



**Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”  
Facultad de Mecánica**

**Tesis en opción al título de Ingeniero Mecánico**

**Tecnología de recuperación o fabricación de piezas críticas para el  
mantenimiento de los compresores recíprocos de hidrógeno modelo  
4ГМ16-56/15-30СМ1Т.**

**Autor: Julián Landaburo Alonso**  
**Tutores: MSc. Ing. Jorge Luis Cabrerías Sánchez**  
**MSc. Ing. Pedro Rodríguez Escalona**  
**Consultante: Ing. Orlando M. Stable Rodríguez**

**Cienfuegos, Cuba**  
**CURSO 2014 - 2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi gratitud a mis tutores: Msc.Ing. Jorge Luis Cabrerías Sánchez y a Msc. Ing. Pedro Rodríguez Escalona, a mis compañeros Ingenieros Marcos James, Carlos Maraña, Jorge Lanza, a mi esposa, a mi familia a todo el que de una forma u otra me colaboraron y orientaron para la elaboración de este trabajo, que para mí constituye un éxito que añore pero siempre me faltó la suficiente inspiración hasta que fui capaz de percibir lo necesario para aprovechar las posibilidades de formación profesional que nos da nuestra Revolución. Gracias a todos.

## **DEDICATORIA**

A todas aquellas personas que creyeron en mi capacidad y voluntad así como a mi padre que tanto disfrutaría de este éxito profesional que tanto nos inculcó, a mis primos. A la revolución que nos ofrece la oportunidad de crecer como persona y aportar dignamente a través de nuestra formación, en aras del progreso social y personal.

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se persigue como objetivo el desarrollo de tecnología de recuperación o fabricación de las piezas críticas de los compresores reciprocantes encargados de recircular el hidrogeno hacia las plantas de proceso del petróleo; dichas piezas fueron determinadas por las averías producidas durante todo su periodo de trabajo. En este trabajo se señala la reparación de compresores reciprocantes utilizando métodos de fabricación y recuperación para las piezas que sufren grandes desgastes y dejan de cumplir los requisitos técnicos para la explotación de estos equipos. Se realiza un análisis y estudio detallado de cada elemento del equipo, se seleccionan herramientas de cortes, maquinas herramientas, instrumentos de mediciones y dispositivos necesarios. Se determina el régimen de corte considerando los parámetros de las maquinas herramientas utilizadas. Se acompaña el trabajo con una valoración técnica económica de los resultados y la repercusión en la esfera de la producción y los servicios, así como un grupo de recomendaciones que ayuden a una más eficiente aplicación de métodos empleados para el reacondicionamiento o recuperación de las piezas.

Palabras claves.

Reacondicionamiento, recuperación, piezas críticas, compresores reciprocantes.

## **SUMMARY**

In the present work chases like objective the development of technology of recuperation or manufacturing of the critical pieces of the reciprocating compressors ordered of re-leaflet the hydrogen toward the plants of process of oil; the aforementioned pieces were determined by the damages produced throughout their period of work. In this work the repair of reciprocating compressors using methods of manufacturing and recuperation for the pieces that suffer big wears and stop keeping the technical requirements for the exploitation of these teams are indicated. An analysis and study detailed of every element of the team are accomplished; they select tools of cuts, machine tools, instruments of measurements and necessary devices. Is determined the regimen of cut considering the parameters of the used machine tools. The work with a technical cost-reducing assessment is in the company of the results and the repercussion in the sphere of production and the services, as well as a group of recommendations that help a more efficient application of methods used for the reconditioning or recuperation of the pieces.

Passwords.

Reconditioning, recuperation, critical pieces, reciprocating compressors.

## INDICE

<i>Introducción</i>	8
<b>CAPITULO I: MARCO TEORICO</b>	<b>12</b>
<b>1.1. Generalidades de compresores. Clasificación general de los compresores industriales.</b>	<b>12</b>
1.1.1 Compresores centrífugos	13
1.1.2 Compresores Axiales	13
1.1.3 Compresores rotativos	13
1.1.4 Compresores reciprocantes.	14
<b>1.2. Compresores reciprocantes instalados en las plantas de procesos de Refinería.</b>	<b>15</b>
1.2.1 Características generales de estas máquinas con breve explicación	16
<b>1.3. Mantenimiento compresores reciprocantes.</b>	<b>28</b>
1.3.1. Mantenimiento preventivo y la implementación del uso de las herramientas del mantenimiento predictivo en los compresores reciprocantes.	28
1.3.2. Actividades del ciclo de mantenimiento planificado.	30
1.3.3. Herramientas de diagnósticos y métodos de ensayos no destructivos con que se debe efectuar el control de la calidad de la ejecución de los trabajos de Mantenimiento	33
<b>1.4 Análisis del comportamiento de la aplicación de los mantenimientos y reparaciones del compresor 4GM16-56/15-30 en un periodo de explotación de cinco años.</b>	<b>34</b>
<b>1.5 Selección de las piezas a recuperar o fabricar. Criterios de selección</b>	<b>36</b>
<i>Capitulo II: Metodología para el cálculo de la interferencia.</i>	<b>38</b>
<b>2.1 Introducción:</b>	<b>38</b>
<b>2.2 Definiciones fundamentales:</b>	<b>38</b>
<b>2.3 Definiciones para el caso de los aprietes según norma ISO.</b>	<b>39</b>
<b>2.4 Calidad o índices de calidad.</b>	<b>41</b>
<b>2.5 Posiciones de las Tolerancias</b>	<b>41</b>
<b>2.6 Procedimiento para el cálculo de las tolerancias, e interferencias para el cilindro y la camisa y para el buje con la biela.</b>	<b>45</b>
2.6.1 Cálculo de las tolerancias, e interferencias.	45
2.6.2 Selección de las fórmulas para el cálculo del ajuste por interferencia o apriete.	46
2.6.3. Calculo el ajuste del acoplamiento prensado camisa-cilindro	47
2.6.4. Calculo el ajuste del acoplamiento entre biela –bulón biela.	49

<b>Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS</b>	<b>52</b>
3.1. INTRODUCCION	52
3.2. Propuesta de procedimiento para la fabricación y o recuperación de las partes o piezas de los compresores modelos 4FM16-56/15-30CM1T.	53
3.3. Desarrollo de la selección del método y el tipo de proceso de fabricación para cada una de las piezas.	55
3.4. Metodología para los cálculos de los regímenes tecnológicos de las diferentes operaciones por máquinas.	58
3.5. Metodología para el cálculo de los tiempos de las operaciones.	69
3.6. Selección de herramientas, tipo de sujeción y dispositivos.	69
3.7. Medidas de PHT	72
3.8. Métodos de control e instrumentos de medición.	73
<b>CAPITULO IV. VALORACIÓN ECONOMICA.</b>	<b>76</b>
4.1. Consideraciones en el cálculo económico.	76
4.2 Resultados de los cálculos económicos de piezas fabricadas o recuperadas.	76
4.3 Comparación con costos de fabricación vs costos de importación.	77
<b>Conclusiones</b>	<b>78</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>80</b>
<b>Bibliográficas</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS.</b>	<b>84</b>

## **INTRODUCCIÓN**

### **Antecedente**

La construcción de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos se remonta a la década de los 80. Comenzó a funcionar en 1991 de forma intermitente, hasta que en 1995 el gobierno cubano adoptó la decisión de no operarla más e iniciar un proceso de conservación. El derrumbe del campo socialista y sobre todo, el desmembramiento de la antigua URSS, provocaron la suspensión total de los suministros.

En un breve periodo de tiempo, la Refinería de Cienfuegos se convirtió en un símbolo amargo del derrumbe de la Europa socialista. Su torre de 192 metros de altura indicaba en muchas leguas a la redonda que nada funcionaba en su interior.

En 1995 sobreviene la paralización de la Refinación Cienfuegos. Gracias al nacimiento del ALBA y PETROCARIBE, se crea la Empresa PDV CUPET, S.A. y en consecuencia, el 21 de diciembre de 2007 ocurre la reactivación de la Refinería “Camilo Cienfuegos”, procesando la mezcla de los crudos venezolanos: Mesa 30 y Merey 16. Tras varios años de intentos por desarrollar proyectos con empresas mixtas que permitieran reabrir la refinería, en el primer semestre de 2005 se iniciaron inspecciones técnicas a las instalaciones por parte especialistas de las empresas CUPET, de Cuba, y la venezolana PDVSA, con el objetivo de determinar el costo capital de la reactivación de la planta en una primera etapa. Los análisis evidenciaron que se requerían 83 millones de dólares, monto que fue aprobado en el 2006.

Los procesos de refinación que incluyen manejo, almacenamiento y procesamiento de sustancias y gases potencialmente peligrosos, exigen un manejo adecuado de los riesgos y una mejora continua en estos procesos, existiendo una gran cantidad y variedad de equipamiento instalados entre los que se encuentran los compresores recíprocos, que por su principio de funcionamiento, complejidad, y diseño envejecido, posibilitan la ocurrencia de eventos no deseados como pueden ser la fuga de gases, y las paralizaciones

por fallas y averías. Todo esto implica la necesidad de lograr la disminución de riesgos en la aparición de averías por fallas, el mejoramiento de la predicción y eficiencia en la planificación y la ejecución del mantenimiento al equipamiento instalado.

Los procesos de refinación que incluyen manejo, almacenamiento y procesamiento de sustancias y gases potencialmente peligrosos, exigen un manejo adecuado de los riesgos y una mejora continua en estos procesos. El trabajo toma como referencia la recirculación de gas hidrogenado en el sistema con ayuda de compresores recíprocos, que por principio de funcionamiento, complejidad y diseño envejecido, posibilitan la ocurrencia de eventos no deseados, haciendo referencia en lo que compete a este trabajo a las fugas de gas hidrogenado al medio ambiente. (CUVENPETROL S.A., 2007)



**Fig.1 Refinería Camilo Cienfuegos**

### **Justificación del estudio**

Necesidad de contar con herramientas que permitan mejorar la planificación y ejecución de las actividades del mantenimiento y reparación en la Refinería de Cienfuegos, y con ello elevar la eficiencia y productividad del equipamiento instalado y de la actividad económica de la empresa en general.

### **Problema de Investigación**

No existe en la Refinería Camilo Cienfuegos un estudio, que permita determinar cuáles son las piezas que constituyen renglones críticos, para poder efectuar el mantenimiento y las reparaciones de los compresores recíprocos modelo 4GM16-56/15-30, no contando además, con las tecnologías necesarias para ejecutar los procesos de fabricación y/o recuperación de las partes y piezas requeridas para ello, lo que afecta la eficiencia en la planificación y ejecución de estos importantes procesos.

### **Objetivo General**

Proponer y elaborar las tecnologías necesarias para la fabricación y/o recuperación de las partes y piezas, que se requieren para el mantenimiento y reparación, de los compresores recíprocos modelo 4GM16-56/15-30 de la Refinería Camilo Cienfuegos.

### **Objetivos específicos**

1. Realizar, un estudio técnico del conjunto de piezas que forman parte de los compresores recíprocos 4GM16-56/15-30, para determinar las piezas críticas que por su tiempo y régimen de explotación es necesario sustituir, durante los periodos de mantenimiento y reparación.
2. Proponer un procedimiento general para la ejecución de los diferentes pasos que se deben efectuar, para la elaboración de las piezas durante el desarrollo de los diferentes procesos tecnológicos.
3. Proponer las tecnologías de fabricación y o recuperación requeridas para cada una de las piezas seleccionadas, y en correspondencia con los procesos tecnológicos necesarios para la elaboración de las mismas.
4. Realizar una valoración económica para determinar el costo total y por piezas siguiendo las tecnologías propuestas.

Este trabajo responde al cumplimiento de diferentes lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución definidos en el VI Congreso del PCC, como son del Capítulo VIII, el 220, 229, 241 y el 252.

### **Hipótesis de la Investigación**

Si se realiza un estudio basado en un análisis técnico económico de los componentes y partes que conforman los compresores recíprocos 4GM16-56/15-30, teniendo en cuenta además, los ciclos del mantenimiento establecidos y otras consideraciones, se podrán determinar cuáles serían las piezas críticas a seleccionar y elaborar además, las correspondientes tecnologías necesarias para ejecutar los procesos de fabricación y/o recuperación de las mismas.



CAPITULO I: MARCO TEORICO

En este capítulo se realiza una exposición de aspectos generales que se abordan en la bibliografía consultada sobre la temática y documentos pertenecientes al área, también se hace una valoración de la situación actual del mantenimiento que consta de un sistema automático de gestión llamado MP2 que se nutre de los programas de controles diseñados para la explotación, aplicado a los compresores que permite recoger las horas de trabajo de cada equipo y el registro de un historial de intervenciones programadas por el ciclo de mantenimiento concebido para cada máquina e imprevistos. A través de él se controla el costo de las reparaciones, el consumo de piezas y otros datos estadísticos como los máximos y los mínimos de las existencias en almacenes, involucradas en las reparaciones. Por lo que se hace necesario garantizar la producción de las piezas de repuesto que sean posibles por medios propios o en otra empresa del País para reducir los costos de los mantenimientos. Con este objetivo se elaboran las tecnologías de fabricación o recuperación de las piezas más vulnerables en los compresores,

1.1. Generalidades de compresores. Clasificación general de los compresores industriales.

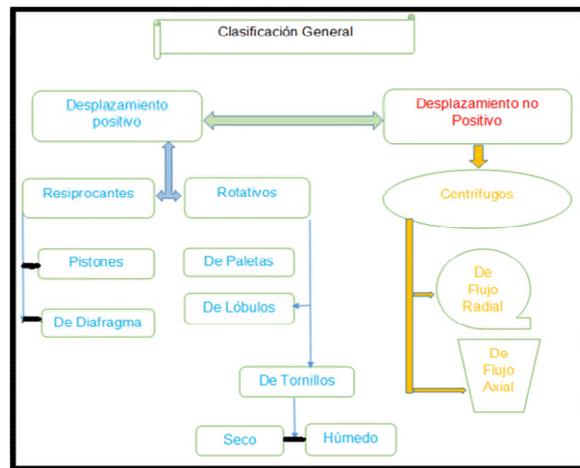


Fig. 2 Clasificación de compresores.

En el esquema de la figura 2 se muestra de manera general algunas de las formas de clasificación de los compresores atendiendo a varios aspectos, siendo las formas fundamentales

## CAPITULO I: MARCO TEORICO



- Centrífugos: axiales y radiales
- Rotativos
- Reciprocantes

### 1.1.1 Compresores centrífugos

Están compuestos por uno o varios impulsores que giran a altas revoluciones. El caudal que circula dentro de la caja de impulsores es de tipo continuo.

La alta velocidad, típica en éstos compresores, hace posible comprimir volúmenes de gas natural superiores a los 2832 ( $\text{m}^3/\text{min}$ ) y el tamaño del equipo no requiere gran espacio en planta.

Se caracterizan por operar durante periodos largos de operación (más de 18000 horas de trabajo) sin requerir reparación mayor.

La alta velocidad de trabajo hace sensible a la densidad del gas, peso molecular y a la constante poli trópica del gas.

El efecto más significativo es el incremento de la constante poli trópica del gas originado por la disminución en la densidad o disminución en el peso molecular. La consecuencia inmediata es la variación de la Relación de compresión (R).

La eficiencia de compresión varía entre 70 y 78 %

### 1.1.2 Compresores Axiales

Están compuestos por dos grupos de hojas axiales, un grupo axial rota mientras el otro permanece estacionario. El gas circula en forma paralela al eje de rotación del compresor. En precio, estos equipos son más económicos que los centrífugos cuando su aplicación se hace para transferir caudales mayores a 1982 ( $\text{m}^3/\text{min}$ ). Son compresores de tamaño pequeño y su eficiencia es ligeramente mayor que los centrífugos.

Eficiencia de compresión: entre 75 y 82 %.

### 1.1.3 Compresores rotativos

Existen dos tipos de compresores rotativos:

- Compresores rotativos de alta presión.

## CAPITULO I: MARCO TEORICO



- Compresores rotativos de baja presión.

Compresores rotativos de alta presión (más de 10 Kgf/cm<sup>2</sup>) Están conformados por dos tornillos rotativos que giran dentro de un ambiente cerrado sin entrar en contacto.

Son de bajo costo y una eficiencia mayor que los compresores centrífugos.

Son muy sensibles, no pueden comprimir gas ligeramente sucio. La desventaja más notoria es el ruido que hacen al funcionar. Poseen una eficiencia de compresión: entre 75 y 80 %

### 1.1.4 Compresores reciprocantes.

Un compresor reciprocante es una máquina que admite un gas, lo comprime y lo descarga a una mayor presión. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor de desplazamiento positivo, en el que la compresión se obtiene por desplazamiento de un pistón moviéndose alternativamente de atrás hacia adelante dentro de un cilindro; reduciendo de esta forma, el volumen de la cámara (cilindro) donde se deposita el gas; este efecto, origina el incremento de presión hasta alcanzar la suficiente para la descarga, desplazando el fluido a través de la válvula de salida del cilindro.

El cilindro, está provisto de válvulas que operan automáticamente por diferenciales de presión, esta abre cuando el movimiento del pistón ha reducido la presión por debajo de la entrada del gas en la línea. La válvula de descarga, se cierra cuando la presión en el cilindro no excede la de salida, previniendo de esta manera el flujo de recirculación. Estos compresores son parte integral del proceso de fabricación química.

Los compresores reciprocantes tienen ventajas operativas que los han ubicado como los más conocidos en el campo de la Industria del crudo y del gas natural. Las ventajas de un compresor reciprocante son las siguientes:

- Capacidad de adaptación a requerimientos.

Se adaptan fácilmente a los requerimientos de Refinerías, plantas de proceso de gas natural y sistemas de recolección de gas en campo, en función de los

## CAPITULO I: MARCO TEORICO



volúmenes de gas disponibles pueden diseñarse con cilindros de diferente tamaño y de 1,2 ó 3 etapas. Son accionados por motor a gas o motor eléctrico acoplados directamente. También hay modelos integrales (un sólo cigüeñal mueve a motor y compresor. El diseño de cada etapa permite intercalar enfriadores cuyo valor es significativo.

- No son sensibles a los cambios de las características del gas.
- El flujo no es continuo como los centrífugos.
- Comprimen hidrógeno o butano a los mismos niveles de presión y volúmenes de gas independientemente de cual sea.

Esta característica es de importancia fundamental en los campos de petróleo, porque permite el uso aunque sufra alguna variación en su composición y permita reubicar físicamente el equipo de un lugar a otro según la producción de gas natural.

Si se compara con un centrífugo, el diseño y tamaño requerirá mayor número de impulsores para llegar a igual descarga que un reciprocante.

### 1.2. Compresores reciprocantes instalados en las plantas de procesos de Refinería.

Esquema que muestra los códigos con que se designan los compresores instalados en las plantas de proceso.

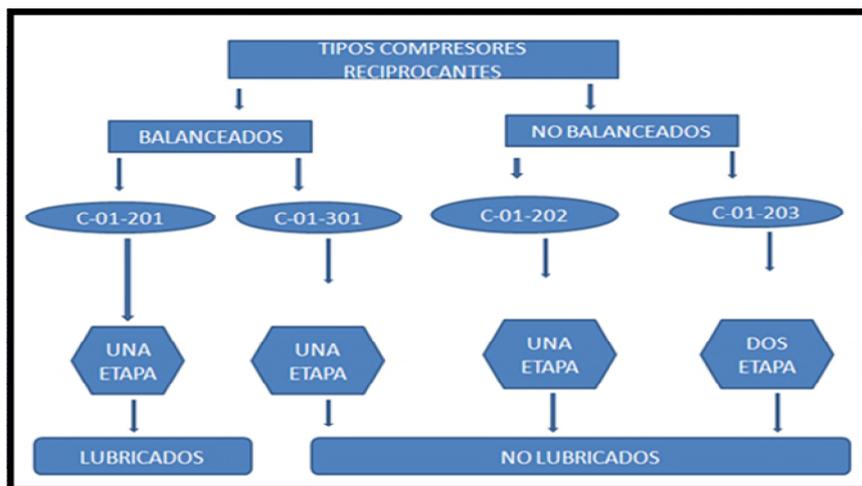


Fig.3

Esquema que muestra los códigos con que se designan los compresores instalados en las plantas de proceso.



1.2.1 Características generales de estas máquinas con breve explicación

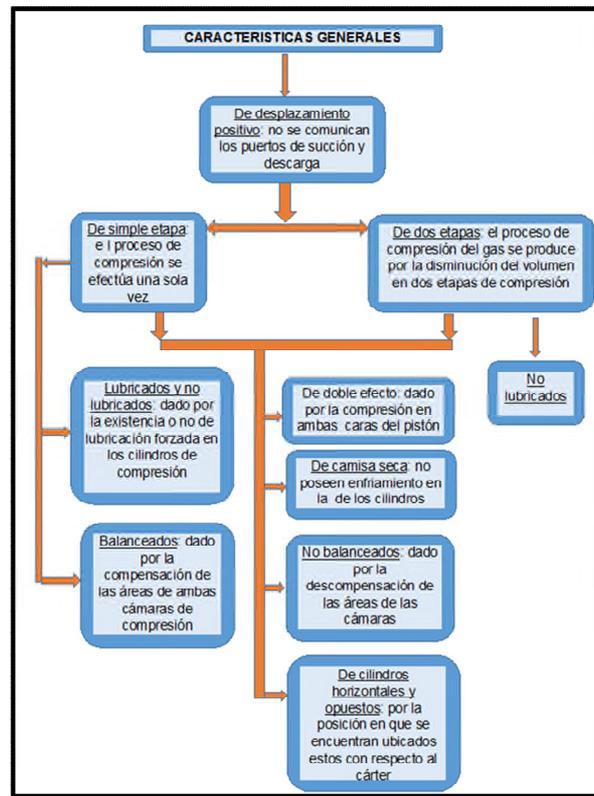


Fig. 4 Características generales de estas máquinas con breve explicación.



Fig. 5. Compresor de múltiples etapas.

C-01-203/A y /B. El exceso del gas hidrogenado proveniente de la reformación es comprimido por estos para aumentar la concentración del hidrogeno que se mezcla con la materia prima de la planta, la fracción 70-180°C, además de comprimir el hidrogeno fresco para los gasómetros de reserva.



Fig. 6 Compresor balanceado opuesto.

C-01-301/A y /B. Comprimen el hidrogeno que interviene en el proceso de Hidrofinación del Diésel.

-...0000



Fig. 7. Compresor de simple etapa.

