto porta cilindro (CPC)

Tabla N° 2.2: Cuadro de cargas totales para el cálculo del cable alimentador principal

Tabla N° 3.1: Cuadro de estudio de tiempos del proceso de fabricación de CPC – anterior

Tabla N° 3.2: Cuadro de estudio de tiempos del proceso de fabricación de CPC – nuevo

## **Apéndice “C”**

**Diagramas:**

**Diagrama 2.1: Diagrama de cargas de la planta**

**Diagrama 2.2: Diagrama de operaciones de procesos (DOP) del CPC**

**Diagrama 2.3: Diagrama de operaciones múltiple de mecanizado de las piezas PCE-PCI**

## **APÉNDICE “A”**

**Definición de operaciones a realizar sobre la materia prima  
fundamental**

- **Forjar** :Es el proceso por el cual se le da forma a una pequeña barra cilíndrica de latón al rojo vivo sobrepuesta en su molde y golpeada a través de una prensa; de esta manera se obtienen las piezas PCE y PCI como materia prima, ver Figura 4 y Figura 5.
- **Troquelar**: Es el proceso por el cual se recorta una lamina de latón mediante el golpe con un troquel (bloque de acero grabado con la forma requerida); de esta manera se obtiene la pieza Llave como materia prima, ver Figura 6.
- **Trefilar**: Es el proceso por el cual se reduce la sección de un alambión de latón haciéndolo pasar por una hilera; de esta manera se obtienen las varillas y bobinas de alambre para el mecanizado de cilindros, pines, compensadores y pin-pasador, ver Figura 7, Figura 8 y Figura 9.

## **APÉNDICE “B”**

### **Tablas**

Item	SECTOR	Máquina	HP	I(amp)	Fase	V	Hz
1	LLAVES	Perfiladora	2.00	6.50	3Φ	220	60
2		Cifradora	1.50	5.00	3Φ	220	60
3		Estampadora	10.00	27.00	3Φ	220	60
4	PINES-RESORTES	Scomatic 1	3.00	9.00	3Φ	220	60
5		Scomatic 2	3.00	9.00	3Φ	220	60
6		Scomatic 3	0.75	2.80	3Φ	220	60
7		Berninghaus	5.00	15.00	3Φ	220	60
8		Resortera 1	1.00	3.50	3Φ	220	60
9		Resortera 2	1.00	3.50	3Φ	220	60
10		Horno eléctrico	5.9 KW	15.60	3Φ	220	60
11		Tamboreo	1.00	3.50	3Φ	220	60
22	TORNOS AUTOMÁTICOS	Torno automático-5P	7.50	22.00	3Φ	220	60
23		Torno automático-7P	7.50	22.00	3Φ	220	60
24	MANTENIMIENTO	Torno revolver	3.00	9.00	3Φ	220	60
25		Taladro vertical	1.50	5.00	3Φ	220	60
26	LAVADO-ABRILLANTADO	Vibrado-abrillantado 1	2.00	6.50	3Φ	220	60
27		Vibrado-abrillantado 2	3.00	9.00	3Φ	220	60
28		Secador centrifugo	3.00	9.00	3Φ	220	60
29	ACAB. SUPERF. Q	Rectificadores	40.00	104.00	3Φ	220	60
34	MECANIZADO	Taladro-pasador	0.50	2.00	3Φ	220	60
35		Poly-PCE	1.50	2.80	3Φ	220	60
36		Suhner-PCE	10.00	27.00	3Φ	220	60
37		Suhner-PCI nueva	6.50	15.00	3Φ	220	60
38		Poly-PCI	2.00	6.50	3Φ	220	60
39		Taladro-escariador	1.50	5.00	3Φ	220	60
44		Transfer de cilindros	10.00	27.00	3Φ	220	60
45		Brochadora de cilindros 1	5.00	15.00	3Φ	220	60
46		Brochadora de cilindros 2	5.00	15.00	3Φ	220	60
47		Compresora de tornillo		15.00	40.00	3Φ	220
48	Alumbrado		12.5 KW	36.45		220	60

**Tabla N° 2.1:** Cuadro de cargas para el cálculo de la potencia de máxima demanda en la fabricación del conjunto porta cilindro (CPC)