C-01-202/A, C-01-202/B y C-01-202/C de La Planta de Reformación Catalítica (Sección 200) es imprescindible en la obtención de catalizado con un índice no inferior a 95 octano que se emplea como gasolina especial. Esta sección cuenta con dos bloques: bloque de hidrofinación, donde ocurre la refinación de la nafta como materia prima con hidrógeno y el bloque de reformación catalítica, donde se aumenta el octanaje de dicha fracción para obtener un reformado estable (Gasolina).

### 1.2.2. Compresor recíprocante 4GM16-56/15-30. Componentes fundamentales y sus características.

Se tomó en consideración estos compresores por la severidad a que se encuentran sometidos durante la explotación, debido al cambio del catalizador usado en los reactores que cambió el comportamiento en la composición del flujo del hidrogeno, al necesitar un inyector continuo de cloro para su explotación. Situación que produjo un incremento de rigor en el proceso de refinación con

## CAPITULO I: MARCO TEORICO



respecto al catalizador original de diseño Ruso, aumentando el desgaste de los elementos fundamentales en la máquina.

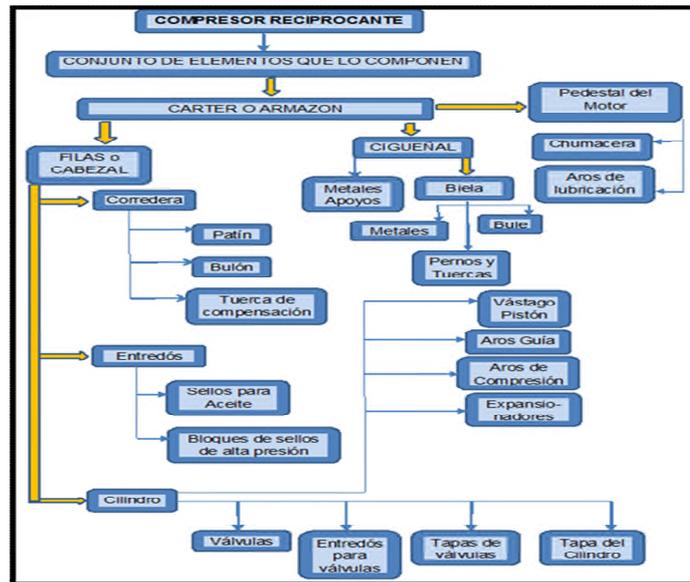
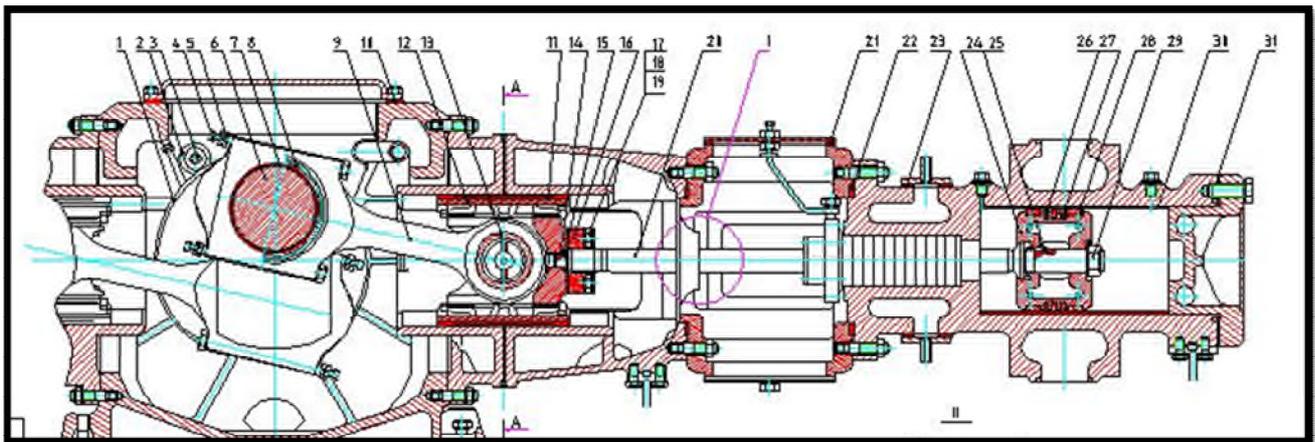


Fig.8 Esquema Conjunto de elementos que componen al compresor reciprocante



existente en las plantas de procesos de forma general.

Fig.9 Esquema. Típico del compresor Modelo 4FM16-56/15-30CM1T en explotación en la refinería

### Carter o Armazón.

Estos son construidos de hierro fundido (Fundición Gris con envejecimiento), constituyen el elemento principal de la estructura del compresor al que se acoplan el resto de las piezas que componen a dicha máquina (filas o cabezales). Esta estructura no sufre ningún tipo de avería.



Fig. 10 Carter o Armazón donde se alojan los metales de punto de apoyos, el cigüeñal y las bielas.

### Cilindros.

Los cilindros son fabricados de hierro fundido (Fundición Gris con envejecimiento), están diseñados para alojar todas las piezas que componen el sistema de compresión de las máquinas y soporta todas las cargas que se originan debido a las presiones y temperaturas que se producen por su trabajo. Estos sufren de un desgaste continuo por la fricción del sellaje, la falta de lubricación y la mezcla del flujo de gas que aloja.

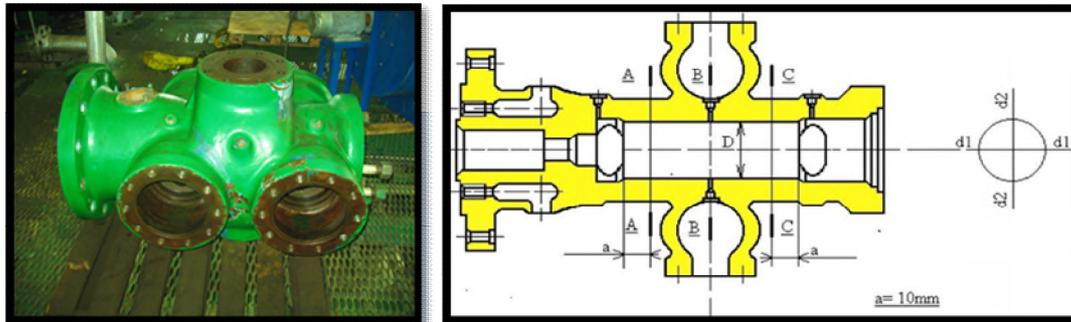


Fig.11 Cilindro del compresor, con esquema de referencia para mediciones pertinentes al realizar su valoración.



Tabla #1 Valores máximos admisibles para los cilindros de compresores fabricados en la URSS.

Diámetro del cilindro (mm)	Valores límites	
	Conicidad (mm)	Ovalidad(mm)
50-100	0,10-0,20	0,10-0,20
100-150	0,20-030	0,20-030
150-300	0,30-0,55	0,30-0,55
300-400	0,55-0,65	0,55-0,65
400-700	0,55-0,65	0,55-0,65
700-1000	0,80-0,90	0,80-0,90
1000-1200	0,90-1,00	0,90-1,00
1200-1500	1,00-1,10	1,00-1,10

En la tabla anterior se señalan los valores límites de ovalidad y conicidad para los diferentes diámetros de cilindros fabricados, el caso que se aborda este trabajo se resalta en naranja.

Marca de hierro fundido	Marca de hierro			Resistencia temporal a la tracción ( $\sigma_p$ )			
	Colados CTCЭB 4560-84			Mpa (Kgf/mm <sup>2</sup> ) no más.			
C430	31130			300(30)			
Marca C430	Espesor de las paredes de la camisa (mm)						
	4	8	15	30	50	820	150
Resistencia temporal a la tracción. Mpa no más de							
C430	-	330	300	260	220	195	180
Dureza en Hb no más de							
C430	-	270	260	250	197	187	163

Tabla #2 Resistencia a la tracción del Hierro fundido y después de un tratamiento térmico. Debe coincidir con la tabla indicada. Tabla #3 Propiedades Físicas del hierro fundido



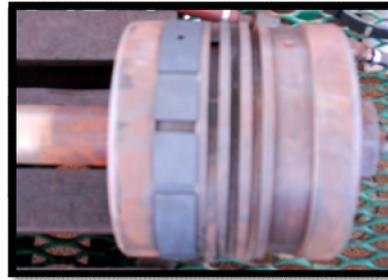
Material	Densidad	Contracción Lineal%	Módulo de elasticidad	Capacidad calorífica nominal a temperaturas de 20 -200°C	Coefficiente de expansión térmica lineal 20-200°C	Conductividad térmica a 20°C $\lambda$ Bt (m×K)
C430	$7.3 \times 10^3$	1.3	1200-1450	525	$10.5 \times 10^{-6}$	46

Tomado de la GOST. 1412-85C. 3 Páginas 3,4 y 5 Manual de especificaciones

En las tablas anteceden se dan a conocer las propiedades físicas y mecánicas a tener en cuenta para el encamisado del cilindro.

**Pistón.**

El pistón es una de las partes más simples, tiene como función la de trasladar la energía desde el cigüeñal hacia el gas que se encuentra en los cilindros. El pistón es flotante de fundición de III clase de precisión y sometidos a envejecimiento GOST. 1855-55. Este sufre desgaste al no hacer contacto directo con el cilindro.



a)

b)

**Fig.12: a) Pistón, b) Pistón ensamblado con el vastago.**

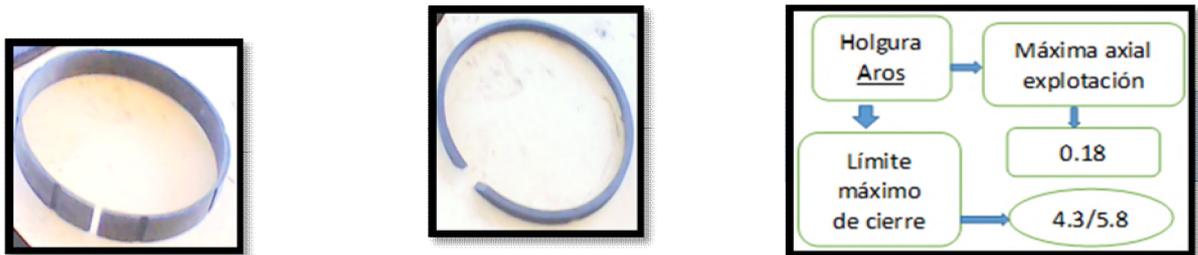


**Fig.13 Conjunto cilindro-pistón para realizar las mediciones y detectar el desgaste de los aros guías sin realizar un desarme mayor.**



**Aros de compresión y Guía.**

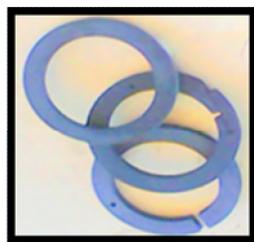
En los compresores recíprocos se emplean aros de compresión y aros guías sin lubricación de Plástico Fluorocarbónico (PTFE) 4-K20 TY GOST 05-1413-76 originalmente. Las tolerancias máximas admisibles de forma general durante su explotación.



a) b) c)  
**Fig.14 a) Aro Guía, b) Aro de Compresión, c) Dimensiones Límites en milímetros, del cierre de los aros comprobados en el interior del cilindro y el juego máximo en la ranura de alojamiento del pistón.**

**Empaquetaduras alta presión:**

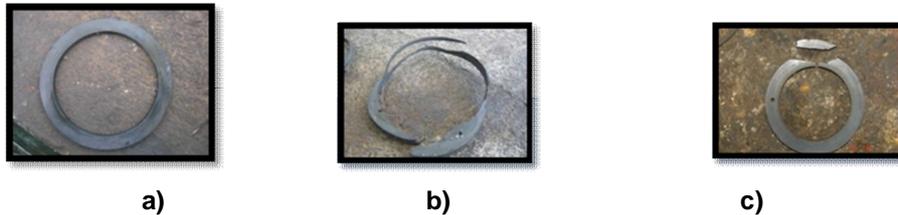
Los pistones de doble acción, que son impulsados por medio de una cruzeta al vástago del pistón, necesitan de un sellado en lado cigüeñal para evitar fugas de presión del gas hacia el espaciador. En las empaquetaduras se emplean los mismos materiales que en los aros del pistón. Se encuentran expuestas a las presiones de trabajo, la fricción y la no lubricación.



**Fig. 15 Empaques o Anillos contra presión.**



Ejemplos de deterioro durante su explotación a causa de la fricción y le desgaste producido por la severidad del proceso.



a) b) c)  
Fig.16 Elementos de sellos destruidos por el desgaste.

Según se puede observar en las imágenes anteriores.

a) **Anillo protector.** Su función es la de atenuar la fricción entre las caras del elemento de sello directamente contra la superficie de la cajuela del bloque.

b) **Anillo de corte radial.** Su función radica en disminuir la presión del gas en la cavidad de la cajuela del bloque, es el primer elemento que se afecta en el proceso de sellaje.

c) **Anillo de corte tangencial.** Su función consiste en producir un sellaje tangencial contra el vástago para reducir la fuga a la siguiente cajuela.



Fig.17 Muestra de semi-productos para la fabricación elementos de sellaje.

Tabla #4 Propiedades físicas y mecánicas de los materiales para la fabricación de aros y empaques de sellos del cilindro de compresión.

Marca del Material compuesto	Densidad, kg/m <sup>3</sup>	Limite de Resistencia, MPa. a la:		Dureza <i>Hardness</i> (Shore D)	Coeficiente lineal de dilatación térmica, a x 10 <sup>-5</sup> x c <sup>-1</sup>
		Tracción	Compresión		
F4K20	2120-2150	13,7-15,7	20,8-21,0	40-50	10-12
FLUVIS 20	1930	17,0	30,0		11...12*10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup>
ENFLON 138	2070	18,0	29,0*	62	6,0
BARS 501	2100-2170	23-24	29-31	45-55	6,5-7,0
BARS 502	2000-2150	24-26	31-33	50-60	6,0-6,5



Tabla #5 Intensidad del desgaste y propiedades de fricción.

Marca del Material compuesto	Intensidad Media de Desgaste *, мкм/ч			Jh мм/мм пути (Jh mm / mm de paso)	Coeficiente de Fricción, μ
	Primeras 100h.	Segundas 100h.	Después de 200h.		
F4K20	1,30	1,30	1,30	$30,0 \cdot 10^{-11}$	0,40 – 0,50
FLUVIS 20					0,17 – 0,25
ENFLON 138					0,09
BARS 501	0,19	0,17	0,18	$4,1 \cdot 10^{-11}$	0,24 – 0,30
BARS 502	0,16	0,12	0,14	$3,2 \cdot 10^{-11}$	0,25 – 0,31

El límite de resistencia a la compresión en (Mpa) específica deformación permanente.

Material de diseño utilizado originalmente.

Material utilizado después de la reactivación no resultado de calidad.

Material seleccionado posteriormente y que se usa en la actualidad.

Nueva oferta de material para la fabricación de elementos de sellaje

Estos materiales fueron seleccionados de:



Fig. 18. Vástago acoplado al pistón.

**Vástago.**

Vástagos contruidos de Ac38X2MFOA-III según la norma (GOST: 4543-71C.18) material original, son aceros aleados de alta calidad para tratamientos térmicos. Ellos transmiten el movimiento rectilíneo alternativo que reciben de las crucetas al pistón. Son una parte crítica de los compresores y deben ser diseñados para una máxima seguridad y larga vida, en función de la atmósfera donde van a trabajar, las cargas a las que están sometidos provocan desgaste y ralladuras que son muy frecuentes en ellos y se producen generalmente por la fricción de empaquetaduras. Por su longitud y exigencias no se ha logrado la fabricación de



estos en el país.



Fig.19. Bloque de sellos. Es el conjunto de cajuelas que protege y aloja a los elementos de sellos en la cavidad del cilindro.

### Cruceta.

La cruceta es un embolo rígido que transmite el empuje de la biela hacia el pistón, son construidos de acero forjado envejecido con zapatas de hierro fundido recubiertas con metal babbit. Se utiliza en compresores con pistones horizontales debido a que el peso provocaría un desgaste en la parte inferior de la camisa si se uniera directamente a la biela.



a)

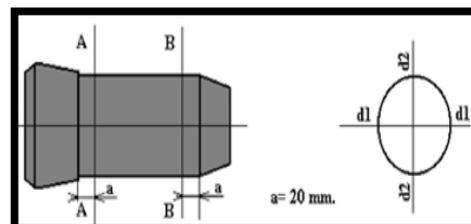


b)

Fig. 20 a) Patín o Cruceta, b) Patín o cruceta acoplado al vástago.

### Bulón.

Es una pieza construida de acero al carbono (Ac 40 según norma GOST. 1050-74). Material original. Con tratamiento térmico y rectificado que sirve de articulación y transfiere las cargas y el movimiento entre el patín y la biela.



## CAPITULO I: MARCO TEORICO



Fig. 21.a) Bulón.

b) Plano de referencia para mediciones

Tabla #6 Valores de rango máximo en dimensiones de los bulones según Manual de especificaciones del fabricante.

Geometría de la Pieza	Rango de dimensiones en (mm)			
	60-90	120-160	180-200	200-260
Ovalidad	0,06	0,08	0,10	0,15
Conicidad	0,06	0,08	0,10	0,15

Material original Ac 40 según norma GOST. 1050-74.

- Comprobar la magnitud del desgaste de los bulones de la cruceta y la calidad de la adherencia de los conos mandrinados de la cruceta.
- La magnitud del desgaste de los bulones en ovalidad y conicidad no debe superarlos valores señalados en la tabla: 6.

Las mediciones de la pieza se realizan en los planos de medición señalados durante la defectación y el control de calidad.



Fig. 22. Biela

### **Biela.**

Construida de acero forjado envejecido Ac 40 norma GOST. 1050-74. La biela esta sujeta al cigüeñal y a la cruceta, esta transmite las cargas y el movimiento alternativo desde el cigüeñal al pistón.

#### **En la biela se verifica:**

- Con métodos de control no destructivo, la existencia de grietas por fatigas en Biela, pernos de biela y sus tuercas.
- La deformación de las mismas.



Superficies de cierre del pie de biela y la cilindridad del ojo

Según se observa en la figura 22; es el elemento de enlace entre cigüeñal y el patín que transmite la energía mecánica para los pistones.

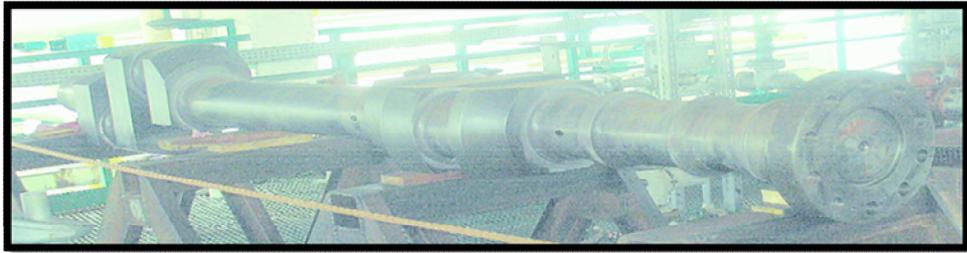
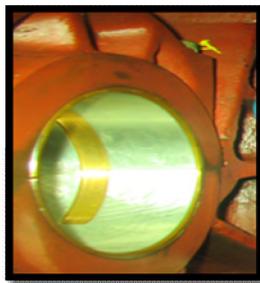


Fig. 23. Cigüeñal.

### Cigüeñal.

Construido de acero forjado envejecido Ac 40 norma GOST. 1050-74. Se encuentra instalado dentro del cárter o montura y es el elemento que transmite la potencia del motor hacia las bielas y sufren poco desgaste.



a)

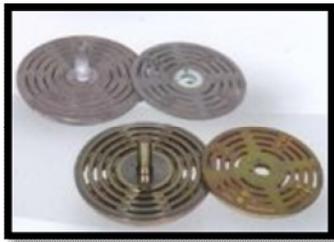


b)

Fig. 24. Cojinetes de contacto plano en sus alojamientos situados en el cárter.

### Cojinetes.

Los compresores utilizan cojinetes hidrodinámicos, el aceite entra al cojinete a través de los agujeros de suministro, que van perforados estratégicamente en el cojinete, se suministran y distribuye formando una película de aceite en el contacto entre las partes móviles y estacionarias.



a)



b)

Fig.\_25. Válvula de disco concéntrico de descarga

### Válvulas.

Permiten la entrada y salida del gas al cilindro de compresión; los de doble acción, tienen válvulas de succión y descarga a ambos lados, estas pueden ser de discos concéntricos como se observa en la figura 25.

### 1.3. Mantenimiento compresores reciprocantes.

#### 1.3.1. Mantenimiento preventivo y la implementación del uso de las herramientas del mantenimiento predictivo en los compresores reciprocantes.

El mantenimiento de estos compresores se realiza basado en el mantenimiento preventivo planificado montado en un sistema automático de gestión donde se controla y archiva toda la información relacionada con la explotación; también se lleva a cabo la implementación del sistema de mantenimiento predictivo a través del seguimiento diario con los Instrumentos de diagnóstico que permiten ir acumulando las tendencias de los comportamientos del equipo para de esta forma detectar a tiempo cualquier posible falla o avería antes de que ocurra y de posponer la intervención planificada por mantener sus tendencias de forma estable y todo sus parámetros operacionales óptimos, incrementando la vida útil de muchas de sus piezas que se sustituían en cada intervención planificada.

El alto costo que supone en muchos casos la pérdida de producción. Este importe es en muchas ocasiones muy superior al simple coste de reparación o reposición de los elementos dañados.

Porque la mayoría de las instalación no solo deben estar disponibles mucho tiempo, sino que además deben ser fiables. Eso supone que deben realizarse

## CAPITULO I: MARCO TEORICO



previsiones sobre la producción y que dichas previsiones se deben cumplir. Es el caso de las centrales eléctricas, de la industria del automóvil o de las refinerías, donde los compromisos de producción pueden hacer incurrir a la empresa en penalizaciones y sobrecostos realmente inasumibles.

Porque la seguridad, y las interrelaciones con el medio ambiente son aspectos que han tomado una extraordinaria importancia en la gestión industrial. Es necesario gestionar estos aspectos para incluirlos en las formas de trabajo de los departamentos de mantenimiento.

En las plantas de procesos los compresores recíprocos instalados constan de un sistema de control automático para la explotación segura dando la posibilidad de hacer los análisis en las tendencias de estos equipos donde se controlan los siguientes parámetros operacionales Fig.26 Computadora de control de parámetros operacionales en el campo donde se muestra su quema general.



Fig. 26 Computadora sistema control.

- Control de las presiones de trabajo en succión y descarga.
- Control de las temperaturas del gas de succión y descarga.
- Control de las temperaturas de los puntos de apoyo del cigüeñal.
- Control de la presión de aceite.
- Control del flujo de las fugas de gases en el colector de los bloques. .
- Control de las horas de explotación.
- Control de las señalizaciones, alarmas y bloqueos.
- Sensores de fugas de gases.



**1.3.2. Actividades del ciclo de mantenimiento planificado.**

El ciclo de mantenimiento se divide en cuatro tipos de actividades según (Manual de explotación) establecidas por el fabricante:

- Revisión Técnica según RRF-DT-IT-14-24-01. Revisión técnica de compresores de émbolo.
- Reparación pequeña según RRF-DT-IT-14-24-02. Reparación pequeña de compresores de émbolo.
- Reparación media según RRF-DT-IT-14-24-03. Reparación mediana de compresores de émbolo.
- Reparación general según RRF-DT-IT-14-24-04. Reparación capital de compresores de émbolo.

**Tabla #7. Representación del ciclo de mantenimiento del compresor modelo 4ГM16-56/15-30CM1T.**

Código del Equipo	Modelo	Ciclos de Mantenimiento	Frecuencia(Horas)			
			RT	P	M	C
C-01-202	4GM16-56/15-30 CMIT	RT <sub>1</sub> -RT <sub>2</sub> -P <sub>1</sub> -RT <sub>3</sub> -RT <sub>4</sub> -P <sub>2</sub> -RT <sub>5</sub> -RT <sub>6</sub> -RT <sub>7</sub> -P <sub>3</sub> -RT <sub>8</sub> -RT <sub>9</sub> -P <sub>4</sub> -RT <sub>10</sub> -RT <sub>11</sub> -M <sub>1</sub> -RT <sub>12</sub> -RT <sub>13</sub> -RT <sub>14</sub> -P <sub>5</sub> -RT <sub>15</sub> -RT <sub>16</sub> -P <sub>6</sub> -RT <sub>17</sub> -RT <sub>18</sub> -C <sub>1</sub>	900	2700	8100	24300

En la tabla se describe el ciclo de mantenimiento sugerido por el fabricante donde:

RT- Revisiones técnicas con una frecuencia cada 900 h y el ciclo total consta de 18 revisiones técnicas.

P-Reparación pequeña. Cada 2700 h y el ciclo total consta de 6 reparaciones pequeñas.

M-Reparación mediana. Cada 8100 h y el ciclo total consta de 2 reparaciones medianas.

C- Reparación capital. Cada 24300 h y el ciclo total consta de 1 reparación capital.

En cada una de estas cuatro normas, se establecen los pasos o requisitos que

## CAPITULO I: MARCO TEORICO



deben ser cumplidos o revisados en cada una de las etapas según el propio fabricante para la ejecución de los mantenimientos, de los cuales por su importancia y relación con los objetivos de este trabajo se resumen y analizan los siguientes:

### ACTIVIDADES A REALIZAR:

1. Verificar el batimiento en los planos vertical y horizontal de los vástagos de cilindros colocados en posición horizontal.
2. Se debe verificar con métodos de control no destructivo, la existencia de grietas por fatigas en:
  - Bielas, pernos de bielas y sus tuercas.
  - Cuerpos, bulón y zapata del patín.
  - Los elementos de la unión del vástago con la cruceta, vástagos, tuercas y su unión con el pistón.
  - Pistones.
  - Los cilindros de acero con presión menor de 20 Mpa no menos de una vez cada tres años.
  - Revisar o comprobar el estado de los espejos de los cilindros
  - Inspeccionar todos los pistones comprobando:
    - Holgura entre el espejo del cilindro y el pistón.
    - Estado de la superficie del pistón.
    - Comprobar el estado de los aros guías del pistón. Se permite un desgaste de un 25 a un 30% del espesor nominal radial.
    - Comprobar el desgaste de los canales de los anillos del pistón (Aros). Si se corrige defectos en los canales de los aros del pistón se permite el aumento en el ancho de la ranura hasta en 1 mm
3. Revisar el estado de los aros del pistón. Sustituirlos sí:
  - Existiera fractura o ralladura.
  - Si el desgaste del aro supera el 30% de su espesor nominal.
4. Comprobar el estado de los sellos, se sustituyen las piezas sí:
  - El desgaste de las piezas de los elementos de sellado supera el 30% del espesor nominal radial del elemento.

## CAPITULO I: MARCO TEORICO



- Si existe fractura de alguna pieza del sello.
  - La magnitud de la deformación residual del muelle supera el 10% de su longitud nominal.
5. Hermeticidad de los elementos de sellaje. La magnitud del escape a través de los elementos de sellaje no debe ser mayor de (2.52 m<sup>3</sup>/h).
  6. La deformación del cárter durante el apriete de los pernos no debe superar 0.05 mm por metro de longitud del cárter.
  7. Abrir la cabeza de la biela e inspeccionar las tejas, los pernos de bielas y sus tuercas. Revisar los muñones de la biela del cigüeñal. Medir las holguras radiales y axiales en los rodamientos de biela.
  8. Observar la superficie de la biela y la cabeza. No se permite ningún tipo de grieta.
  9. Comprobar el estado y el desgaste de todos los cilindros.
    - La magnitud del desgaste de la superficie de trabajo de los cilindros se determina midiendo con un micrómetro interior en el espejo del mismo, en el plano vertical y horizontal en tres secciones transversales (En el medio de los dos extremos).
    - La diferencia de medida realizada en las distintas secciones determinara la deformación barril, y la diferencia en las medidas de los diámetros en los planos horizontales y verticales dará la ovalidad.
    - Si la magnitud del desgaste de la superficie de trabajo excede los límites permisibles hay que cambiar las camisas. Se permite la reparación aumentando el diámetro interior del espejo de la camisa mediante una rectificación y cambio de pistón en una magnitud no superior al 2% del diámetro nominal. En este caso, la disminución del espesor de la camisa no debe exceder el 20% del espesor nominal. El aumento de la carga del pistón sobre el vástago no debe superar el 10% de la carga inicial. La carga en toda la línea después de rectificado de la camisa debe estar dentro de los límites de carga nominal básica.
    - Al realizar el cambio de la camisa de los cilindros se hace la verificación de agrietamiento en los lugares de concentraciones de tensiones que se encuentran en la parte interior del fresado del cilindro.

## CAPITULO I: MARCO TEORICO



12. Comprobar la magnitud del desgaste de los bulones de la cruceta y la calidad de la adherencia de los conos a los fresados de la cruceta. La magnitud del desgaste de los bulones (Ovalidad y Conicidad), se realiza por mediciones de su diámetro en distintos planos. La magnitud de la ovalidad y conicidad no debe superar la magnitud específica. La calidad de la adherencia de los conos de los pasadores de la cruceta a sus respectivos fresado en la cruceta se comprueba con pintura. La marca de la pintura no debe ser no menor del 60% de toda la superficie.

### **1.3.3. Herramientas de diagnósticos y métodos de ensayos no destructivos con que se debe efectuar el control de la calidad de la ejecución de los trabajos de Mantenimiento**

El mantenimiento predictivo es una técnica con la cual se pronostica el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle.

La realidad industrial, matizada por la enorme necesidad de explotar eficaz y eficientemente la maquinaria instalada y elevar a niveles superiores la actividad del mantenimiento.

#### **Herramientas de Diagnósticos:**

- Analizadores de vibraciones.
- Cámaras termo gráficas.
- Pirómetros Digitales.
- Flujómetros.
- Veris copio.

#### **Métodos de Ensayos no Destructivos**

- Líquidos penetrantes.
- De partículas Magnéticas.
- Ultra sonidos.



**1.4 Análisis del comportamiento de la aplicación de los mantenimientos y reparaciones del compresor 4GM16-56/15-30 en un periodo de explotación de cinco años.**

Después de efectuadas un total de 60 reparaciones en un periodo de 5 años, las estadísticas que se tienen muestran el siguiente comportamiento medio para el conjunto de los elementos principales que conforman cada compresor.

**Tabla #8. Resultados del comportamiento medio de la defectación de piezas en las reparaciones efectuadas por cada compresor.**

Tipo de Pieza	Total piezas verificadas	Estado			
		Bueno	Recuperables.	Desecorable	A fabricar %
Aros compresión	720		40	680	94
Aros guías	480		80	400	83
Anillo corte tangencial	2400		200	2200	91.6
Anillo corte radial	2400		200	2200	91.6
Anillo protector	2400		300	2100	87.5
Anillo colector	240		160	80	33
Anillo colector de aceite	240		160	80	33
Anillo colector de apoyo	240		160	80	33
Anillo deflector	240		160	80	33
Bulón	240	150	55	80	33
Buje de biela	240	175	48	35	14.6
Vástagos	240	150	60	42	17.5
Cilindros	240	200	40	30	12.5
Válvulas	960	550	380	30	3.1
Pistón	240	238	2		

La tabla anterior muestra la cantidad de piezas consumidas en el periodo analizado con un tiempo entre intervenciones de 720 horas muy por debajo del tiempo que se tuvo en cuenta para la elaborar el ciclo de mantenimiento. (tabla #7)

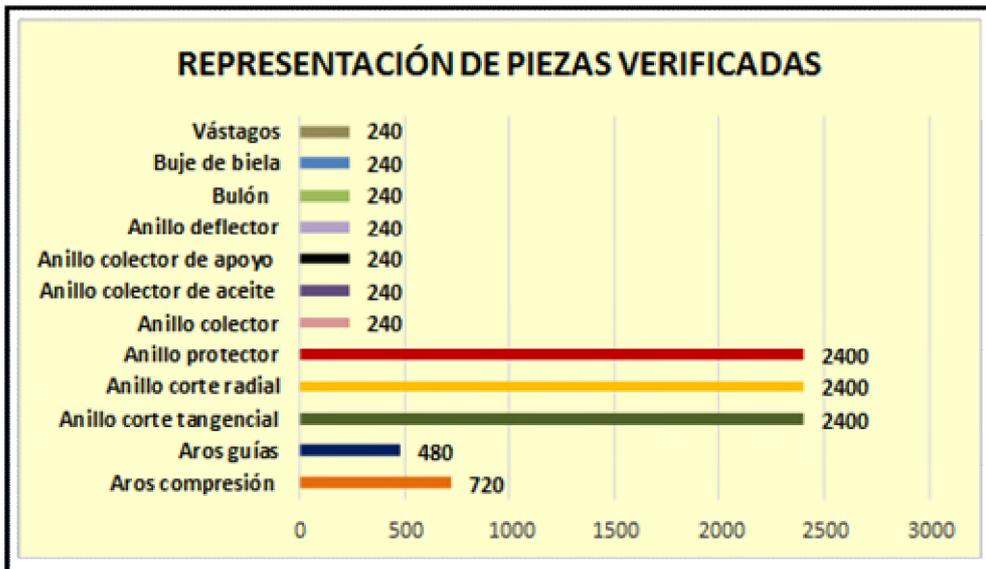


Gráfico No. 1.1 analisis de resultado de piezas muestriadas

Según se observa en el Gráfico (1.1) se verificaron 12 piezas donde las más representativas son el anillo protector, el anillo de corte radial y el anillo de corte tangencial. Le sigue por orden los aros de compresión y los aros guías

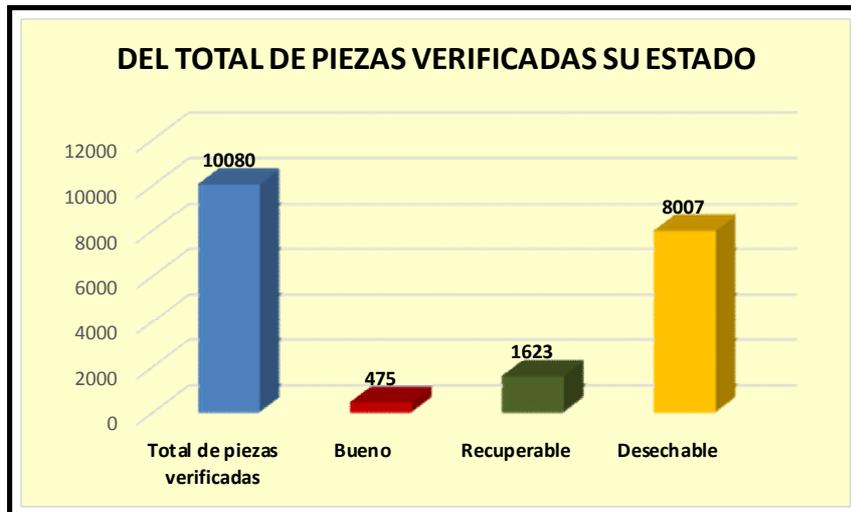


Gráfico No.1.2 Total de piezas verificadas.

Según muestra el Gráfico No.(1.2) del total de piezas verificadas la mayor cantidad esta representada como desechable.

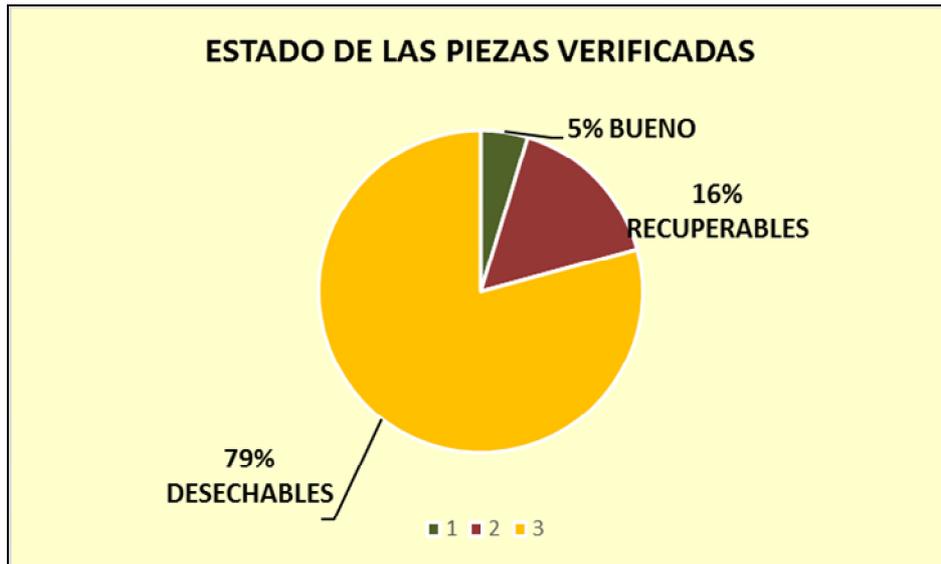


Gráfico No.1.3 Por ciento revelado representativo para cada estado.

En el Gráfico No. (1.3). Que se muestra anteriormente determina que del total de piezas verificadas el 79% es desechable siendo las de mayor incidencia, el 16% recuperable y solo el 5% es bueno

Después de hacer un análisis de la tabla anterior se concluye que: de un total de 10080 piezas analizadas, el 79% es desechable constituido por 8007 piezas solo son recuperables 1623 que representa el 16% y resultando buenas 475 para un 5%.

### 1.5 Selección de las piezas a recuperar o fabricar. Criterios de selección

Después de tenidos en cuenta todos estos criterios se decide seleccionar como parte del grupo de piezas que deben conformar el grupo de piezas de repuesto las siguientes: De todas estas piezas las que poseen mayor demanda de fabricación son: aros compresión, anillo de corte tangencial, anillo de corte radial, anillo protector, aros guías, bulón, vástagos, buje de biela.

## CAPITULO I: MARCO TEORICO



Tabla #9 Grupo de piezas seleccionadas.

Tipo de Pieza	Cantidad por reparación
Aros compresión	12
Aros guías	8
Anillo corte tangencial	40
Anillo corte radial	40
Anillo protector	40
Anillo colector de aceite	4
Anillo colector de apoyo	4
Anillo deflector	4
Buje de biela	4
Bulón	4
Cilindro	4

### Conclusión del capítulo:

Del análisis realizado anteriormente se concluye que:

1. Se realizó un estudio y evaluación, con ayuda de un software mediante el cual se controlan todos los parámetros necesarios para el funcionamiento de los compresores recíprocos, destinados a impulsar el hidrógeno hacia las plantas de proceso, con lo que se determinan las diferentes piezas más críticas que afectan el funcionamiento adecuado de los mismos.
2. Nos confirma la necesidad fortalecer el proceso de fabricación y para ello proponemos establecer la elaboración de cartas tecnológicas para la fabricación.



### CAPITULO II: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA INTERFERENCIA.

#### 2.1 Introducción:

En el proceso de reparación tanto del cilindro como de la biela es necesario realizar el cálculo de la interferencia entre los conjuntos que conforman dichas piezas. Para ello es necesario dominar las definiciones que se manejan en los sistemas de Tolerancias dimensionales. Se realiza un análisis de los resultados estadísticos del comportamiento del consumo promedio de piezas durante un periodo de reparaciones que abarca cinco años.

#### 2.2 Definiciones fundamentales:

Dimensión: es la cifra que expresa el valor numérico de una longitud o de un ángulo.

Dimensión nominal: (dN para ejes, DN para agujeros). Es el valor teórico que tiene una dimensión, respecto al que se consideran las medidas límites.

Dimensión efectiva: (de para eje, De para agujeros): Es el valor real de una dimensión, determinada midiendo sobre la pieza ya construida.

Dimensiones límites: (máxima, dM para ejes, DM para agujeros / mínima, dm para ejes, Dm para agujeros): Son los valores extremos que puede tomar la dimensión efectiva.

Desviación o diferencia: es la diferencia entre una dimensión y la dimensión nominal.

Diferencia fundamental: es una cualquiera de las desviaciones límites (superior o inferior) elegida convenientemente para definir la posición de la zona de tolerancia en relación a la línea cero.

Línea de referencia o línea cero: es la línea recta que sirve de referencia para las desviaciones o diferencias y que corresponde a la dimensión nominal.

Tolerancia (t) para ejes, (T) para agujeros): Es la variación máxima que puede tener la medida de la pieza. Viene dada por la diferencia entre las medidas límites y coincide con la diferencia entre las desviaciones superior e inferior.

## Capítulo II: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA INTERFERENCIA



Zona de tolerancia: es la zona cuya amplitud es el valor de la tolerancia.

Tabla #10 Fórmulas para el cálculo de las tolerancias y las dimensiones máximas y mínimas

Para agujeros	Para ejes
$D_s = D_i + T$	$d_s = d_i + t$
$DM = D_m + T$	$dM = d_m + t$
$T = DM - D_m = D_s - D_i$	$t = dM - d_m = d_s - d_i$
$DM = DN + D_s$	$dM = dN + d_s$
$D_m = DN + D_i$	$d_m = dN + d_i$

Los términos de las formulas señaladas no definidos en la tabla anterior son:

Ds- Desviación diferencia superior del agujero. (mm)

Di- Desviación diferencia inferior del agujero. (mm)

ds - Desviación diferencia superior del eje. (mm)

di - Desviación diferencia inferior del eje. (mm)

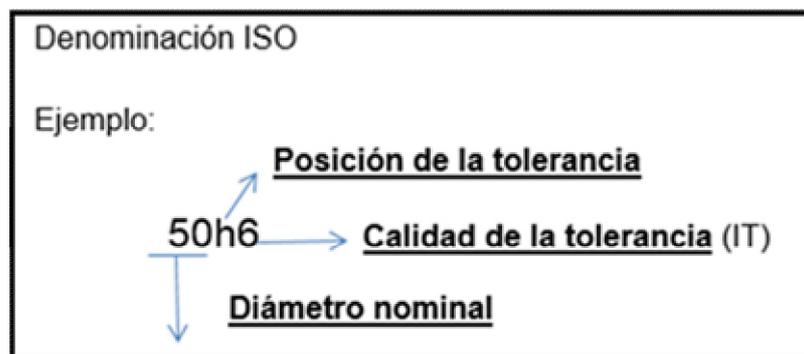


Fig. 27. Especificación de cada término para un ejemplo de dimensión señalada para el eje de igual forma se representa para el agujero solo que con la letra mayúscula

### 2.3 Definiciones para el caso de los aprietes según norma ISO.

Apriete (A): diferencia entre las medidas efectivas de eje y agujero, antes del

## Capítulo II: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA INTERFERENCIA



montaje, cuando ésta es positiva.

Dimensión real del eje > dimensión real del agujero

Ajuste con aprieto o ajuste fijo: la diferencia entre las medidas efectivas de eje y agujero resulta negativa

Apriete máximo (AM): valor de la diferencia entre la medida máxima del eje y la mínima del agujero.

Apriete mínimo (Am): valor de la diferencia entre la medida mínima del eje y la máxima del agujero

Tolerancia del apriete (TA): diferencia entre los aprietes máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje.

Tabla #11 Formulas para los el cálculo de los aprietes según norma ISO

Denominaciones	Formulas
Apriete	$A = de - De > 0$
Apriete máximo	$AM = dM - Dm$
Apriete mínimo	$Am = dm - DM$
Tolerancia de Apriete	$TA = AM - Am = T + t$

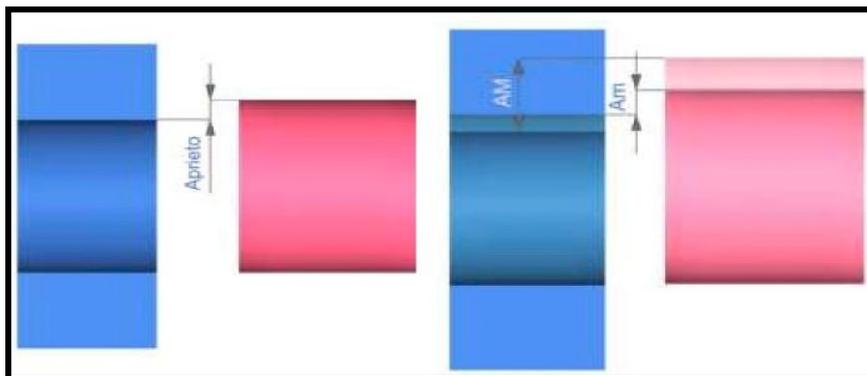


Fig. 28 Representa la condición del apriete entre dos cuerpos a ensamblar.



### 2.4 Calidad o índices de calidad.

Es denominada IT, al índice de calidades. Las tolerancias fundamentales del sistema están constituidas por 20 grados de tolerancia desde la IT 01, IT 0, IT 1 hasta la IT 18 donde cada grado representa la amplitud de la tolerancia desde la más fina hasta la más burda con valores numéricos calculados para cada grupo de diámetros siendo la IT 01 el grado de tolerancia de más precisión y a medida que aumenta el grado aumenta la magnitud de la tolerancia (según anexo no.2).