Item	SECTOR	Máquina	HP	I(amp)	Fase	V	Hz
1	LLAVES	Perfiladora	2.00	6.50	3Φ	220	60
2		Cifradora	1.50	5.00	3Φ	220	60
3		Estampadora	10.00	27.00	3Φ	220	60
4	PINES-RESORTES	Scomatic 1	3.00	9.00	3Φ	220	60
5		Scomatic 2	3.00	9.00	3Φ	220	60
6		Scomatic 3	0.75	2.80	3Φ	220	60
7		Berninghaus	5.00	15.00	3Φ	220	60
8		Resortera 1	1.00	3.50	3Φ	220	60
9		Resortera 2	1.00	3.50	3Φ	220	60
10		Horno eléctrico	5.9 KW	15.60	3Φ	220	60
11		Tamboreo	1.00	3.50	3Φ	220	60
12	TOROS AUTOMÁTICOS	Tomo 1	5.00	15.00	3Φ	220	60
13		Torno 2	5.00	15.00	3Φ	220	60
14		Torno 3	5.00	15.00	3Φ	220	60
15		Torno 4	5.00	15.00	3Φ	220	60
16		Torno 5	3.00	9.00	3Φ	220	60
17		Torno 6	3.00	9.00	3Φ	220	60
18		Torno 7	3.00	9.00	3Φ	220	60
19		Torno 8	3.00	9.00	3Φ	220	60
20		Torno 9	3.00	9.00	3Φ	220	60
21		Torno 10	5.00	15.00	3Φ	220	60
22		Torno automático-5P	7.50	22.00	3Φ	220	60
23	Torno automático-7P	7.50	22.00	3Φ	220	60	
24	MANTENIMIENTO	Torno revolver	3.00	9.00	3Φ	220	60
25		Taladro vertical	1.50	5.00	3Φ	220	60
26	LAVADO-ABRILLANTADO	Vibrado-abrillantado 1	2.00	6.50	3Φ	220	60
27		Vibrado-abrillantado. 2	3.00	9.00	3Φ	220	60
28		Secador centrífugo	3.00	9.00	3Φ	220	60
29	ACAB. SUPERF. Q	Rectificadores	40.00	104.00	3Φ	220	60
30	MECANIZADO	Cerrojera	7.50	22.00	3Φ	220	60
31		Estampadora "PC8"	3.00	9.00	3Φ	220	60
33		Transfer "PC"8"	15.00	40.00	3Φ	220	60
34		Taladro-pasador	0.50	2.00	3Φ	220	60
35		Poly-PCE	1.50	2.80	3Φ	220	60
36		Suhner-PCE	10.00	27.00	3Φ	220	60
37		Suhner-PCI nueva	6.50	15.00	3Φ	220	60
38		Poly-PCI	2.00	6.50	3Φ	220	60
39		Taladro-escariador	1.50	5.00	3Φ	220	60
40		MMK1	7.50	22.00	3Φ	220	60
41		MMK2	7.50	22.00	3Φ	220	60
42		MMK3	0.75	2.80	3Φ	220	60
43		MMK4	3.00	9.00	3Φ	220	60
44		Transfer de cilindros	10.00	27.00	3Φ	220	60
45		Brochadora de cilindros 1	5.00	15.00	3Φ	220	60
46		Brochadora de cilindros 2	5.00	15.00	3Φ	220	60
47	Compresora de tornillo		15.00	40.00	3Φ	220	60
48	Alumbrado		12.5 KW	36.45		220	60