Observando el anexo no.2 se deduce que si una dimensión nominal aumenta, por consiguiente el grado de la tolerancia aumenta, es decir a medida que aumenta la dimensión disminuye la precisión.

### 2.5 Posiciones de las Tolerancias

Se han establecido 28 posiciones en el sistema de tolerancias ISO, en donde se utilizan las letras minúsculas para ejes (ver Figura 29) y las letras mayúsculas para los agujeros (ver Figura 30) para ubicar la posición de la tolerancia y así establecer los límites inferior y superior; para asignar dichas posiciones se debe tener en cuenta la aplicación para saber qué tipo de ajuste conlleva el sistema y de esta manera establecer las tolerancias dimensionales correctamente.

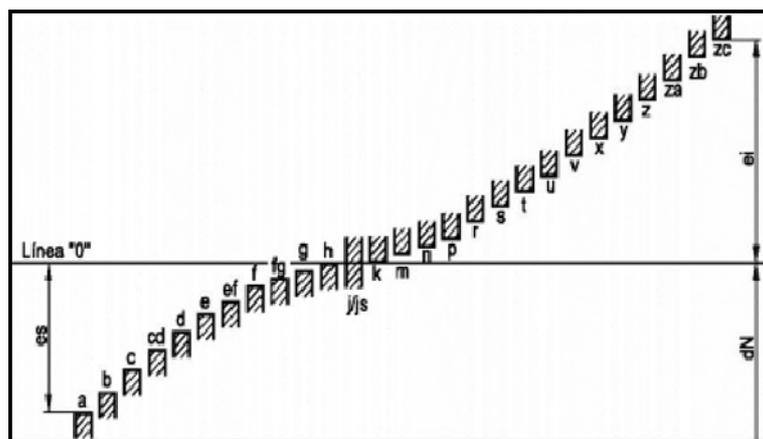


Fig. 29 Posiciones de las Tolerancias para Ejes

Las tolerancias situadas bajo la línea cero van de la letra a hasta la h, y por

## Capítulo II: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA INTERFERENCIA



encima de la línea cero  $k$  hasta la  $zc$ , sobre la línea cero se ubica la  $j$  y la  $js$ ; la zona de tolerancia va incrementando a medida que se aleja de la línea cero. Como son las posiciones de las tolerancias para ejes se asignan con letra minúscula (ver Figura 29). Para observar los valores de los rangos de tolerancias para cada letra y la calidad ver anexo no.3 hasta la 9 páginas de la 61 a la 66 del folleto Tolerancias, ajustes y Medición de longitudes y ángulos.

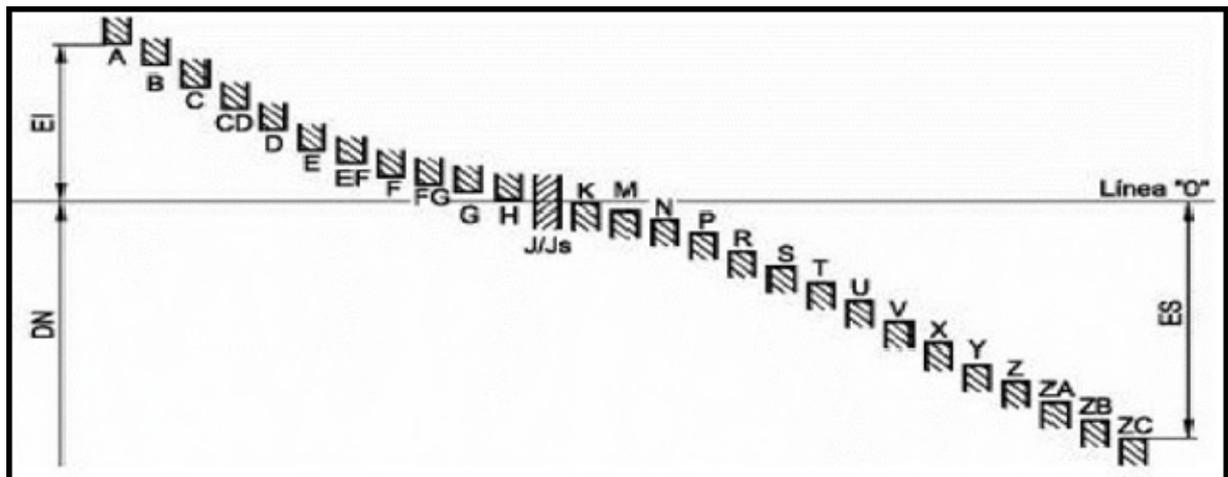


Fig. 30 Posiciones de las tolerancias para agujeros

Según se puede observar en la figura anterior las posiciones de las tolerancias para agujeros.

Las tolerancias situadas bajo la línea cero van de la letra K hasta la ZC, y por encima de la línea cero van de la letra A hasta la H, sobre la línea cero se ubica la J y la Js; la zona de tolerancia va incrementando a medida que se aleja de la línea cero. Como son las posiciones de las tolerancias para agujeros, se asignan con letra mayúscula (ver Figura 30). Ajuste: diferencia entre las medidas antes del montaje de dos piezas que han de acoplar. Puede ser:

- Ajuste móvil o con juego. Este ilustra el juego que existe entre el buje de biela y el bulón.
- Ajuste indeterminado.
- Ajuste fijo o con apriete. Este ilustra el ensamble entre cilindro y la camisa.

## Capítulo II: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA INTERFERENCIA



Juego (J): diferencia entre las medidas del agujero y del eje, antes del montaje, cuando esta es positiva dimensión real del eje < dimensión real del agujero.

Ajuste con juego o ajuste móvil: la diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje resulta positiva.

Juego máximo (JM): diferencia que resulta entre la medida máxima del agujero y la mínima del eje.

Juego mínimo (Jm): es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la máxima del eje.

**Tolerancia del juego (TJ)** Es la diferencia entre los juegos máximos y mínimos que coinciden con las sumas de las tolerancias del agujero y del eje.

Tabla #12 Fórmulas para cálculo de juegos y tolerancias.

Denominaciones	Formulas
Juego	$J = De - de$
Juego máximo	$JM = DM - dm$
Juego mínimo	$Jm = Dm - dM$
Tolerancia de Juego	$TJ = JM - jm = T + t$

Para tener una facilidad a la hora de seleccionar el tipo de ajuste para la aplicación, existen los ajustes preferentes los cuales se consignan en el anexo no.4, la cual describe el tipo de ajuste y con algunas aplicaciones y su respectiva calidad de tolerancia tanto para eje como para agujero, ya que la combinación de ajustes son demasiadas se establece estos contenidos en el anexo no.4 como los ajustes preferente.



					g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5		
					f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	
				e7	f7		h7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7
			d8	e8	f8		h8									
			d9	e9			h9									
			d10													
a11	b11	c11					h11									

						G6	H6	Js6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6	
					F7	G7	H7	Js7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	
				E8	F8		H8	Js8	K8	M8	N8	P8	R8			
			D9	E9	F9		H9									
			D10	E10			H10									
A11	B11	C11	D11				H11									

Fig. 31. Zonas de tolerancias de preferencias tanto para ejes como para agujeros

**Se recomienda según la norma ISO:**

Una vez considerados los factores anteriores, para determinar los juegos límites se tendrá en cuenta que:

- Se debe evitar todo exceso de precisión y toda precisión inútil.
- Por esta razón y para una mayor economía de la fabricación y del control se han seleccionado las zonas de tolerancia preferentes dentro de los sistemas ISO de eje y agujero únicos. Siempre que se pueda, se debe elegir una zona de tolerancia preferente.
- Se debe adoptar siempre que sea posible mayor tolerancia para el agujero que para el eje. En ocasiones, los elementos normalizados (por ejemplo rodamientos) tienen predeterminada su tolerancia, por lo que solamente se deberá determinar la del elemento que encaje con ellos (eje o agujero).
- Se deben elegir las tolerancias de forma que las calidades del eje y del agujero no varíen en más de dos índices.
- Se debe tener en cuenta la experiencia de ajustes análogos que resulten



satisfactorios.

- El sistema de agujero base se utiliza preferentemente ya es más fácil modificar las tolerancias de un eje que de un agujero.
- A veces resulta más ventajoso el eje único (cuando la pieza macho está normalizada, cuando la pieza macho es un árbol que tiene que ajustar con agujeros de diámetros diversos o cuando se utilizan ejes de acero estirado).
- Para un agujero de una calidad dada, se le asocia un eje de calidad inmediatamente inferior o igual en la escala (por ejemplo H7/n6, N7/h6, H7/h7, etc.). En estos tipos de ajuste pueden permutarse entre sí las letras que designan la posición sin que se vea alterado el tipo de ajuste. De esta forma, H7/n6 equivale a N7/h6, H6/g5 equivale a G5/h6, etc.
- Cuantos mayores sean los ajustes, se necesitarán más ayudas para montar y desmontar las piezas. De esta forma, las piezas con aprieto pueden montarse a mano, con mazos o martillos o con prensas. También puede ser necesario calentar una de las piezas, tallar un cono de entrada, etc.
- De la misma forma, el desmontaje puede hacerse a mano con algún tipo de ayuda. Se toma como referencia bibliografía presentada en el sitio:

### **2.6 Procedimiento para el cálculo de las tolerancias, e interferencias para el cilindro y la camisa y para el buje con la biela.**

Al elaborar una pieza, o cuyas medidas se han impuesto determinados límites, estará correcta si todas ellas se logran dentro de un determinado campo de tolerancia.

#### **2.6.1 Cálculo de las tolerancias, e interferencias.**

##### Determinación de las medidas límites del eje y el agujero.

1. Determinar la medida nominal (D), en mm. Esta determina la posición de una línea teórica llamada línea de cero (fig. 29 y 30).
2. Elegir por tabla la posición de la zona de tolerancia del agujero (fig. 31).
3. Elegir por tabla el índice de calidad. (Anexo no.2).



4. Elegir por tabla desviaciones correspondientes a la zona de tolerancia escogida en el punto.
5. Calcular tolerancia en el agujero.
6. Elegir desviaciones en el agujero.
7. Utilizar fórmula del AM y Am y despejar tolerancia del eje.
8. Seleccionar posición del eje según tolerancia y seleccionar desviaciones
9. La elección del ajuste. Donde se debe tener en cuenta lo siguiente:
  - a) El estado de la superficie.
  - b) Naturaleza del material del que están construidas.
  - c) Naturaleza, la intensidad, dirección, sentido, variación y prioridad de los esfuerzos.
  - d) Velocidad de funcionamiento.
  - e) Temperatura de trabajo.
  - f) Desgaste.
  - g) La geometría del conjunto.
10. Construir esquema acorde con los resultados obtenidos, representando desviaciones, tolerancias, y juegos o aprietes.

### 2.6.2 Selección de las fórmulas para el cálculo del ajuste por interferencia o apriete.

Agujero.

$$T = DM - Dm \quad (2.1)$$

$$DM = Dm + T \quad (2.2)$$

$$Dm = DN + Di \quad (2.3)$$

Eje.

$$t = dM - dm \quad (2.4)$$



$$dM = dN + ds \quad (2.5)$$

$$dm = dN + di \quad (2.5)$$

### Apriete

$$Am = dm - DM \quad (2.6)$$

$$AM = dM - Dm \quad (2.7)$$

$$TA = AM - Am \quad (2.8)$$

### **2.6.3. Calculo el ajuste del acoplamiento prensado camisa-cilindro**

Se necesita encamisar el cilindro para ello se sugiere por el fabricante un apriete de 0.02 a 0.05mm entre ambos cuerpos. El material del cilindro y la camisa es CL-30 Fundición Gris el  $\varnothing$  nominal 355mm Se selecciona la posición de la tolerancia en H7 según se sugiere por tabla partiendo de la condición de agujero único ya que para lograr la exigencia establecida es necesario preparar el agujero y partiendo de la medida obtenida se establece la tolerancia necesaria para lograr la interferencia recomendada por el fabricante.

Calculo de las tolerancias y los apriete partiendo de las recomendaciones según de la norma ISO y posiciones de la tolerancia sugerida en la figura 31.

Agujero. (Escalón interior del cilindro) se toma DN=355 para H7

$$T = D_s - D_i$$

$$T = 0.057 - 0.00$$

$$T = 0.057 \text{mm}$$

$$DM = Dm + T$$

$$DM = 355.00 + 0.057$$

$$DM = 355.057 \text{mm}$$

## Capitulo II: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA INTERFERENCIA



$$Dm = DN + Di$$

$$Dm=355+0.00$$

$$Dm=355.00\text{mm}$$

Calculo para el eje (camisa) se toma la combinación sugerida dN=355 p6

$$dM = dN + ds$$

$$dM=355+0.098$$

$$dM=355.098\text{ mm}$$

$$dm = dN + di$$

$$dm=355+0.062$$

$$dm=355.062\text{ mm}$$

$$t = dM - dm$$

$$t=355.098-355.062$$

$$t=0.036\text{ mm}$$

$$AM = dM - Dm$$

$$AM=355.098-355.00$$

$$AM=0.098\text{ mm}$$

$$Am=dm-DM$$

$$Am=355.062-355.057$$

$$Am=0.050\text{ mm}$$

$$TA = AM - Am$$

$$TA=0.098-0.050$$

$$TA=0.048\text{ mm}$$



### 2.6.4. Calculo el ajuste del acoplamiento entre biela –bulón biela.

Se necesita sustituir buje de biela para ello se sugiere por el fabricante un apriete de mm entre ambos cuerpos. El material del buje  $\text{BpO5L}5\text{C5}$  bronce al estaño y la biela es de acero 40X  $\varnothing$  nominal 140mm Se selecciona la posición de la tolerancia en H7 según se sugiere por tabla partiendo de la condición de agujero único ya que para lograr la exigencia establecida es necesario comprobar el agujero y partiendo de la medida obtenida se establece la tolerancia necesaria para lograr la interferencia recomendada por el fabricante.

Buje  $\varnothing 140 \text{ r6 } (+0.027^{+0.057})$

Calculo de las tolerancias y los apriete partiendo de las posiciones de la tolerancia sugerida en la figura: Agujero (Alojamiento del buje en la Biela) DN 140mm se selecciona siguiendo las recomendaciones según norma ISO la posición de la tolerancia en H7 por la tabla 11 de la página 68 del folleto Tolerancias, ajustes y Medición de longitudes y ángulos. Se tiene que las desviaciones máximas ( $D_s$ ) 0.040mm y mininas ( $D_i$ ) 0.00mm

$$T = D_s - D_i$$

$$T = 0.040 - 0.00$$

$$T = 0.040 \text{ mm}$$

$$DM = D_m + T$$

$$DM = 140.00 + 0.040$$

$$DM = 140.040 \text{ mm}$$

$$D_m = DN + D_i$$

$$D_m = 140 + 0.00$$

$$D_m = 140.00 \text{ mm}$$

Calculo para el eje (Buje)

## Capitulo II: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA INTERFERENCIA



Se toma la combinación sugerida  $dN=140$  se selecciona siguiendo las recomendaciones según norma ISO la posición de la tolerancia en  $r6$  y por la tabla 5 página 62 del folleto (Tolerancias, ajustes y medición de longitudes y ángulos). Se tiene que las desviaciones máximas ( $ds$ )  $0.090$  mm y mínimas ( $di$ )  $0.065$  mm.

$$dM = dN + ds$$

$$dM = 140 + 0.090$$

$$dM = 140.090 \text{ mm}$$

$$dm = dN + di$$

$$dm = 140 + 0.065$$

$$dm = 140.065 \text{ mm}$$

$$t = dM - dm$$

$$t = 140.090 - 140.065$$

$$t = 0.025 \text{ mm}$$

$$AM = dM - DN$$

$$AM = 140.090 - 140.00$$

$$AM = 0.090 \text{ mm}$$

$$Am = dm - DN$$

$$Am = 140.065 - 140.040$$

$$Am = 0.025 \text{ mm}$$

$$TA = AM - Am$$

$$TA = 0.090 - 0.025$$

$$TA = 0.065 \text{ mm}$$

## Capítulo II: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA INTERFERENCIA



Primer caso: Considerando la tolerancia calculada anteriormente para el **cilindro y la camisa** que corresponden al agujero único en el alojamiento del cilindro, esta será de 0.057mm quedando en el  $\text{Ø } 355\text{H7}_{0.00}^{+0.057}\text{mm}$ .

Considerando como eje la camisa; la tolerancia de esta es de 0.036mm quedando en el  $\text{Ø } 355\text{p6}_{+0.062}^{+0.098}\text{ mm}$ .

Logrando un apriete entre ambos cuerpos de 0.048 a 0.098mm con una tolerancia de apriete de 0.048 mm.

Segundo caso: Considerando la tolerancia calculada anteriormente para el **buje y la biela** que corresponden al agujero único en el alojamiento del ojo de la biela es de 0.040mm quedando en el  $\text{Ø } 140\text{H7}_{0.00}^{+0.040}\text{ mm}$ .

Considerando como eje el buje a acoplar con la biela la tolerancia de esta es de 0.025 mm quedando en el  $\text{Ø } 140\text{r6}_{+0.065}^{+0.090}\text{ mm}$

Logrando un apriete entre ambos cuerpos de 0.025 a 0.090mm con una tolerancia de apriete de 0.065 mm.



### Capitulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. INTRODUCCION

En este capítulo se desarrolla el procedimiento de cada una de las secuencias tecnológicas de fabricación o recuperación según corresponde para cada pieza. Así como el cálculo necesario para las elaboraciones que se realizarán en cada máquina. Con el objetivo de fabricar correctamente cada pieza y estimar los tiempos de elaboración a la hora de planificar la orden de trabajo para la ejecución en el Taller. De este modo poder apreciar y comparar el estimado con el real ejecutado y poder optimizar los tiempos de ejecución y con ello los costos en la fabricación garantizando, calidades y exigencias requeridas por la norma GOST y establecer la opción más viable para garantizar los suministros de piezas que tanto requiere el mantenimiento de estas máquinas sin descuidar la seguridad medio ambiental y de protección e higiene del trabajo. Estos compresores requieren especial atención para evitar que se produzcan fugas hacia el medio ambiente debido a las presiones de trabajo por ser el hidrógeno extremadamente inflamable en presencia de aire. Para ello constan de un sistema de control y monitoreo continuo que permita analizar las tendencias de cada uno de los parámetros operacionales para el control durante su explotación y hacer una valoración del estado técnico del compresor.

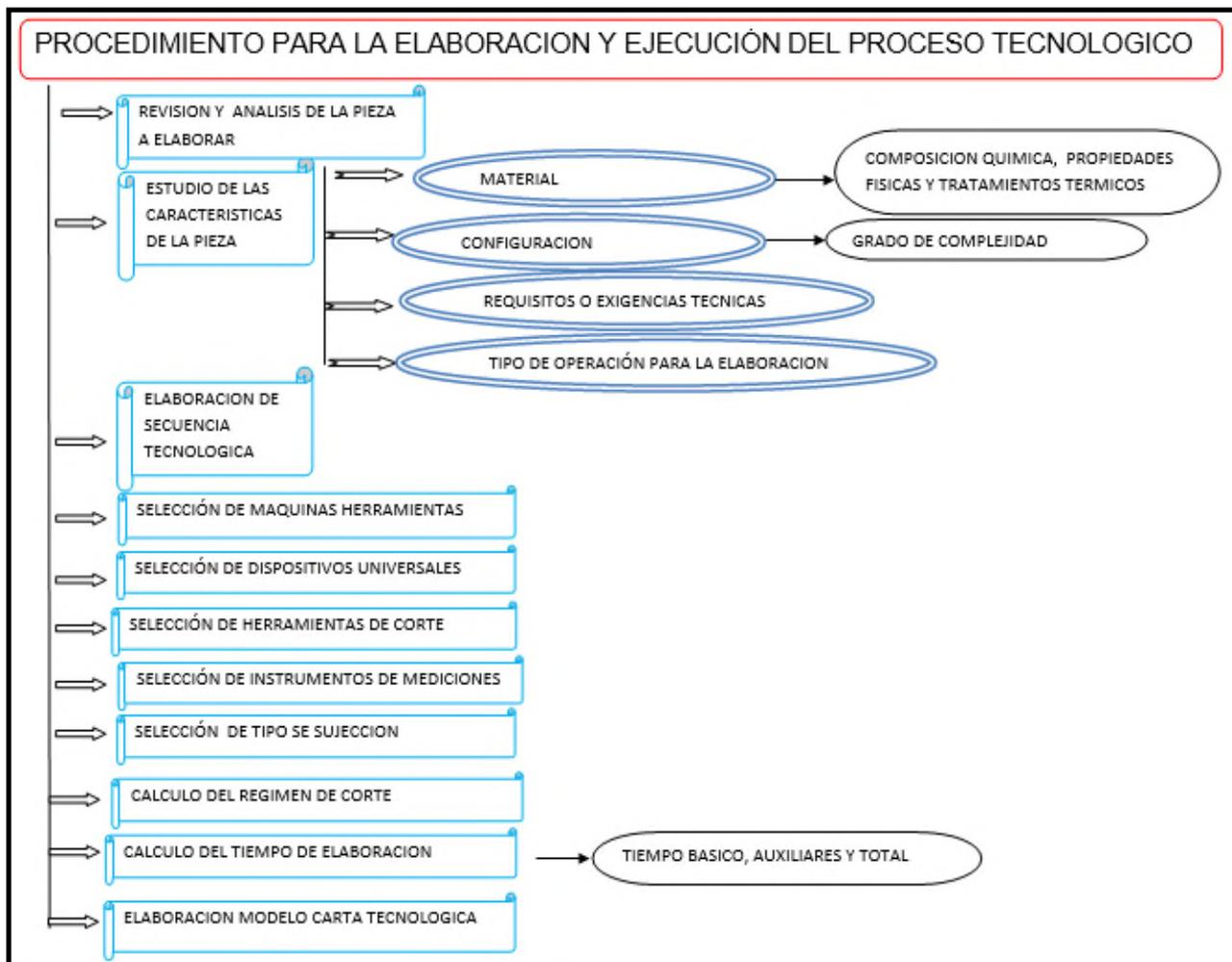


Fig. 32 Esquema del procedimiento para la elaboración y ejecución del proceso tecnológico.

### 3.2. Propuesta de procedimiento para la fabricación y o recuperación de las partes o piezas de los compresores modelos 4FM16-56/15-30CM1T.

Pasos y descripción del procedimiento para la elaboración y ejecución del proceso tecnológico.

1. Revisión y análisis de la pieza a elaborar. Se revisan los planos y documentos para corregir cualquier incongruencia si existen los planos se revisan de lo contrario se elabora teniendo en cuenta los ajustes y tolerancias, etc.
2. Estudio de las características de la pieza. Investigar acerca de las propiedades Físicas, Mecánicas y Químicas del material en cuestión,

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



- donde y como trabaja la pieza, esfuerzo y tensiones a las que está sometida.
3. Elección del método de ejecución (fabricación o recuperación).
  4. Selección del proceso de elaboración (maquinado, soldadura, conformado, fundición etc.)
  5. Selección de máquinas herramientas. Elegir las maquinas necesarias para ejecutar según la operación trabajo.
  6. Calculo del régimen del proceso. Se realiza con el fin de sugerir los regímenes a acordes con el tipo de elaboración del material que se va a ejecutar.
  7. Calculo del tiempo de elaboración. Se realiza atreves de fórmulas donde se obtiene los tiempos básicos por operaciones así como los tiempos auxiliares por tablas de normación toma en cuenta para posteriormente hacer los análisis de los costos de ejecución de cada pieza y el tiempo empleado en cada una.
  8. Selección de herramientas de corte. De acuerdo al tipo de operación que se desee ejecutar se seleccionara la Herramienta de corte de acuerdo a las características del material a elaborar a través de Catálogos.
  9. Selección de tipo se sujeción. Acorde con el trabajo en la maquina donde se ejecutara el trabajo: Bridas, Pernos, Bloques Escalonados, Puntos Giratorios, etc.
  10. Selección de dispositivos universales. De acuerdo al tipo de operaciones que se necesite ejecutar se determinan los dispositivos a emplear como pueden ser: Lunetas Fijas o Móviles, Cabezal Divisor, Prismas etc.
  11. Selección de instrumentos de mediciones y método de control. Para ejecutar el control de la elaboración correcta de la pieza y de sus exigencias.
  12. Elaboración de secuencia tecnológica. Se describen todos los detalles constructivos y como se elaboraran.
  13. Elaboración modelo carta tecnológica.
  14. Medidas de protección e higiene del trabajo (PHT).



### 3.3. Desarrollo de la selección del método y el tipo de proceso de fabricación para cada una de las piezas.

La selección del método para la fabricación de la pieza se determina por:

- la característica tecnológica del material de la pieza, es decir, por sus propiedades de fundición, por la capacidad de pasar deformaciones plásticas durante el tratamiento por presión o por los cambios estructurales del material de la pieza, que aparecen como resultado de la aplicación de uno u otro método de fabricación la misma.
- Por las formas y dimensiones constructivas de la pieza, es decir, el tipo de material, la complejidad de su funcionamiento, las posibilidades reales de ejecución, las magnitudes del desgaste en cada pieza.
- Por la exactitud requerida para la fabricación de la pieza, por el acabado.

La tecnología de construcción de maquinaria se ha adoptado entender la disciplina científica que estudia fundamentalmente los procesos del maquinado de piezas con o sin arranque de viruta y el montaje, que simultáneamente, trata los problemas de elección de las piezas brutas y los métodos de fabricación.

El proceso tecnológico de maquinado de piezas debe diseñarse y ejecutarse de tal manera, que, aplicando los procedimientos más racionales y económicos de maquinado, se cumplan las exigencias impuestas a las piezas (precisión de maquinado y rugosidad de las superficies, disposición recíproca de los ejes y superficies, forma correcta, etc.), lo que garantizara el funcionamiento correcto de la máquina ensamblada (M.E Egórov 1969).

Los diferentes métodos utilizados para la elaboración de piezas son:

1. Fabricación de piezas brutas por fundición de metales y maquinado de metales a presión.
2. El maquinado de piezas brutas para elementos de máquinas con o sin arranque de virutas.
3. Recuperación de piezas para elementos de máquinas con o sin arranque de virutas.

Los métodos señalados se complementan con tratamientos como son:

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



1. Tratamiento quimicomecánico.
2. Tratamiento electroquímico.
3. Tratamiento térmico.
4. Tratamiento termoquímico.
5. Envejecimiento de piezas en bruto.
6. Maquinado por chisporroteo eléctrico.
7. Procedimiento mecánico anódico.
8. Método por ultrasonido.
9. Recubrimiento de las superficies de las piezas con metales y aleaciones.
10. La soldadura directa de los metales.

Factores fundamentales que influyen en el carácter del proceso tecnológico de maquinado con y sin arranque de viruta:

- Forma estructural, dimensiones e índices tecnológicos de pieza.
- Genero del material de la pieza y sus propiedades.
- Forma, tamaño y exactitud de fabricación de la pieza bruta
- Exigencias a la exactitud y calidad de la superficie maquinada y otros requerimientos según las condiciones técnicas.
- Carácter del equipo y el equipamiento tecnológico que se utilizan.
- Requerimiento de economía y rendimiento máximos de la producción



Pieza	Método de ejecución	Proceso de elaboración	Material
Cilindro	Recuperación por encamisado.	Por arranque de viruta.	CL-30 Fundición Gris
Camisa	Fabricación	Por arranque de viruta.	CL-30 Fundición Gris
Aros de compresión	Fabricación	Por arranque de viruta.	Fluvis -20
Aros guías	Fabricación	Por arranque de viruta.	Fluvis -20
Anillo protector	Fabricación	Por arranque de viruta.	Fluvis 20
Anillo corte tangencial	Fabricación	Por arranque de viruta.	Fluvis -20
Anillo corte radial	Fabricación	Por arranque de viruta.	Fluvis -20
Bulón	Rectificación	Por arranque de viruta.	Ac40X
Bulón	Fabricación	Por arranque de viruta.	Ac40X
Buje de Biela	Fabricación	Por arranque de viruta.	BpO5LJ5C5 Bronce al Estaño
Sustitución del buje en la biela	Recuperación	Por arranque de viruta.	



Tabla #13 Selección de máquinas herramientas empleadas para cada pieza.

### 3.4. Metodología para los cálculos de los regímenes tecnológicos de las diferentes operaciones por máquinas.

Para el proceso de fabricación o recuperación de las piezas de repuesto por el método de arranque de virutas, se hace necesario la utilización de las máquinas herramientas adecuadas para lograr un proceso de maquinado optimo; es obligatorio el cálculo de los parámetros esenciales conforme a cada máquina en particular.

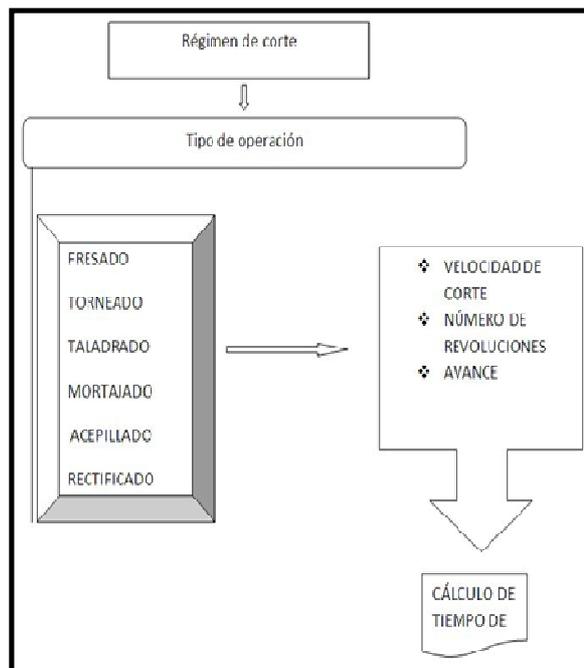


Fig.33 Esquema del procedimiento para el cálculo del régimen de corte.

#### Régimen de corte para el torneado

Entre las operaciones generales que se efectúan en el torneado se encuentran; el cilindrado, refrentado, barrenado y el fileteado de rosca, para realizar estas operaciones se calculan por formulas o se obtienen por tablas experimentales.

Procedimiento para el cálculo.

- I- Elegir la herramienta cortante y establecer los parámetros geométricos.

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



1. Se debe seleccionar el tipo de cuchilla de torno a utilizar para según operación a realizar y sus parámetros.
  2. Tipo de plaquita.
  3. Tipo de superficie de desprendimiento de la cuchilla de corte.
- II- Establecer el régimen de corte (utilizando las tablas de normas).
- III- Determinar el tiempo básico o de maquinado.

Calcular la velocidad de corte:

$$vc = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \quad (3.1)$$

Donde:

Vc-velocidad de corte real , en (m/mín.)

D-diámetro de la pieza; en (mm)

n- número revoluciones normalizadas por catalogo técnico del equipo;  
en (rpm)

$$Vh = \frac{Cv}{T^m \times xv \times yv} \times Kto \times Kmo \times Khs \times K\phi v, \text{ en (m/mín.).}$$

Donde:

Vh- velocidad de corte que permiten las propiedades de la cuchilla.

T- periodo de estabilidad de la cuchilla, relacionado con el desgaste de la cuchilla, en mín.

Cv, xv, yv- coeficientes de corrección para la operación y marca de la aleación dura de la placa de corte.

Kto-coeficiente para el tipo de labrado.

Kmo- coeficiente que relaciona el tipo de labrado y la resistencia a la rotula del material.

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



$K_{fv}$ - coeficiente de acuerdo al tipo de cuchilla.

$K_{\phi}$ - coeficiente de acuerdo al ángulo de la cuchilla

Calcular el número de revoluciones:

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} \quad (3.2)$$

el valor de n se puede obtener además del catalogo técnico del equipo después de haberse calculado por la formula  $V_h$  y normalizado en el catalogo.

Calcular el avance de la cuchilla:

$$S_m = S \times n \quad (3.3)$$

Donde:

$S_m$ - avance de la cuchilla, en (mm/mín.)

$S$ -avance por revolución del husillo, en (mm/rev.)

Se fija  $S$  en (mm/rev.) según tipo de material, diámetro  $D$ (mm) de la pieza bruta y la profundidad de corte  $t$ (mm), Forn Valls, R. (1997).

Calcular la profundidad de corte:

$$t = \frac{D-d}{2} \quad (3.4)$$

Donde:

$t$ - profundidad de corte, en (mm)

$D$ - diámetro inicial (mm)

$d$ - final de la pieza (mm)

Calcular el tiempo básico o de mecanizado ( $T_m$ ) para el torneado

$$T_m = \frac{L \times i}{n \times s} ; \text{ en (m/mín.)} \quad (3.5)$$

Longitud considerada para el cálculo de las operaciones:

En el cilindrado:

$$L = \frac{D}{2} + y + \Delta ; \text{ en (mm).}$$

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



En el refrentado:

$$L = \frac{D_o}{2} ; \text{ en (mm)} \quad (3.6)$$

Dónde:

i - número de pasadas

y- Entrada de la herramienta (mm).

L -Longitud a mecanizar (mm).

$\Delta$  - Salida de la herramienta (mm).

$\Delta = (1 \dots 2)$  mm

s- avance por revolución del husillo, en (mm/rev.).

n- número revoluciones normalizadas por catalogo técnico del equipo; en (rpm).

$y = t \times \text{ctg}\phi$ ; en (mm).

$\phi$ -ángulo de posición principal, en (grados).

Calculo de la fuerza de corte consumida para el corte (Pz), en Kgf

$$P_z = C_{p_z} \times t^{x_{P_z}} \times s^{y_{P_z}} \times v^{n_{P_z}} \times k_{p_z}; \text{ (kw). } \quad (3.7)$$

$C_{p_z}, x_{P_z}, y_{P_z}, n_{P_z}$ - coeficientes de corrección para la fuerza de corte.

Donde:

$$K_{P_z} = K_{m_{P_z}} \times K_{\phi_{P_z}}$$

$$K_{m_{P_z}} = \left(\frac{\sigma_c}{75}\right)^{n_{\phi}}$$

$n_{\phi}$  -coeficiente

Todos los coeficientes que se encuentran en las formulas escritas se encuentran en el catalogo técnico.

t- profundidad de corte, en (mm).

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



s- avance

Para el proceso general de la fabricación de las piezas

Las entradas y salidas de herramientas, en los casos en los que puedan darse, se fijarán entre 0,5 y 1 mm, en la mayoría de los casos. Las longitudes a mecanizar varían dependiendo de la operación de que se trate:

Comprobación de la condición:

$$P_z \leq P_{zadm} \quad \text{y} \quad P_z \leq P_{zrig.}$$

Donde:

$P_{zadm}$  -carga máxima admisible del espiga de la cuchilla; en (Kgf).

$P_{zrig.}$  - carga máxima admisible de la rigidez de la espiga de la cuchilla, (Kgf).

Si cumple las dos condiciones, entonces la cuchilla es suficientemente resistente y rígida.

Cálculo de la potencia consumida para el corte ( $N_{cor}$ ); en (Kw).

$$N_{cor} = \frac{P_z \times V_c}{60 \times 10^2}; \text{ en (Kw). } \quad (3.8)$$

Donde:

$P_z$ - fuerza de corte consumida para el corte; en (kgf).

$V_c$ - velocidad de corte real, en (m/mín.)

Comprobación de la condición:

$$N_{cor} \leq N_h$$

$N_{cor}$ - potencia de corte; en (Kw).

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



$N_h$ - potencia permitida por la cuchilla (producto de la frecuencia del husillo), en (Kw).

Donde:

$$N_h = N_m \times \eta ; \text{ en (Kw).}$$

$N_m$ - potencia del motor, en (Kw).

#### Régimen de corte para el rectificado.

Calcular la velocidad periférica de la muela  $V_s$  en m/s

$$V_s = \frac{\pi \times D \times n}{1000 \times 60} \quad (3.9)$$

Dónde:

D-diámetro de la muela abrasiva en mm

n-número de revoluciones por minuto de la muela

Calcular la velocidad periférica de la pieza ( $v_w$ ) en m/min

$$v_w = \frac{\pi \times d \times n_w}{1000 \times 60} \quad (3.10)$$

Calcular el tiempo principal ( $t_p$ ) en el rectificado cilíndrico  $t_p$

$$t_p = \frac{L \times l}{s \times n_w} \quad (3.11)$$

Dónde:

$L_1$  – longitud de la pieza en (mm)

L- longitud a rectificar en (mm)

s- avance en (mm) por revolución de la pieza

$n_w$ - número de revoluciones de la pieza por minuto

i-número de cortes o pasadas



Tabla #14 Velocidades perifericas sugeridas para el maquinado de los diferentes tipos de materiales.

VELOCIDAD PERIFERICA DE LA PIEZA EN m/min					
Material	Mecanizado	Esmerilado cilíndrico exterior		Esmerilado cilíndrico interior	
		Vel. periférica	Grano/Dureza	Vel. periférica	Grano/Dureza
Acero blando	Desbastado	12 a 15	46 L a M	16 a 21	45 a 50 J a O
	Afinado	9 a 12	"	-	
Acero templado	Desbastado	14 a 16	46 K	-	
	Afinado	9 a 12	"	18 a 23	46 K a 60 H
Fundición gris	Desbastado	12 a 15	46 K	-	
	Afinado	9 a 12	"	18 a 23	40 a 46 K a M
Latón	Desbastado	18 a 20	36 K a 46 J	-	
	Afinado	14 a 16	"	25 a 30	36 K a 46 J
Aluminio	Desbastado	40 a 50	30 K a 40 J	-	
	Afinado	28 a 35	"	32 a 35	30 H

Tabla #15 Avance lateral por revolución de la pieza, en fracciones del ancho de la muela abrasiva (Maquinas Herramientas 2)

Material	Esmerilado cilíndrico exterior		Esmerilado cilíndrico interior	
	Desbastado	Afinado	Desbastado	Afinado
Acero	0.66 a 0.75	0.75 a 0.33	0.5 a 0.75	0.2 a 0.75
Fundición gris	0.75 a 0.83	0.33 a 0.5	0.67 a 0.75	0.25 a 0.33

Para el espesor o profundidad de pasadas, según el tipo de material a elaborar, se toman valores radiales, que también se encuentran, en tablas como la siguiente:

Tabla #16 Profundidad sugerida de acuerdo al tipo de material.

Material	Desbastado (mm)	Acabado (mm)
Acero templado	0,02 a 0,03	0,005 a 0,01
Acero normalizado	0,03 a 0,06	0,005 a 0,02
Fundición	0,08 a 0,16	0,02 a 0,05
Latón y Aluminio	0,125 a 0,25	0,02 a 0,1

### Régimen de corte para el fresado.

En la fresadora se realizan las operaciones de planeado de superficies, ranuras, etc. Se selecciona la herramienta de corte de acuerdo a la operación a realizar y

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



el material a trabajar teniendo en cuenta su resistencia. Se utilizan tablas de normas para fijar régimen de cortes.

Procedimiento para el cálculo.

1. Elegir la herramienta cortante y establecer los parámetros geométricos.
2. Se debe seleccionar el tipo de fresa a utilizar para según operación a realizar. Según tabla de normas.
3. Determinar los parámetros geométricos de la fresa.
4. Establecer el avance por dientes de la fresa.
5. Establecer el régimen de corte.
  - a) Fijando la profundidad de corte. El sobre espesor de una pasada, por consiguiente  $t=h$ , (utilizando las tablas de normas).
  - b) Estipular el avance por diente de la fresa.
  - c) Establecer el periodo de estabilidad de la fresa. Se recomienda periodo de estabilidad  $T=180\text{min}$ .
  - d) Determinar la velocidad de corte admitida por las propiedades de corte de la fresa empleando la tabla de norma. Se toma en cuenta los coeficientes de corrección para la velocidad de corte, según resistencia a la rotura. Obteniendo  $V_h=V_{\text{tab}} \cdot K_{mv} \cdot K_{fv}$  en m/min.
  - e) Calcular número de revoluciones por minutos (n) en rpm (frecuencia de rotación del husillo correspondiente a la velocidad de corte ( $v_h$ ) hallada.
  - f) Corregir la frecuencia de rotación del husillo de acuerdo a los datos de la máquina, n en rpm.
  - g) Corregir la velocidad de corte real,  $V_c$ , real.
  - h) Calcular el avance (longitudinal)  $S_m=S_z \cdot z \cdot n$ , en mm/min y normalizarlo por el escalón de avance correspondiente en la máquina y determinar el avance real  $S_m$ , en mm/min.
  - i) Calcular la potencia consumida para el corte,  $N_{\text{tab}}=7.5\text{Kw}$ . Esta potencia se obtiene interpolando  $N_{\text{tab}}$  en para  $S_m$ .
  - j) Calcular  $N_{\text{cor}}=N_{\text{tab}} \cdot K_{\gamma} \cdot N$ .
  - k) Verifique si es suficiente la potencia del accionamiento de la máquina que debe cumplir la condición siguiente:

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



$$N_h = N_m \times \eta ; \text{ en (Kw).}$$

Nm- potencia del motor, en (Kw).

Comprobación de la condición:

$$N_{cor} \leq N_h$$

Ncort- potencia de corte; en (Kw).

Nh- potencia permitida por la cuchilla (producto de la frecuencia del husillo), en (Kw).

Elegir la herramienta cortante y establecer sus parámetros según normas de fresas estándar (elegir tipo de fresa y número de dientes de la misma)

Determinar parámetros geométricos de la herramienta

Calcular la velocidad de corte:

$$vc = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \quad (3.12)$$

Dónde:

vc- velocidad de corte, en (m/mín.)

D- diámetro de la fresa, en (mm)

n- número revoluciones; en (rpm)

vc- se escoge empleando la tabla de normas

Calcular el número de revoluciones.

$$n = \frac{1000vc}{\pi \times D} \quad (3.13)$$

Dónde:

n- número de revolución del husillo de la maquina (rpm)

vc- velocidad de corte, en (m/mín.)

D- diámetro de la fresa, en (mm)

Calcular el avance longitudinal

$$Sm = S(z) \times Z \times n \quad (3.14)$$

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



Dónde:

$S_m$ - avance de la herramienta, en (mm/mín.)

$S_z$ - avance de la fresa, en (mm/diente)

$Z$ - número de diente de la fresa

Para calcular el tiempo de mecanizado en el fresado se establece la expresión:

$$T_m = \frac{L}{S_m}; \text{ en (mín.)} \quad (3.15)$$

$$L = l + y + \Delta; \text{ en (mm).}$$

$y = \frac{D}{2}$ ; en (mm).....para fresadora vertical empleando fresa de ranurar de dos cortes.

$y = \sqrt{t \times (D - t)}$ ; en (mm)....para fresadora horizontal empleando fresa de disco.

$$\Delta = (1 \dots 5)mm.$$

$$S_m = S_z \times n_f; \text{ en (m/min).}$$

Dónde:

$i$  - número de pasadas

$y$ - Entrada de la herramienta (mm).

$L$  - Longitud a mecanizar (mm).

$D$ -diámetro de la pieza; (mm).

$\Delta$ - Salida de la herramienta (mm).

$S_z$  - Avance por diente (mm / diente).

$z$  - Número de dientes de la fresa.

$n$  - Número de revoluciones por minuto (r.p.m.).

Relación de fórmulas para el cálculo de la potencia consumida por la máquina

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



herramienta durante el mecanizado de los diferentes materiales

Fórmulas para calcular la fuerza de corte. ( $P_z$ )

$$P_z = \frac{C_p}{D^{0.75}} \times t^{0.75} \times s^{0.75} \times B \times Z ; \text{ en (Kgf).} \quad (3.16)$$

Fórmula para calcular la cantidad de material arrancado (A) ( $\text{mm}^2$ )

$$A = S \times t ; \text{ en (mm}^2\text{).} \quad (3.17)$$

Donde:

A-Cantidad de material arrancado. ( $\text{mm}^2$ )

S-Avance de la herramienta ( $\text{mm/rev.}$ ).....Por tabla o por

fórmula.

t-Profundidad de corte ( $\text{mm}$ )

Fórmulas para calcular la potencia de corte. ( $N_c$ )

$$N = P \times V = K_s \times e \times b \times v_a = K_s \times e \times b \times z \times a \times n ; \text{ en (mm).} \quad (3.18)$$

$$Vol = e \times b \times Va$$

$$V_a = Z \cdot a ; \text{ en (mm/vuelta).}$$

$$V_a = Z \times a \times n ; \text{ en (mm/min).}$$

$F = K_s \times q = K_s \times e \times b$ ....fuerza necesaria para realizar el corte de metal.

$$Tr = F \times Va = K_s \times e \times b \times Va ; \text{ en (min) tiempo requerido.} \quad (3.19)$$

## Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



Donde:

P-Fuerza de corte (Kgf).

Vc-velocidad de corte (m/min).velocidad tangencial.

Vol- Volumen de metal cortado por un diente; en (mm<sup>3</sup>/min).

Ks- resistencia especifica del material trabajado; en (kg/mm<sup>2</sup>).