**Tabla N° 2.2:** Cuadro de cargas totales para el cálculo del cable alimentador principal

## SECTOR DE MECANIZADO

PCI					
					H-M
Máquinas	Hrs	pzs / Hr	Turno	1500	Cálculo
Refrentadora	0.00197	507	4310	3.0	0.41
Suhner-PCI anterior	0.00476	210	1781	7.2	1.00
Poly-PCI	0.00276	362	3073	4.1	0.58
Taladro-pasador	0.00158	633	5380	2.4	0.33
Taladro-escariador	0.00123	812	6904	1.8	0.26
				18	H-M
					3 operarios
PCE					
					H-M
Máquinas	Hrs	pzs / Hr	Turno	1500	Cálculo
Vibrado-abrillantado	0.00278	360	3058	4.2	0.53
Suhner-PCE	0.00526	190	1615	7.9	1.00
Poly-PCE	0.0028	352	2989	4.3	0.54
Taladro-pasador	0.00158	633	5380	2.4	0.30
Taladro-escariador	0.00123	812	6904	1.8	0.23
				21	H-M
					3 operarios
Cilindro-7P					
					H-M
Máquinas	Hrs	pzs / Hr	Turno	1500	Cálculo
Torno automático-7p	0.00431	232	1974	6.5	1.00
Transfer de cilindros	0.00295	339	2881	4.4	0.69
Brochadora de cilindros	0.00110	909	7730	1.6	0.26
Vibrado-abrillantado	0.00120	833	7083	1.8	0.28
				14	H-M
					2 operarios
Cilindro-5P					
					H-M
Máquinas	Hrs	pzs / Hr	Turno	1500	Cálculo
Torno automático-5p	0.00417	240	2038	6.3	1.00
Transfer de cilindros	0.00295	339	2881	4.4	0.71
Brochadora de cilindros	0.00110	909	7730	1.6	0.26
Vibrado-abrillantado	0.00120	833	7083	1.8	0.29
				14	H-M
					2 operarios
Llaves					
					H-M
Máquinas	Hrs	pzs / Hr	Turno	4500	Cálculo
Cifradora	0.00072	1390	11818	3.2	1.00
Perfiladora	0.00049	2063	17536	2.2	0.67
Estampadora	0.00056	1797	15278	2.5	0.77
Niquelado	0.00056	1800	15300	2.5	0.77
				10	H-M
					3 operarios

**Tabla N° 3.1:** Cuadro de estudio de tiempos del proceso de fabricación de CPC – anterior (inicio)

**SECTOR DE ENSAMBLE**

<b>CPC</b>				
-				
H-H				
<b>Operaciones</b>	<b>Hrs</b>	<b>pzs / Hr</b>	<b>Turno</b>	<b>1500</b>
Ventado	0.00200	500	4250	3.0
Remache de pin-pasador	0.00222	450	3829	3.3
Cargado de compensadores/PCE	0.00909	110	935	13.6
Cargado de compensadores/PCI	0.00833	120	1020	12.5
Cargado de pines	0.01111	90	765	16.7
Anillado	0.01000	100	850	15.0
				Cuello de Botella
64				H-H
8				<b>operarios</b>

**Tabla N° 3.1:** Cuadro de estudio de tiempos del proceso de fabricación de CPC – anterior (fin)

## SECTOR DE MECANIZADO

PCI						
					-	
					H-M	
Máquinas	Hrs	pzs / Hr	Turno	1500		Cálculo
Refrentadora Máquina eliminada del Proceso						
Suhner-PCI nueva	0.00526	190	1615	7.9	Cuello de Botella	-
Poly-PCI	0.00276	362	3073	4.1		1.10
Taladro-pasador	0.00158	633	5381	2.4		0.58
Taladro-escariador	0.00123	812	6904	1.8		0.33
				16		0.26
					H-M	
PCE						
					-	
					H-M	
Máquinas	Hrs	pzs / Hr	Turno	1500		Cálculo
Vibrado-abrillantado						
Suhner-PCE	0.00526	190	1615	7.9	Cuello de Botella	0.53
Poly-PCE	0.00284	352	2989	4.3		1.00
Taladro-pasador	0.00158	633	5380	2.4		0.54
Taladro-escariador	0.0012	812	6904	1.8		0.30
				21		0.23
					H-M	
Cilindro-7P						
					-	
					H-M	
Máquinas	Hrs	pzs / Hr	Turno	1500		Cálculo
Torno automático-7p						
Transfer de cilindros	0.00295	339	2881	4.4	Cuello de Botella	1.00
Brochadora de cilindros	0.00110	909	7730	1.6		0.69
Vibrado-abrillantado	0.00120	833	7083	1.8		0.26
				14		0.28
					H-M	
Cilindro-5P						
					-	
					H-M	
Máquinas	Hrs	pzs / Hr	Turno	1500		Cálculo
Torno automático-5p						
Transfer de cilindros	0.00295	339	2881	4.4	Cuello de Botella	1.00
Brochadora de cilindros	0.00110	909	7730	1.6		0.71
Vibrado-abrillantado	0.00120	833	7083	1.8		0.26
				14		0.29
					H-M	
Llaves						
					-	
					H-M	
Máquinas	Hrs	pzs / Hr	Turno	4500		Cálculo
Cifradora						
Perfiladora	0.00049	2063	17536	2.2	Cuello de Botella	1.00
Estampadora	0.00056	1797	15278	2.5		0.67
Niquelado	0.00056	1800	15300	2.5		0.77
				10		0.77
					H-M	