### 3.5. Metodología para el cálculo de los tiempos de las operaciones.

#### Caso cilindro y camisas

#### Procedimiento para el cálculo de tiempo de la fabricación de la pieza.

Para calcular de tiempo de elaboración en minutos, constan de:

$$T_t = t_{\text{aux.}} + t_{\text{spt}} + t_{\text{pc}} = t_{\text{cq}} + t_{\text{es}} + t_{\text{spt}} + t_{\text{pc}} \quad (3.20)$$

Tiempos auxiliares, t aux.

Tiempo para el servicio al puesto de trabajo, tspt

Tiempo preparatorio-conclusivo, tpc

Tiempo auxiliar: es el tiempo utilizado en acciones de la máquina herramienta y del operario que facilita la realización de la operación (taux).

$$.taux.= t_{\text{cq}} + t_{\text{es}} \quad (3.21)$$

Comprende:

Tiempo auxiliar para colocar y quitar la pieza, tcq

Tiempo auxiliar para la elaboración de la superficie, tes

Tiempo preparatorio-conclusivo: es el tiempo utilizado en las acciones ejecutadas en el ciclo de trabajo y en la preparación para realizarla. Solo abarca las acciones que suceden una vez por serie.

Tiempo para el servicio al puesto de trabajo: abarca el tiempo técnico organizativo al puesto de trabajo y el tiempo para necesidades fisiológicas del operario. Se da en por ciento (%) del tiempo operativo.

### 3.6. Selección de herramientas, tipo de sujeción y dispositivos.

#### 3.2.7. Secuencias Tecnológicas.

#### Procedimiento para la recuperación del cilindro.

I- Preparación inicial para el encamisado. (Torneado)

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



1. Preparación de la máquina Herramienta (Torno Vertical)
2. Control y preparación de esta para comenzar el trabajo.
3. Montar, centrar y fijar (dispositivo, fijadores y pieza).
4. Mandrinar hasta lograr la longitud y profundidad necesaria para alojar la camisa.
5. Desmontar el conjunto.
- I- Bruñido del cilindro. (Bruñidor portátil)
6. Fijar en un banco de pruebas el cilindro en posición horizontal.
7. Montar el bruñidor fijarlo.
8. Bruñir hasta acabado final necesario.
9. Desmontar.

#### III- Ensamble del conjunto camisa cilindro.

- 1- Colocar y fijar en posición vertical el cilindro.
- 2- Preparar para enfriar la camisa; (Procedimiento para trabajo de enfriamiento con Nitrógeno).
- 3- Ensamblar la camisa en el interior del cilindro.
- 4- Desmontar.

#### IV- Mandrinado del cilindro. (Torno Vertical)

1. Control y preparación de esta para comenzar el trabajo.
  2. Montar, centrar y fijar.
  3. Mandrinar los escalones hasta lograr la especificación del plano para el bruñido del cilindro.
  4. Refrentar el exceso de longitud en la camisa hasta el escalón para tapa del cilindro.
  5. Biselar la entrada del cilindro según plano.
  6. Biselar la entrada del escalón para el espejo del cilindro
- Desmontar el conjunto.

#### V-Fresado de los puertos de entrada y salida del cilindro.

- 1- Control y preparación de la máquina Herramienta (Mandrinadora)
- 2- Montar, centrar y fijar.
- 3- Fresar el primer puerto.

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



- 4- Fresar el segundo puerto.
- 5- Desmontar, girar, montar, centrar y fijar.
- 6- Fresar el tercer puerto.
- 7- Fresar el cuarto puerto.
- 8- Desmontar el cilindro.
- 9- Eliminar rebabas.
- 10-VI- Bruñido del cilindro.
- 11-Montar y fijar en el cabezal el cilindro en su posición en el compresor.
- 12-Montar el bruñidor fijarlo.
- 13-Bruñir hasta acabado final necesario.
- 14-Desmontar el bruñidor.

#### **Procedimiento para la preparación de la camisa.**

##### **I-Torneado**

1. Estudio de los planos y tecnología de fabricación.
2. Control y preparación de la Máquina Herramienta (Torno Paralelo).
3. Montar entre luneta y plato, centrar y fijar la pieza.
4. Refrentar y biselar la camisa.
5. Mandrinar en profundidad la longitud indicada en plano.
6. Elaborar ranura a la distancia convenida para colocar dispositivo de izaje.
7. Girar la pieza y refrentar el otro extremo del escalón hasta la longitud indicada en el plano.
8. Desmontar y colocar entre puntos con la ayuda de mandriles situado a cada extremo.
9. Cilindrar hasta la medida indicada en plano para la rectificación.
10. Ranurar la salida de la mula abrasiva según plano.
11. Desmontar.

##### **II-Rectificado**

1. Preparación de la Máquina Herramienta (Rectificadora cilíndrica).
2. Montar entre puntos y fijar.

## Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



3. Rectificar. (Desbaste).
4. Rectificado (Acabado) según plano.
5. Desmontar.

### 3.2.8. Elaboración de cartas tecnológicas de piezas.

- Caso cilindro y camisa.
- Elementos de sellos.
- Aros de compresión.

Nota: las cartas tecnológicas elaboradas se encuentran en los anexos a partir del # 39 a la 44.

### 3.7. Medidas de PHT

Las medidas para la protección e higiene del trabajo son esenciales para el buen desempeño en la explotación y el manejo de la técnica en los talleres contribuyendo a evitar la ocurrencia de accidentes fatales y pérdidas económicas entre ellas están:

- El uso obligatorio de espejuelos de seguridad.
- Se prohíbe el uso de ropas holgadas ni con mangas largas.
- Nunca se debe operar un equipo con las gualderas de protección defectuosas o sin estas.
- Nunca deje la llave sobre el plato o alguna otra herramienta.
- Detenga siempre la máquina para realizar las mediciones de las piezas, engrasarla, o ajustarla.
- No opere nunca una máquina herramienta cuando use anillos, cadenas o reloj.
- No limpie la maquina mientras esté funcionando.
- No opere máquina herramienta sin estar debidamente instruido y que comprenda completamente sus controles y palancas.
- Mantenga limpia el área de trabajo y el piso de sus alrededores libre de grasas, combustibles, recortes de metales, herramientas y piezas de trabajo.

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



- Evite los juegos con sus compañeros en todo momento especialmente si está operando una máquina herramienta.
- Siempre quite las virutas con una brocha nunca con las manos.
- Se prohíbe el trabajo con pelo largo suelto o sin una gorra.
- Se prohíbe el trabajo sin el calzado de protección.
- Siempre que realice esfuerzos físicos use fajas de protección anti lumbago.
- Use guantes de cuero para manipular eslingas o piezas.
- Siempre cerciórese de tener buena iluminación en su área de trabajo.

#### 3.8. Métodos de control e instrumentos de medición.

##### INSTRUMENTOS DE MEDICIONES

- Instrumentos de medición y comprobación:
- Pie de Rey Digitales y Convencionales de precisión 0.01 y 0.02 desde 0-1000mm.
- Micrómetros de Interiores y Exteriores de precisión 0.01 y desde 0-600mm.
- Pasa metros de precisión 0.01 desde 10-600mm.
- Base Magnéticas articuladas con sus respectivos Indicadores de precisión 0.01 y rango desde 0-10mm.
- Goniómetro.
- Galgas de radio.
- Galgas de rosca.
- Cinta métrica.
- Regla metálica.

##### DISPOSITIVOS UNIVERSALES Y ESPECIALES.

Durante el proceso de fabricación se hace necesario la utilización de los diferentes tipos de dispositivos universales como son:

- Lunetas fijas o móviles.
- Plato de cuatro muelas

### Capítulo III. EQUIPOS, MATERIALES Y METODOS



- Cabezal Divisor
- Prismas.
- Mordazas convencionales y universales.
- Contra Punta fija.
- Juego de cambios rápidos para taladrado.
- Otros instrumentos necesarios de comprobación.
- Prismas y Mármol para comprobar superficies.

#### **HERRAMINTAS DE CORTE**

En el proceso de fabricación es necesaria la utilización de diferentes tipos de herramientas de cortes como son:

- Cuchillas para tornos
- Cuchilla para cilindrar calzada de 90°
- Cuchilla para refrentar calzada de 45°
- Cuchilla para mandrinar calzada de 90°
- Cuchilla para biselar.
- Cuchilla para tronzar de acero rápido HSS.
- Cuchilla para ranurar de acero rápido HSS.
- Cuchilla de forma para radios interiores de acero rápido HSS.
- Cuchilla de forma para radios exteriores de acero rápido HSS
- Cuchilla de forma para roscas de acero rápido HSS.
- Cuchilla de forma para radios de acero rápido HSS.
- Cuchilla para cilindrar de plaquitas Sanvik.
- Cuchilla para refrentar de plaquitas Sanvik.
- Avellanadores.
- Fresas
- Fresas de vástago cilíndricas de acero rápido HSS.
- Fresas calzadas de mango cónico.
- Fresas de disco de acero rápido HSS.
- Juego de barrenas de acero rápido HSS



### **TIPOS DE SUJECCION**

Para sujetar las piezas y herramientas de corte para maquinar se utilizan varios tipos de elementos de fijación como son:

- Bridas.
- Pernos de fijación.
- Bloques escalonados.
- Perros de arrastre.
- Puntos fijos y móviles.
- Casquillos morse.
- Mazorcas
- Boquillas de sujeción.
- Durómetros Digitales de Banco y Portátiles.
- Rugosímetros Digitales portátiles.
- Alineadores Láser de Ejes y Agujeros.

## Capítulo IV. VALORACIÓN ECONOMICA



### CAPITULO IV. VALORACIÓN ECONOMICA.

#### 4.1. Consideraciones en el cálculo económico.

Con datos iniciales de los cálculos de normas de tiempo, materiales, mano de obra, etc., y utilizando programa de costos "software MP2 para el cálculo de costos", se obtuvieron los cálculos de costos de cada pieza.

#### 4.2 Resultados de los cálculos económicos de piezas fabricadas o recuperadas.

En la tabla no.16 se muestran los valores de los precios obtenidos en las piezas elaboradas y se realizó una comparación con precios de ofertas de suministradores extranjeros.

Tabla #16 Precios mercado nacional e internacional.

Piezas	Producción Nacional Precios	Adquirido a Través de proveedores Foráneos Precios
Cilindro	7207.95 Cuc	
Camisa	2120.95 Cuc	
Vástago		6043.75 €
Buje de Biela		955.00€
Bulón		1255.00€
Aros de Compresión		145.90 €
Aros Guías		490.00€
Anillo de Protector	16.46Cuc	55.44€
Anillo de corte Radial	23.00 Cuc	71.42€
Anillo de corte Tangencial	24.60 Cuc	76.21€
Cajuela de Empaque # 1	70.34 Cuc	
Cajuela de Empaque # 4	50.5 Cuc	
Cajuela de Empaque # 11	60.05 Cuc	
Tapa ranurada de cierre	25.24 Cuc	
Tapa ranurada ambas caras	47.17 Cuc	
Rectificado de la Camisa	2512.23 Cuc	
Anillo Retenedor de aceite		93.70€
Anillo Colector de aceite 1		131.90€
Anillo Colector de aceite 2		131.90€
Anillo Colector de aceite 3		122.13€

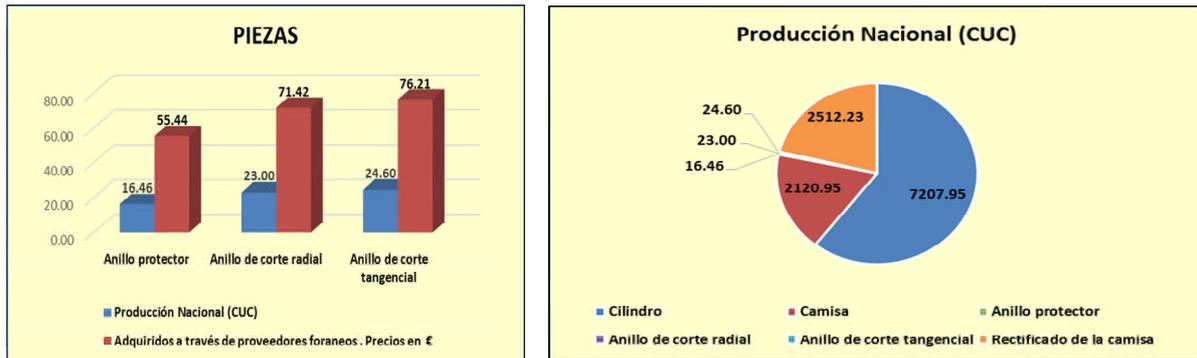
## Capítulo IV. VALORACIÓN ECONOMICA



### 4.3 Comparación con costos de fabricación vs costos de importación.

Costo de las piezas seleccionadas, ya sea producida nacionalmente por terceros o internamente y por ofertas adquiridas a través de proveedores internacionales.

#### Valoración económica.



a)

b)

**Fig. 34 a) y b) Gráficos costos producciones nacionales vs costos de importaciones.**

En el grafico a) de figura no. 34 se muestra la gran diferencia entre los precios de adquisición por importación y los costos de fabricación en el taller de maquinado de la refinería “Camilo Cienfuegos”.

## CONCLUSIONES

1. Se realizó un estudio y evaluación, con ayuda de las informaciones archivadas en un software mediante el cual se controlan todos los parámetros necesarios para el funcionamiento de los compresores reciprocantes, lo que permitió determinar las piezas más críticas que afectan el funcionamiento adecuado de los mismos y crear tareas preventivas planificadas para el aseguramiento un mantenimientos más eficiente.
2. Con el trabajo se permite elaborar un plan para la selección, de las piezas que deben ser recuperadas y las que tienen que ser fabricadas de inmediato.
3. Se determinaron los regímenes de corte y el normado técnico permitiendo valorar los costos, tanto nacionales e importación y escoger mejores variantes en los proceso de fabricación, así como la planificación más eficiente de las actividades del taller productivo.
4. Se diseñaron y fabricaron dispositivos especiales para la recuperación y fabricación de las piezas que lo necesitaron.
5. Todo lo antes expuesto coadyuvó a la reparación de compresores, lo que contribuye a elevar la eficacia en la realización de los mantenimientos, destacándose las diferentes actividades que se llevan a cabo durante las reparaciones.
6. El trabajo elaborado reviste gran importancia, viabilidad debido a que define pasos que se deben seguir durante las distintas operaciones a realizar en el mantenimiento, así como muestra los valores límites a partir de los cuales es necesario retirar partes y piezas de los compresores reciprocantes.
7. Se logra un ahorro económico en la fabricación y recuperación de las piezas sin necesidad de adquirirlas en los mercados fuera del país donde su costo es superior.
8. Y tiene gran valor en cuanto al efecto social como medio ambiental, con lo

que se garantiza, que no se produzcan escapes de hidrogeno a la atmósfera, siendo el mismo uno de los elementos de riesgo en la refinería, objeto de estudio.

## **RECOMENDACIONES**

1-Sistematizar la aplicación de estas tecnologías en la elaboración de las piezas para facilitar una mayor claridad en la fabricación de las mismas, de modo que contribuya a elevar la eficiencia en la práctica, y perfeccionarlo en el sentido de lograr cada día una mayor especialización en el mantenimiento de los compresores recíprocos.

2-Aplicar la propuesta en todos los tipos de compresores recíprocos que existen en la sección 700,

3-Hacer el estudio y la evaluación de las piezas críticas a recuperar y fabricar.

4-Elaborar una tecnología de recuperación y fabricación de piezas críticas a los demás compresores recíprocos existentes.

5-Elaborar metodologías similares para otros tipos de equipos tecnológicos de la planta.

6.- La propuesta que se realiza en el trabajo se le debe dar continuidad.

## BIBLIOGRÁFICAS

- Arbasha, F. (1981). *Manual del Fresador*. Rusia: Editorial Mir.
- Biblioises. (2010). MÁQUINAS HERRAMIENTAS. Recuperado 26 de mayo de 2015, a partir de <http://www.biblioises.com.ar/Contenido/600/621/maquinas-herramientas%202.pdf>
- Boada Carrazana, O. (1992). Tablas de tiempo para la elaboración mecánica.
- Boothroyd, G. (1980). *Fundamentos del corte de metales y de las maquinas herramientas*. México: Editoral McGraw Hill.
- Center for History and New Media. (s. f.). Zotero Quick Start Guide. Recuperado a partir de [http://zotero.org/support/quick\\_start\\_guide](http://zotero.org/support/quick_start_guide)
- Dobrovolski, V., Zablonki, K., & Radchik, A. (1976). *Elementos de Máquinas*. Moscú: Editorial Mir.
- Ecrimesa. (2014). Catálogo de productos. Recuperado 26 de mayo de 2015, a partir de <http://www.ecrimesa.es/ecrimesa-catalogo-de-productos.html>
- Ferrer Domínguez, E. (1978). *Elaboración Mecánica de los Metales* (Vols. 1–1). La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Ferrer Domínguez, E., & Piloto, N. (1985). *Teoría del corte de los metales*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Forn Valls, R. (1997). *Herramientas de corte* (Vol. 1). España: Editoral Ceac.
- Gerling, H. (1964). *Alrededor de las maquinas herramientas*. Barcelona: Editorial Reverté.
- González González, J. (s. f.). *Regimenes de Corte para la Elaboración por Arranque de Virutas*.
- Groover Mikell, P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna materiales, procesos y sistemas*. México: Editoral McGraw Hill.
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. México: Editoral McGraw Hill.
- Henry, D., Burghardt, Axelrod, A., & Anderson, J. (1965). *Manejo de las maquinas Herramientas* (Vols. 1–2). Madrid: Ediciones del Castillo.

- HOERBIGER. (2010). Segmentos, anillos guía y anillos de empaquetaduras para compresores. Recuperado 26 de mayo de 2015, a partir de [http://www.hoerbiger.com/upload/file/ring\\_and\\_packing\\_es.pdf](http://www.hoerbiger.com/upload/file/ring_and_packing_es.pdf)
- Intartaglia, R., & Lecoq, P. (1989). *Guía del control numérico de máquina herramienta*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología* (4ta Edición). Editorial Prentice Hall.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología* (5ta Edición). Editorial Prentice Hall.
- Krar, S., & Check, A. (2008). *Tecnologías de las maquinas herramientas*. México: Editorial Alfaomega.
- Krisism, A., & Naúmov, I. (s. f.). *Manual del Ajustador Montador Mecánico*. Moscú: Editorial Mir.
- Larburu Arrizabalaga, N. (1994). *Máquinas y herramientas: prontuario descripción y clasificación*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Micheletti Gian, F. (1980). *Mecanizado por arranque de viruta: Tecnología mecánica*. Barcelona: Editorial Blume.
- Molina Barrios, C. (1977). *Tolerancias ajustes y mediciones de longitudes y angulos*. La Habana: Editorial de libros para la educación.
- Nefiodov, N. (1980). *Problemas y ejemplos del corte de metales y herramientas Cortantes*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Refinería Camilo Cienfuegos. (s. f.-a). DT-IT-14-24-03. (S. f.) Reparación mediana de compresores de émbolo. RRF.
- Refinería Camilo Cienfuegos. (s. f.-b). DT-IT-14-24-04. (S. f.) Reparación capital de compresores de émbolo.
- Refinería Camilo Cienfuegos. (s. f.-c). RFDT-IT-14-24. (VS. f.) Instrucción para la inspección y mantenimiento de los compresores.
- Refinería Camilo Cienfuegos. (s. f.-d). RF-DT-M-17-02. (S. f.) Manual de operaciones. Compresores planta combinada.
- Refinería Camilo Cienfuegos. (s. f.-e). RRF-DT-IT-14-24-01. (S. f.) Revisión técnica de compresores de émbolo. RRF.

Richard, W., & Greene. (1987). *Compresores: selección, uso y mantenimiento*. New York: Editorial McGraw Hill.

Zhidelev, M., & Nikitin, B. . (1961). *Manual de Maquinas*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.

ОКП. (1973). ПРОКАТ ИЗ ЛЕГИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ.

## ANEXOS.

### Anexo no. 1 Valores Numéricos De Las Desviaciones Fundamentales Para Los Ejes

(valores en  $\mu\text{m}$ )

Grupos de dimensiones nominales (mm)	GRADOS DE TOLERANCIAS NORMALIZADAS																			
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18
Hasta 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
>3 a 6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800
>6 a 10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200
>10 a 18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
>18 a 30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
>30 a 50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
>50 a 80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
>80 a 120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
>120 a 180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
>180 a 250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
>250 a 315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
>315 a 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
>400 a 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700
>500 a 630			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000
>630 a 800			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200	5000	8000	12500
>800 a 1000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3600	5600	9000	14000
>1000 a 1250			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1050	1650	2600	4200	6600	10500	16500
>1250 a 1600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1250	1950	3100	5000	7800	12500	19500
>1600 a 2000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1500	2300	3700	6000	9200	15000	23000
>2000 a 2500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000	17500	28000
>2500 a 3150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2100	3300	5400	8600	13500	21000	33000

\*Los grados de tolerancia IT14 a IT18 no deben utilizarse para las medidas nominales inferiores o iguales a 1 mm.



**Anexo no. 3. Valores numéricos de las desviaciones fundamentales para los agujeros.**

Grupos de dimensiones nominales (mm)	POSICIONES DE LAS TOLERANCIAS NORMALIZADAS																																							
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	js	J							K							M							N						
	Todos los grados de tolerancia												IT6							IT7							IT8							IT9						
	Desviación inferior EI												Desviación superior ES							Desviación superior ES							Desviación superior ES													
Hasta 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+5	4+	+7	0	+2	+4	+6	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-4	-4							
>3 a 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	+5	+6	+10	0	+0,5	0	+2	+3	+5	0	-3	-2,5	-3	-1	0	+2	-4	-7	-6,5	-7	-5	-4	-2	0					
>6 a 10	+280	+150	+80	+56	+40	+28	+18	+13	+8	+5	0	+5	+8	+12	0	+0,5	+1	+2	+5	+6	0	-5	-4,5	-4	-3	0	+1	-6	-9	-8,5	-8	-7	-4	-3	0					
>10 a 14																																								
>14 a 18	+290	+150	+85		+50	+32		+16		+6	0	+6	+10	+15	0	+1	+2	+2	+6	+8	0	-6	-5	-4	-4	0	+2	-7	-11	-10	-9	-8	-5	-3	0					
>18 a 24																																								
>24 a 30	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0	+8	+12	+20	0,5	0	+1	+2	+6	+10	0	-6,5	-6	-5	-4	0	+4	-8	-13,5	-13	-12	-11	-7	-3	0					
>30 a 40	+310	+170	+120		+80	+50		+25		+9	0	+10	+14	+24	0,5	+1	+2	+3	+7	+12	0	-7,5	-8	-5	-4	0	+5	-9	-15,5	-14	-13	-12	-8	-3	0					
>40 a 50	+320	+180	+130		+100	+60		+30		+10	0	+13	+18	+28	0	+1	+3	+4	+9	+14	0	-9	-8	-6	-5	0	+5	-11	-18	-17	-15	-14	-9	-4	0					
>50 a 65	+340	+190	+140		+120	+72		+36		+12	0	+16	+22	+34	-1	+1	0	+1	+10	+16	0	-11	-9	-8	-6	0	+6	-13	-21	-19	-18	-16	-10	-4	0					
>65 a 80	+360	+200	+150		+145	+85		+43		+14	0	+18	+25	+41	-1	0	+3	+4	+12	+20	0	-12	-11	-9	-8	0	+8	-15	-24	-23	-21	-20	-12	-4	0					
>80 a 100	+380	+220	+170		+170	+100		+50		+15	0	+22	+30	+47	-1	0	+2	+5	+13	+22	0	-14	-13	-11	-8	0	+9	-17	-28	-27	-25	-22	-14	-5	0					
>100 a 120	+410	+240	+180		+190	+110		+56		+17	0	+25	+36	+55	0	0	+3	+5	+15	+25	0	-16	-16	-13	-9	0	+9	-20	-30	-30	-27	-25	-14	-5	0					
>120 a 140	+460	+260	+200		+210	+125		+62		+18	0	+28	+39	+60	0	+1	+3	+7	+17	+28	0	-17	-16	-14	-10	0	+11	-21	-33	-32	-30	-26	-16	-5	0					
>140 a 160	+520	+280	+220		+230	+135		+68		+20	0	+30	+43	+66	0	0	+2	+8	+18	+29	0	-18	-18	-16	-10	0	+11	-23	-35	-35	-33	-27	-17	-6	0					
>160 a 180	+580	+310	+230		+260	+145		+76		+22	0											-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26					
>180 a 200	+630	+340	+240		+290	+160		+80		+24	0											-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30					
>200 a 250	+700	+380	+260		+320	+170		+86		+26	0											-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34					
>250 a 300	+780	+430	+290		+350	+195		+98		+28	0											-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40					
>300 a 350	+860	+490	+330		+390	+220		+110		+30	0											-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48					
>350 a 400	+950	+560	+380		+430	+240		+120		+32	0											-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-58					
>400 a 450	+1050	+630	+440		+480	+260		+130		+34	0											-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68					
>450 a 500	+1150	+710	+500		+520	+290		+145		+36	0											-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76					

† Las desviaciones fundamentales A y B no deben utilizarse para ninguno de los grados de tolerancia normalizados en las medidas nominales inferiores o iguales a 1 mm.

\*\* Las desviaciones fundamentales intermedias CD, EF y FG están previstas principalmente para la mecánica de precisión y relojería.

**Anexo no. 4. Ajustes principales o preferentes.**

Ajustes principales o preferentes Con preferencia usar los subrayados				Carácter. externas (posición)	Características internas (posición y calidad)					
					H6	H7	H8	H9	H11	D10
<b>Ajustes con juego u holgados o Móvil</b>	Juego grande	Ensamblés cuyo funcionamiento requiere		c				9	11	
				d		9	10	9	11	
	Juego mediano	Piezas que giran o deslizan, pero con una buena lubricación		e		7-8	8-9	9	11	
				f	6	6-7	7-8			
	Juego pequeño	Piezas con guía exacta y movimientos de pequeña amplitud		g	5	6				
<b>Ajuste Exacto ó</b>				h	5	6	7-8-9	8	11	
<b>Ajustes Interferencia ó finos</b>	Interferencia pequeña	El ensamble se puede hacer a mano, pero golpeando. La unión no puede transmitir esfuerzos. Se puede montar y desmontar	Ensamble a mano	js	5	6				
				k	5	6				
	Interferencia mediana	Se puede montar y desmontar	Ensamble a mano, auxiliándose de un mazo	m	5	6				
				n	5	6				
				p		6				
	Interferencia grande	Imposible desmontar sin deterioro. La unión transmite esfuerzos.	Ensamble a prensa	r		6				
				s		6	7			
				u			7			
		Ensamble a prensa o por dilatación (verificar los esfuerzos internos)	x			7				
			z			7				

Anexo no. 5. Combinación de ajustes de acuerdo al desempeño del acoplamiento.

SÍMBOLO ISO		DESCRIPCIÓN**	APLICACIONES	
Agujero base	Eje base			
Ajustes con juego o móviles	H11/c11	C11/h11	Movimiento grande, amplio: ajuste para tolerancias comerciales amplias o para elementos exteriores.	Más juego
	H9/d9	D9/h9	Movimiento libre: no debe emplearse cuando la precisión sea algo esencial. Es adecuado para grandes variaciones de temperatura, velocidades de giro elevadas, o presiones elevadas en la pieza macho.	
	H8/f7	F8/h7	Movimiento limitado: para máquinas de precisión y para posicionamiento preciso en caso de velocidades moderadas y presión en la pieza macho.	
	H7/g5	G7/h5	Ajuste deslizante: cuando no se pretende que las piezas se muevan libremente, una respecto a la otra, pero pueden girar entre sí y colocarse con precisión.	
	H7/h6	H7/h6	Posicionamiento con juego: proporciona cierto apriete. Es adecuado para posicionar piezas estacionarias, pero pueden montarse y desmontarse fácilmente.	
A. de transición	H7/k6	K7/h6	Posicionamiento de transición o ajuste intermedio: posicionamiento de precisión, es un compromiso entre el juego y la interferencia.	Más interferencia
	H7/h6	N7/h6	Posicionamiento de transición o ajuste intermedio: posicionamiento más preciso en el que se requiere y admite una interferencia mayor.	
Ajustes con interferencia	H7/p6*	P7/h6	Posicionamiento con interferencia: para piezas que requieran rigidez y alineación muy precisas pero sin requisitos especiales de presión en el agujero.	Más interferencia
	H7/s6	S7/h6	Sin movimiento o fijo: para piezas de acero normales o ajustes forzados en secciones pequeñas. Es el ajuste más apretado admisible en piezas de fundición.	
	H7/u6	U7/h6	Forzado: para piezas que van a funcionar muy cargadas, para ajustes forzados en los que las fuerzas de apriete requeridas no son factibles en la práctica.	

\* Ajuste de transición para tamaños básicos comprendidos entre 0 y 3 mm.

\*\* Tomada de Mitutoyo, Mídrenes y Tolerancias. Impreso por Equinos y Controles Industriales (eci), Bogotá D.C..

**Anexo no. 6. Selección de herramientas dispositivos y métodos de sujeción por pieza**

PIEZA	OPERACIÓN	HERRAMIENTAS	MÉTODO SUJECIÓN	DISPOSITIVOS
<b>Cilindro</b>	Mandrinar	Barra de Mandrinar Cuch. 90°der. BK8	Plato 4 muelas Pernos de fijación	Mandril para maquinado
	Bruñido	Listones abrasivos	Pernos y bridas	Dispositivo de bruñir
	Refrentar	Cuch. 45° BK8	Pernos y bridas	
	Fresar	Fresa de vástago P30	Pernos, bridas, bloques escalonados, gatos de nivelación.	
	Biselar	Barra de Mandrinar Cuch. Para biselar 20° BK8		

**Anexo no. 7. Selección de herramientas dispositivos y métodos de sujeción por pieza**

PIEZA	OPERACIÓN	HERRAMIENTAS	MÉTODO SUJECIÓN	DISPOSITIVOS
<b>Camisa</b>	Cilindrar	Cuch. 90° BK8	Entre puntos	Mandril para maquinado
	Ranurar	Cuch. Ranurar BK8	Entre puntos	Mandril para maquinado
	Ranurar interior	Barra de Mandrinar y cuch. Ranurar BK8	Entre plato y Luneta fija	
	Refrentar	Cuch. 45° BK8	Entre plato y Luneta	
	Mandrinar	Barra de Mandrinar Cuch. 90° BK8	Entre plato y Luneta	
	Biselar	Cuch. 45° BK8	Entre plato y Luneta	
	Biselar	Cuch. 20° BK8	Entre plato y Luneta	
	Rectificar	Muela Abrasiva	Entre puntos, perro de arrastre	Mandril para maquinado

**Anexo no. 8. Selección de herramientas dispositivos y métodos de sujeción por pieza**

PIEZA	OPERACIÓN	HERRAMIENTAS	MÉTODO SUJECIÓN	DISPOSITIVOS
Buje de biela	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)	Plato universal	
	Avellanar	Centro avellanador # 7	Mazorca	
	Barrenar	Barrenas Ø50, Ø75 H1 (DIN)	Morse 5 y adaptadores	
	Mandrinar	Barra de Mandrinar 90° H1 (DIN)		
	Cilindrar	Cuch. 90° H1 (DIN)	Punto de centrar tubos	
	Biselar	Cuch. 45° H1 (DIN)		
	Ranurar	Cuch. de ranurar H1 (DIN)		
	Fresar	Fresa de vástago Ø 10 H1 (DIN)	Árbol porta fresa corto y Boquilla de sujeción	Cabezal divisor
	Barrenar	Barrena Ø5 H1 (DIN)	Boquilla de sujeción	Cabezal divisor
	Fresar	Fresa de disco con mango Ø 30 H1 (DIN)	Boquilla de sujeción	Cabezal divisor
	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)	Plato universal	
	Avellanar	Centro avellanador # 7	Mazorca	
	Barrenar	Barrenas Ø50, Ø75	Morse 5 y adaptadores	

**Anexo no. 9. Selección de herramientas dispositivos y métodos de sujeción por pieza**

PIEZA	OPERACIÓN	HERRAMIENTAS	MÉTODO SUJECIÓN	DISPOSITIVOS
Anillo Tangencial	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)	Plato universal	
	Cilindrar	Cuch. 90° H1 (DIN)		
	Mandrinar	Barra de Mandrinar 90° H1 (DIN)		
	Radio exterior	Cuch. Para radios 2.75 H1 (DIN)		
	Tronzar	Cuch. Trozar H1 (DIN)		
	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)		Mandril
	Mortajar	Cuch. De mortajado 4mm H1 (DIN)		Mandril
	Barrenar	Barrena Ø3 y Ø4	Cabezal divisor	Mandril
	Fresar	Fresa de disco ancho 0.8 H1 (DIN)	Cabezal divisor	Mandril
	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)	Plato universal	

**Anexo no. 10. Selección de herramientas dispositivos y métodos de sujeción por pieza**

PIEZA	OPERACIÓN	HERRAMIENTAS	MÉTODO SUJECIÓN	DISPOSITIVOS
Anillo Radial	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)	Plato universal	
	Cilindrar	Cuch. 90° H1 (DIN)		
	Mandrinar	Barra de Mandrinar 90° H1 (DIN)		
	Radio exterior	Cuch. Para radios 2.75 H1 (DIN)		
	Tronzar	Cuch. Trozar H1 (DIN)		
	Refrentar	Cuch. 45° H2 (DIN)	Plato universal	Mandril
	Barrenar	Barrena Ø4.5 H1 (DIN)	Cabezal divisor	Mandril
	Fresar	Fresa de disco ancho 4 H1 (DIN)	Cabezal divisor	Mandril

**Anexo no. 11. Selección de herramientas dispositivos y métodos de sujeción para la fabricación del aro de compresión**

PIEZA	OPERACIÓN	HERRAMIENTAS	MÉTODO SUJECIÓN	DISPOSITIVOS
Aro de compresión	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)	Plato universal	Mandril
	Mandrinar	Barra de Mandrinar 90° H1 (DIN)		
	Cilindrar	Cuch. 90° H1 (DIN)	Plato universal	Mandril
	Biselar	Cuch. 45° H1 (DIN)		
	Tronzar	Cuch. Trozar H1 (DIN)		
	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)		
	Cilindrar	Cuch. 90° H1 (DIN)		

**Anexo no. 12. Selección de herramientas dispositivos y métodos de sujeción para la fabricación del bulón.**

PIEZA	OPERACION	HERRAMIENTAS	METODO SUJECION	DISPOSITIVOS	
Bulón	Refrentar	Cuch. 45° S2 (DIN)	Plato universal		
	Avellanar	Avellanador #7 H1 (DIN)		Mazorca	
	Barrenar	Barrenas Ø20 y Ø35 H1 (DIN)		Juego de casquillos morse.	
	Mandrinar	Barra de Mandrinar 90° S2 (DIN)			
	Cilindrar	Cuch. 90° S2 (DIN)			
	Refrentar	Cuch. 45° S2 (DIN)			
	Avellanar	Avellanador #7 H1 (DIN)		Mazorca	
	Barrenar	Barrenas Ø20 y Ø35 H1 (DIN)		Juego de casquillos morse.	
	Cilindrar	Cuch. 90° S2 (DIN)			
	Ranurar	Cuch. de ranurar H1 (DIN)			
	Mandrinar	Barra de Mandrinar 90° S2 (DIN)			
	Rimar	Rima graduable			
	Refrentar	Cuch. 45° S2 (DIN)			
	Avellanar	Avellanador #1 H1 (DIN)		Cabezal divisor, Contra punta Mandril	Mazorca
	Barrenar	Barrena Ø8 H1 (DIN)			
Avellanar	Avellanador #1 H1 (DIN)				
Barrenar	Barrena Ø6 H1 (DIN)				
Avellanar	Avellanador #3 H1 (DIN)				

Continuación de la tabla anterior

<b>Bulón</b>	Barrenar	Barrena Ø14 H1 (DIN)	Cabezal divisor, Contra punta Mandril	Mazorca
	Roscar	Juego de macho M16x2		Bandeador para machos
	Refrentar	Cuch. 45° S2 (DIN)	Plato universal	
	Avellanar	Avellanador #7 H1 (DIN)	Cabezal divisor, Contra punta Mandril	Mazorca
	Barrenar	Barrenas Ø20 y Ø35 H1 (DIN)		Juego de casquillos morse.
	Mandrinar	Barra de Mandrinar 90° S2 (DIN)	Plato universal	
	Cilindrar	Cuch. 90° S2 (DIN)		

**Anexo no. 13. Selección de herramientas dispositivos y métodos de sujeción para la fabricación del aro guía**

PIEZA	OPERACIÓN	HERRAMIENTAS	METODO SUJECIÓN	DISPOSITIVOS
<b>Aro guía</b>	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)	Plato universal	Mandril
	Cilindrar	Cuch. 90° H1 (DIN)		
	Mandrinar	Barra de Mandrinar 90° H1 (DIN)		
	Biselar	Cuch. 45° H1 (DIN)		
	Tronzar	Cuch. Trozar H1 (DIN)		
	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)	Plato universal	Mandril
	Biselar	Cuch. 45° H1 (DIN)	Plato universal	Mandril
	Fresar	Fresa de vástago H1 (DIN)	Cabezal divisor	Mandril
	Barrenar	H1 (DIN)	Cabezal divisor	Mandril

#### Anexo no. 14. Selección de métodos procesos y materiales

Pieza	Método de ejecución	Proceso de elaboración	Material
Cilindro	Recuperación por encamisado.	Por arranque de viruta.	CL-30 Fundición Gris
Camisa	Fabricación	Por arranque de viruta.	CL-30 Fundición Gris
Aros de compresión	Fabricación	Por arranque de viruta.	Fluvis -20
Aros guías	Fabricación	Por arranque de viruta.	Fluvis -20
Anillo protector	Fabricación	Por arranque de viruta.	Fluvis -20
Anillo corte tangencial	Fabricación	Por arranque de viruta.	Fluvis -20
Anillo corte radial	Fabricación	Por arranque de viruta.	Fluvis -20
Bulón	Rectificación	Por arranque de viruta.	Ac40X
Bulón	Fabricación	Por arranque de viruta.	Ac40X
Buje de Biela	Fabricación	Por arranque de viruta.	BpO5L5C5 Bronce al Estaño
Sustitución del buje en la biela	Recuperación	Por arranque de viruta.	

PIEZA	OPERACION	HERRAMIENTAS	METODO SUJECION	DISPOSITIVOS
Bulón	Refrentar	Cuch. 45° S2 (DIN)	Plato universal	
	Avellanar	Avellanador #7 H1 (DIN)		Mazorca
	Barrenar	Barrenas Ø20 y Ø35 H1 (DIN)		Juego de casquillos morse
	Mandrinar	Barra de Mandrinar 90° S2 (DIN)		
	Cilindrar	Cuch. 90° S2 (DIN)		
	Refrentar	Cuch. 45° S2 (DIN)		
	Avellanar	Avellanador #7 H1 (DIN)	Plato universal	Mazorca
	Barrenar	Barrenas Ø20 y Ø35 H1 (DIN)		Juego de casquillos morse.
	Cilindrar	Cuch. 90° S2 (DIN)		
	Ranurar	Cuch. de ranurar H1 (DIN)		
	Mandrinar	Barra de Mandrinar 90° S2 (DIN)		
	Rimar	Rima graduable		
	Refrentar	Cuch. 45° S2 (DIN)		
	Avellanar	Avellanador #1 H1 (DIN)	Cabezal divisor, Contra punta Mandril	Mazorca
	Barrenar	Barrena Ø8 H1 (DIN)		
Avellanar	Avellanador #1 H1 (DIN)			
Barrenar	Barrena Ø8 H1 (DIN)			
Avellanar	Avellanador #3 H1 (DIN)			

PIEZA	OPERACION	HERRAMIENTAS	METODO SUJECION	DISPOSITIVOS
Anillo Tangencial	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)	Plato universal	
	Cilindrar	Cuch. 90° H1 (DIN)		
	Mandrinar	Barra de Mandrinar 90° H1 (DIN)		
	Radio exterior	Cuch. Para radios 2.75 H1 (DIN)		
	Tronzar	Cuch. Trozar H1 (DIN)		
	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)		Mandril
	Mortajar	Cuch. De mortajado 4mm H1 (DIN)	Mandril	
	Barrenar	Barrena Ø3 y Ø4	Cabezal divisor	Mandril
	Fresar	Fresa de disco ancho 0.8 H1 (DIN)	Cabezal divisor	Mandril
	Refrentar	Cuch. 45° H1 (DIN)	Plato universal	

Anexo no. 15. Selección de máquinas herramientas empleadas para cada pieza.

<b>Pieza</b>	<b>Máquina</b>	<b>Modelo</b>
<b>Cilindro</b>	Mandrinadora vertical	1512
	Mandrinadora horizontal	2622B
	Bruñidor portátil	
<b>Camisa</b>	Torno paralelo	1M63
	Rectificadora cilíndrica	3Y142
	Bruñidor portátil	
<b>Aro de compresión</b>	Torno paralelo	16K20
<b>Aro guía</b>	Torno paralelo	16K20
	Fresadora vertical	6Г12
<b>Anillo protector</b>	Torno paralelo	16K20
<b>Anillo corte radial</b>	Torno paralelo	16K20
	Fresadora vertical	6Г12
<b>Anillo de corte tangencial</b>	Torno paralelo	16K20
	Fresadora vertical	6Г12
<b>Biela</b>	Mandrinadora	2622B
<b>Buje</b>	Torno paralelo	16K20
	Fresadora vertical	6Г12
	Mandrinadora	2622B
<b>Bulón</b>	Torno paralelo	1M63
	Fresadora vertical	6Г12
	Rectificadora cilíndrica	3Y142

Anexo no. 16. Selección de parámetros para régimen de corte y herramientas de corte para materiales de baja resistencia, grupo 1.

**Material a trabajar materiales de BAJA resistencia — Grupo 1**  
**(R max = 10 Kg/mm<sup>2</sup>) Por ejemplo: Asbesto, Baquelita, Cemento, Granito, Plásticos, Goma dura, Fibra Vulcan**

Cortes ligeros (avance hasta 0,25 mm/vuelta; Profundidad de corte máx. 3 mm)			
Este trabajo da lugar a: MUY POCO DESARROLLO DE CALOR Y MUY Poca PRESION EN LA ARISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN FRIO.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1. <sup>a</sup> elección	2. <sup>a</sup> elección	3. <sup>a</sup> elección
1. <sup>a</sup> Corte continuo	Carbono T (D)	Carbono T (D)	Ac. Rép. N (D)
2. <sup>a</sup> Profundidad mayor que 3 mm.	Carbono T (D)	Ac. Rép. N (D)	Ac. Rép. Co (D)
3. <sup>a</sup> Corte interrump.	Carbono T (D)	Ac. Rép. N (D)	Ac. Rép. Co (D)
Cortes medios (avance de 0,25 a 0,75 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 4 mm)			
Este trabajo da lugar a: POCO DESPRENDIMIENTO DE CALOR Y Poca PRESION EN LA ARISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN FRIO.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1. <sup>a</sup> elección	2. <sup>a</sup> elección	3. <sup>a</sup> elección
1. <sup>a</sup> Corte continuo	Carbono T (D)	Ac. rép. N. (D)	Ac. rép. Co. (D)
2. <sup>a</sup> Profundidad mayor que 6 mm.	Carbono T (D)	Ac. rép. N. (D)	Ac. rép. Co. (D)
3. <sup>a</sup> Corte interrump.	Carbono T (SD)	Ac. rép. N. (D)	Ac. rép. Co. (D)
Cortes fuertes (avance de 0,75 a 1,20 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 12 mm)			
Este trabajo da lugar a: ALCUN DESPRENDIMIENTO DE CALOR Y ALCUNA PRESION SOBRE LA ARISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN FRIO Y ALGO MAS TENAZ QUE EN LOS CASOS ANTERIORES.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1. <sup>a</sup> elección	2. <sup>a</sup> elección	3. <sup>a</sup> elección
1. <sup>a</sup> Corte continuo	Carbono T (SD)	Ac. rép. N. (D)	Ac. rép. Co. (D)
2. <sup>a</sup> Profundidad mayor que 12 mm.	Carbono T (SD)	Ac. rép. N. (D)	Ac. rép. Co. (D)
3. <sup>a</sup> Corte interrump.	Carbono T. (SD)	Ac. rép. N. (SD)	Ac. rép. Co. (SD)
Cortes muy fuertes (avance mayor que 1,20 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 18 mm)			
Este trabajo da lugar a: Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN CALIENTE Y TENACIDAD BASTANTE BUENA.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1. <sup>a</sup> elección	2. <sup>a</sup> elección	3. <sup>a</sup> elección
1. <sup>a</sup> Corte continuo	Carbono T. (B)	Al. fundida	Ac. rép. al Co (D)
2. <sup>a</sup> Profundidad mayor que 18 mm.	Al. fundida	Ac. rép. al Co. (D)	Carbono T. (B)
3. <sup>a</sup> Corte interrump.	Al. fundida	Ac. rép. al Co. (SD)	Ac. Rép. N. (SD)

Anexo no. 17. Selección de parámetros y herramientas de corte para materiales de elevada resistencia, grupo 1.