**Tabla N° 3.2:** Cuadro de estudio de tiempos del proceso de fabricación de CPC – nuevo (inicio)

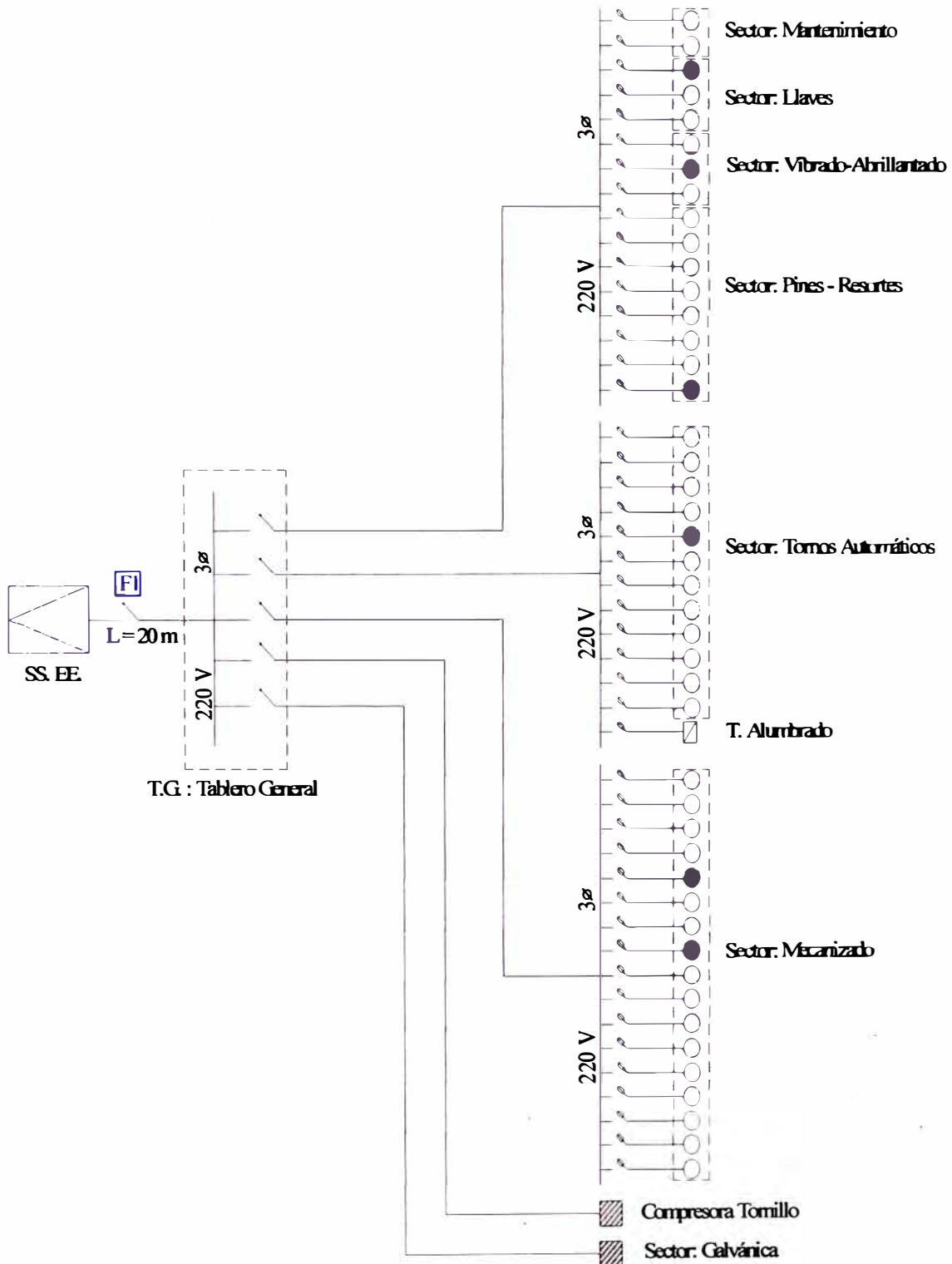
**SECTOR DE ENSAMBLE**

CPC							
					H-H		
Operaciones	Hrs	pzs / Hr	Turno	1500	Cálculo		
Ventado	0.0020	500	4250	3.0			
Remache de pin-pasador	0.0022	450	3829	3.3			
Cargado de compensadores/PCE	0.0091	110	935	13.6			
Cargado de compensadores/PCI	0.0083	120	1020	12.5			
Cargado de pines	0.0111	90	765	16.7			Cuello de Botella
Anillado	0.0100	100	850	15.0			
				64			H-H
					8	operarios	

**Tabla N° 3.2:** Cuadro de estudio de tiempos del proceso de fabricación de CPC – nuevo (fin)

## **APÉNDICE “C”**

### **Diagramas**



**Diagrama 2.1:** Diagrama de cargas de la planta

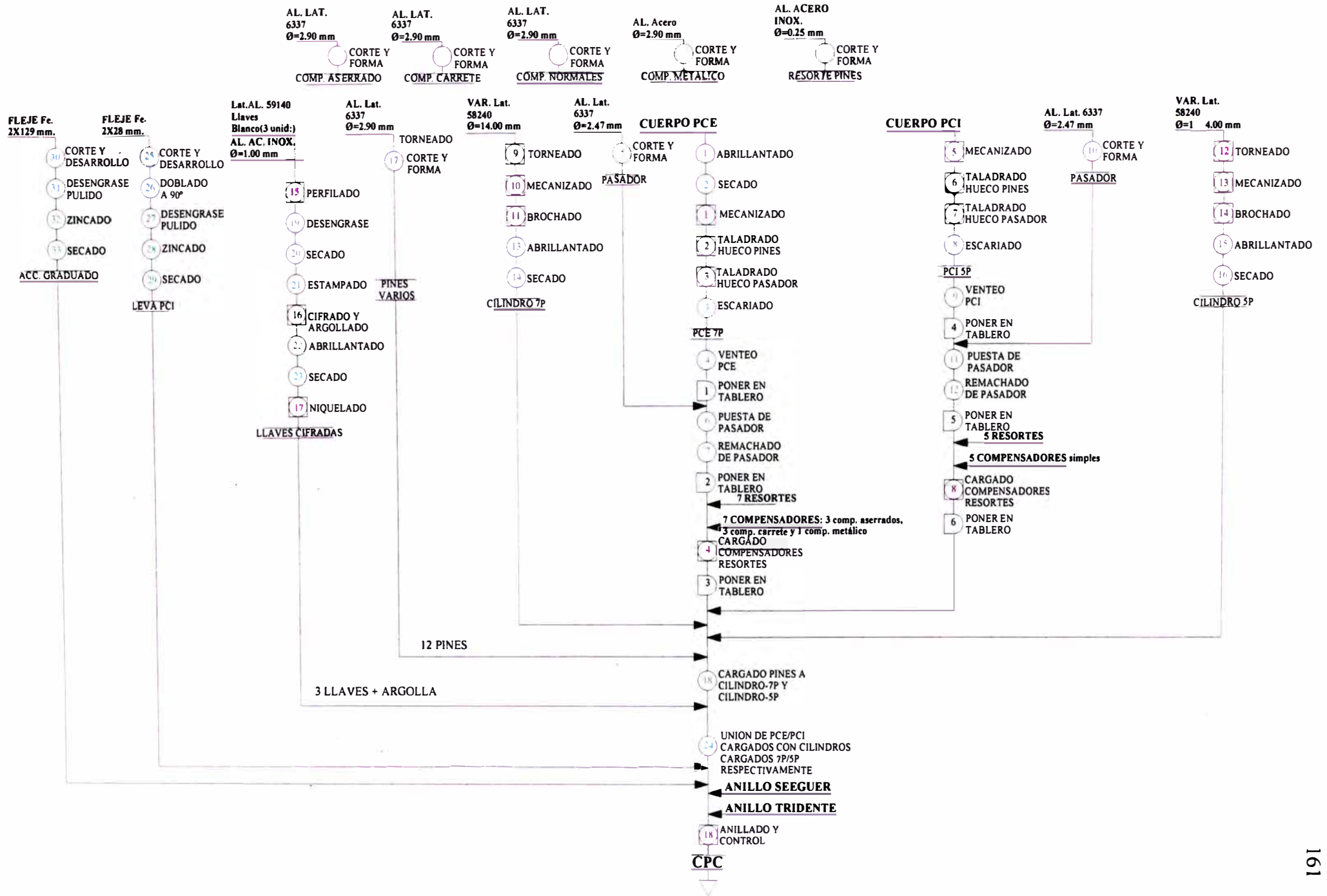


Diagrama 2.2: Diagrama de operaciones de los procesos (DOP)