**Material a trabajar: Materiales de ELEVADA resistencia — Grupo 1**  
**(R: 30-40 Kg/mm<sup>2</sup>)** Por ejemplo: Aluminio duro, Bronce fosforoso, Fundición aleada dura; Fundición con más 25 % de acero, Hierro maleable, Acero al carbono con 0.10 % de C (fundido, fosforado o laminado)

Cortes ligeros (Avance hasta 0,25 mm/vuelta prof. corte máx. 3 mm)			
Este trabajo da lugar a: BASTANTE DESPRENDIMIENTO DE CALOR, POCO PRESION EN LA ARISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN FRIO Y BASTANTE DUREZA EN CALIENTE.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Carburo T (D)	Al. fund.	Ac. Rép. al Co (D)
2.º Profundidad mayor que 3 mm.	Carburo T (SD)	Al. fund.	Ac. Rép. al Co (D)
3.º Corte interomp.	Carburo T. (SD)	Al. fund.	Ac. Rép. al Co (D)
Cortes medios (Avance de 0,25 a 0,75 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 6 mm)			
Este trabajo da lugar a: GRAN DESPRENDIMIENTO DE CALOR Y BASTANTE PRESION SOBRE LA ARISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN CALIENTE Y BASTANTE TENACIDAD.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Carburo T (D)	Al. fund.	Ac. rép. al Co (SD)
2.º Profundidad mayor que 6 mm.	Al. fund.	Ac. rép. al Co (D)	Ac. rép. al Co (SD)
3.º Corte interomp.	Ac. rép. al Co (SD)	Ac. rép. al Co (D)	Ac. rép. N1. (SD)
Cortes fuertes (Avance de 0,75 a 1,50 mm/vuelta; profundidad corte máx. 12 mm)			
Este trabajo da lugar a: GRAN DESPRENDIMIENTO DE CALOR Y GRAN PRESION SOBRE LA ARISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN CALIENTE Y BASTANTE TENACIDAD.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Carburo T (D)	Al. fund.	Ac. rép. al Co (SD)
2.º Profundidad mayor que 12 mm.	Al. fund.	Ac. rép. al Co (SD)	Ac. rép. N1 (SD)
3.º Corte interomp.	Ac. rép. al Co (SD)	Ac. rép. N1 (SD)	Ac. rép. NL (D)
Cortes muy fuertes (Avance mayor que 1,50 mm/vuelta; profundidad corte máx. 18 mm)			
Este trabajo da lugar a: Calidad más importante del material de la herramienta: GRAN TENACIDAD Y DUREZA EN CALIENTE.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Ac. rép. al Co (SD)	Al. fund.	Carburo T (D)
2.º Profundidad mayor que 18 mm.	Ac. rép. al Co (D)	Ac. rép. N1 (S)	Al. fund.
3.º Corte interomp.	Ac. rép. normal (SD)	Ac. rép. NL (D)	Ac. rép. al Co (D)

**Anexo no. 18. Selección de parámetros y herramientas de corte para materiales de elevada resistencia, grupo 4.**

**Material a trabajar: Materiales de ELEVADA resistencia — Grupo 4 (R > 75 Kg/mm<sup>2</sup>) Por ejemplo: Aceros aleados fundidos, Aceros estampados o laminados en caliente, Aceros inoxidables**

Cortes ligeros (avance hasta 0,25 mm/Vuelta; Profundidad de corte máx. 3 mm)			
Este trabajo da lugar a: ELEVADÍSIMA GENERACION DE CALOR, ELEVADA PRESION EN LA ARISTA DE CORTE.			
Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN CALIENTE Y BUENA TENACIDAD ESPECIALMENTE EN CORTES PROFUNDOS O INTERUMPIDOS.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Carburo C (SD)	Al fundida	Ac. ríp. al Co (SD)
2.º Profundidad mayor que 3 mm.	Carburo C (B)	Ac. ríp. al Co. (SD)	Ac. ríp. normal (SD)
3.º Corte interrump.	Ac. ríp. al Co (SD)	Ac. ríp. normal (SD)	Aleación fundida
Cortes medios (avance de 0,25 a 0,75 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 6 mm)			
Este trabajo da lugar a: ELEVADÍSIMA PRESION EN LA ARISTA DE CORTE. ELEVADÍSIMA GENERACION DE CALOR.			
Calidad más importante del material de la herramienta: TENACIDAD Y ELEVADA DUREZA EN CALIENTE.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Carburo C (D)	Ac. ríp. normal (SD)	Al fund.
2.º Profundidad mayor que 6 mm.	Ac. ríp. al Co (SD)	Ac. ríp. normal (SD)	Al fund.
3.º Corte interrump.	Ac. ríp. al Co (B)	Ac. ríp. normal (SD)	Al fund.
Cortes fuertes (avance de 0,75 a 1,50 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 12 mm)			
Este trabajo da lugar a: ELEVADÍSIMA PRESION EN LA ARISTA DE CORTE. MUY ELEVADA GENERACION DE CALOR.			
Calidad más importante del material de la herramienta: TENACIDAD Y MUY BUENA DUREZA EN CALIENTE.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Ac. ríp. al Co (B)	Ac. ríp. normal (SD)	Al fundida
2.º Profundidad mayor de 12 mm.	Ac. ríp. normal (SD)	Ac. ríp. al Co (B)	Al fundida
3.º Corte interrump.	Ac. ríp. normal (B)	Ac. ríp. al Co (B)	Al fundida
Cortes muy fuertes (avance mayor de 1,50 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 18 mm)			
Este trabajo da lugar a:			
Calidad más importante del material de la herramienta: ELEVADÍSIMA TENACIDAD.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo			
2.º Profundidad mayor que 18 mm.	Ac. ríp. normal	Ac. rípido al Co.	
3.º Corte interrump.			

Anexo no. 19. Selección de parámetros y herramientas de corte para materiales de elevada resistencia, grupo 1.

**Material a trabajar: Materiales de ELEVADA resistencia — Grupo 1**  
**(R: 30-40 Kg/mm<sup>2</sup>)** Por ejemplo: Aluminio duro, Bronce fosforoso, Fundición aleada dura; Fundición con más 25 % de acero, Hierro maleable, Acero al carbono con 0.10 % de C (fundido, fosforado o laminado)

Cortes ligeros (Avance hasta 0,25 mm/vuelta prof. corte máx. 3 mm)			
Este trabajo da lugar a: BASTANTE DESPRENDIMIENTO DE CALOR, POCO PRESION EN LA ARISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN FRIO Y BASTANTE DUREZA EN CALIENTE.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.ª Corte continuo	Carburo T (D)	Al. fund.	Ac. Rép. al Co (D)
2.ª Profundidad mayor que 3 mm.	Carburo T (SD)	Al. fund.	Ac. Rép. al Co (D)
3.ª Corte interomp.	Carburo T. (SD)	Al. fund.	Ac. Rép. al Co (D)
Cortes medios (Avance de 0,25 a 0,75 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 6 mm)			
Este trabajo da lugar a: GRAN DESPRENDIMIENTO DE CALOR Y BASTANTE PRESION SOBRE LA ARISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN CALIENTE Y BASTANTE TENACIDAD.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.ª Corte continuo	Carburo T (D)	Al. fund.	Ac. rép. al Co (SD)
2.ª Profundidad mayor que 6 mm.	Al. fund.	Ac. rép. al Co (D)	Ac. rép. al Co (SD)
3.ª Corte interomp.	Ac. rép. al Co (SD)	Ac. rép. al Co (D)	Ac. rép. N1. (SD)
Cortes fuertes (Avance de 0,75 a 1,50 mm/vuelta; profundidad corte máx. 12 mm)			
Este trabajo da lugar a: GRAN DESPRENDIMIENTO DE CALOR Y GRAN PRESION SOBRE LA ARISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN CALIENTE Y BASTANTE TENACIDAD.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.ª Corte continuo	Carburo T (D)	Al. fund.	Ac. rép. al Co (SD)
2.ª Profundidad mayor que 12 mm.	Al. fund.	Ac. rép. al Co (SD)	Ac. rép. N1 (SD)
3.ª Corte interomp.	Ac. rép. al Co (SD)	Ac. rép. N1 (SD)	Ac. rép. NL (D)
Cortes muy fuertes (Avance mayor que 1,50 mm/vuelta; profundidad corte máx. 18 mm)			
Este trabajo da lugar a: Calidad más importante del material de la herramienta: GRAN TENACIDAD Y DUREZA EN CALIENTE.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.ª Corte continuo	Ac. rép. al Co (SD)	Al. fund.	Carburo T (D)
2.ª Profundidad mayor que 18 mm.	Ac. rép. al Co (D)	Ac. rép. N1 (S)	Al. fund.
3.ª Corte interomp.	Ac. rép. normal (SD)	Ac. rép. NL (D)	Ac. rép. al Co (D)

Anexo no. 20. Selección de parámetros y herramientas de corte para

materiales de baja resistencia, grupo 3.

**Material a trabajar: Materiales de BAJA resistencia — Grupo 3 (R: 18-30 Kg/mm<sup>2</sup>)** Por ejemplo: Cobre laminado o estampado, Aluminio duro, fundición o Estampados de latón y Bronce duraluminio, Magnesio, Fundición dura, Fundición aleada (hasta 25 % Ac)

Cortes ligeros (Avance hasta 0,25 mm/Vuelta; profundidad de corte máx. 3 mm)				
Este trabajo da lugar a: BASTANTE DESARROLLO DE CALOR, RELATIVAMENTE Poca PRESION EN LA ABISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN FRIJO Y BASTANTE DUREZA EN CALIENTE.				
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta			
	1.ª elección		2.ª elección	
1.ª Corte continuo	Carburo T (D)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)	
2.ª Profundidad mayor que 3 mm.	Carburo T (D)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)	
3.ª Corte interrump.	Carburo T (D)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)	
Cortes medios (Avance de 0,25 a 0,75 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 6 mm)				
Este trabajo da lugar a: BASTANTE DESARROLLO DE CALOR Y Poca PRESION EN LA ABISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN FRIJO Y BASTANTE DUREZA EN CALIENTE.				
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta			
	1.ª elección		2.ª elección	
1.ª Corte continuo	Carburo t (SD)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)	
2.ª Profundidad mayor que 6 mm.	Carburo t (SD)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)	
3.ª Corte interrump.	Carburo t (SD)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)	
Cortes pesados (Avance de 0,75 a 1,50 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 12 mm)				
Este trabajo da lugar a: MUCHO DESARROLLO DE CALOR Y BASTANTE PRESION EN LA ABISTA. Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN CALIENTE Y BASTANTE TENACIDAD.				
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta			
	1.ª elección		2.ª elección	
1.ª Corte continuo	Carburo t (SD)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)	
2.ª Profundidad mayor que 12 mm.	Carburo t (D)	Ac. ríg. N (SD)	Ac. ríg. al Co (SD)	
3.ª Corte interrump.	Carburo t (D)	Ac. ríg. N (SD)	Ac. ríg. al Co (SD)	
Cortes muy fuertes (Avance mayor que 1,50 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 18 mm)				
Este trabajo da lugar a: Calidad más importante del material de la herramienta: BUENA TENACIDAD JUNTO A				

Anexo no. 21. Selección de parametros y herramientas de corte para

materiales de elevada resistencia, grupo 4.

**Material a trabajar: Materiales de ELEVADA resistencia — Grupo 4**  
**(R > 75 Kg/mm<sup>2</sup>)** Por ejemplo: Aceros aleados fundidos, Aceros estampados o laminados en caliente, Aceros inoxidables

Cortes ligeros (avance hasta 0,25 mm/Vuelta; Profundidad de corte máx. 3 mm)			
Este trabajo da lugar a: ELEVADISIMA GENERACION DE CALOR. ELEVADA PRESION EN LA ARISTA DE CORTE.			
Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN CALIENTE Y BUENA TENACIDAD ESPECIALMENTE EN CORTES PROFUNDOS O INTERUMPIDOS.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Carburo C (SD)	Al fundida	Ac. ríp. al Co (SD)
2.º Profundidad mayor que 3 mm.	Carburo C (R)	Ac. ríp. al Co. (SD)	Ac. ríp. normal (SD)
3.º Corte interrump.	Ac. ríp. al Co (SD)	Ac. ríp. normal (SD)	Aleación fundida
Cortes medios (avance de 0,25 a 0,75 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 6 mm)			
Este trabajo da lugar a: ELEVADISIMA PRESION EN LA ARISTA DE CORTE. ELEVADISIMA GENERACION DE CALOR.			
Calidad más importante del material de la herramienta: TENACIDAD Y ELEVADA DUREZA EN CALIENTE.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Carburo C (D)	Ac. ríp. normal (SD)	Al fund.
2.º Profundidad mayor que 6 mm.	Ac. ríp. al Co (SD)	Ac. ríp. normal (SD)	Al fund.
3.º Corte interrump.	Ac. ríp. al Co (R)	Ac. ríp. normal (SD)	Al fund.
Cortes fuertes (avance de 0,75 a 1,50 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 12 mm)			
Este trabajo da lugar a: ELEVADISIMA PRESION EN LA ARISTA DE CORTE. MUY ELEVADA GENERACION DE CALOR.			
Calidad más importante del material de la herramienta: TENACIDAD Y MUY BUENA DUREZA EN CALIENTE.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Ac. ríp. al Co (R)	Ac. ríp. normal (SD)	Al fundida
2.º Profundidad mayor de 12 mm.	Ac. ríp. normal (SD)	Ac. ríp. al Co (R)	Al fundida
3.º Corte interrump.	Ac. ríp. normal (R)	Ac. ríp. al Co (R)	Al fundida
Cortes muy fuertes (avance mayor de 1,50 mm/vuelta; profundidad de corte máx. 18 mm)			
Este trabajo da lugar a:			
Calidad más importante del material de la herramienta: ELEVADISIMA TENACIDAD.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo			
2.º Profundidad mayor que 18 mm.	Ac. ríp. normal	Ac. rípido al Co.	
3.º Corte interrump.			

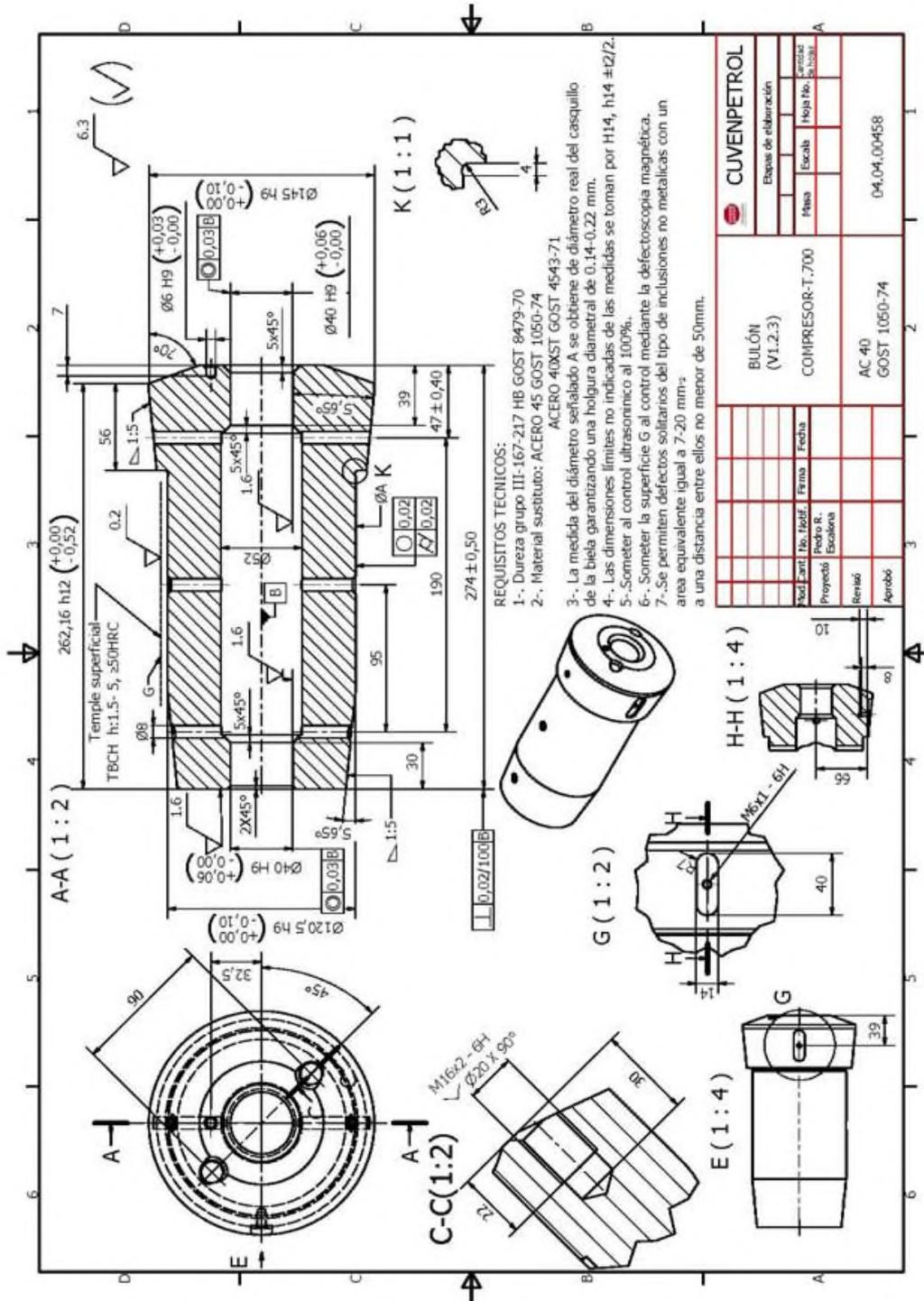
Anexo no. 22. Selección de parametros y herramientas de corte para

materiales de baja resistencia, grupo 2.

**Material a trabajar: Materiales de BAJA resistencia — Grupo 2  
(R: 10-18 Kg/mm<sup>2</sup>) Por ejemplo: Aluminio, Latón, Bronce, Cobre,  
Fundición blanda y semi-dura**

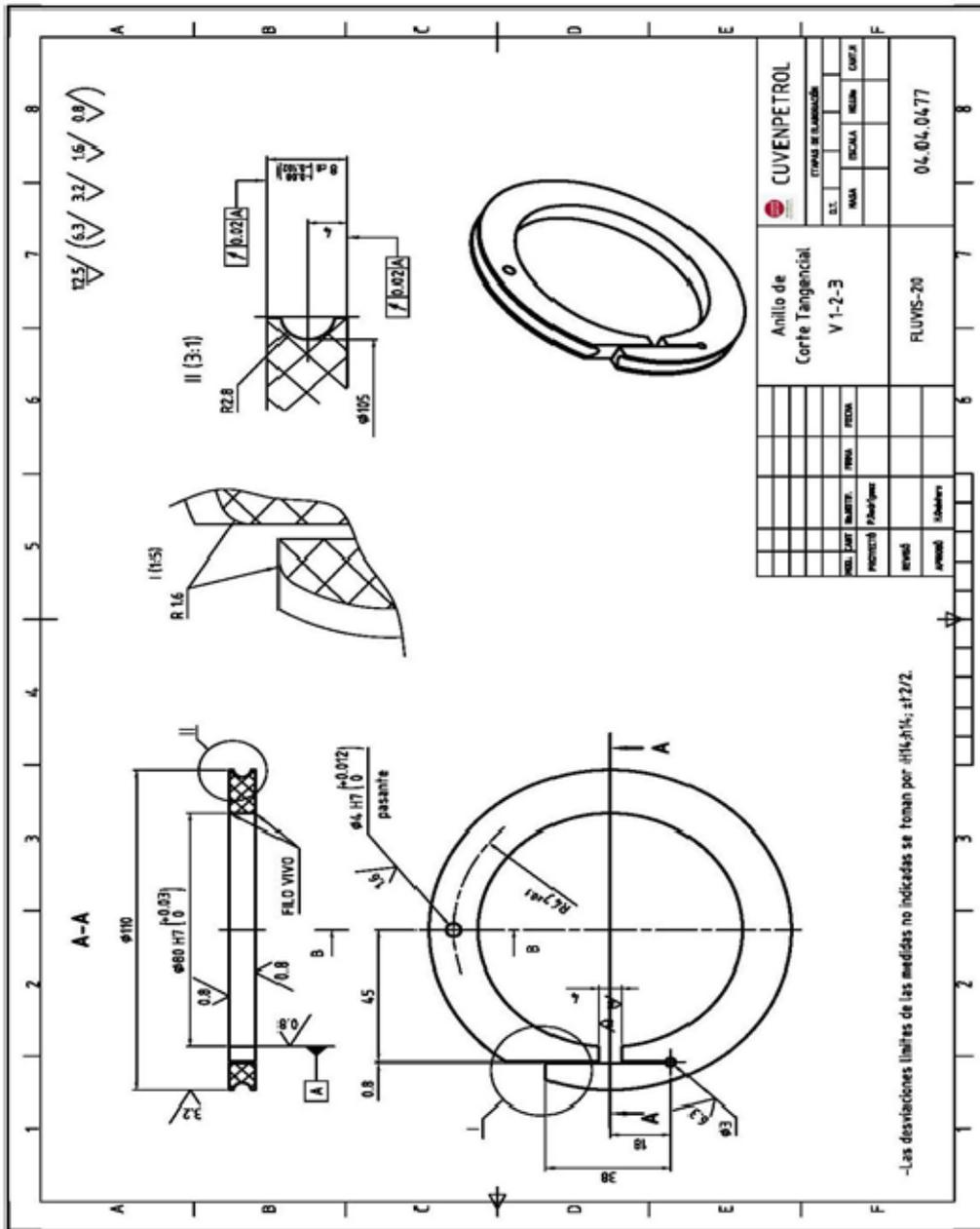
Cortes ligeros (avance hasta 0,25 mm/vuelta; profundidad corte máx. 3 mm)			
Este trabajo da lugar a: POCO DESARROLLO DE CALOR Y POCAS PRESIONES EN LA ARISTA			
Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN FRÍO.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Carburo T (D)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)
2.º Profundidad mayor que 3 mm.	Carburo T (D)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)
3.º Corte interrump.	Carburo T (D)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)
Cortes medios (avance de 0,25 a 0,75 mm/vuelta; profundidad corte máx. 6 mm)			
Este trabajo da lugar a: RELATIVAMENTE POCO DESARROLLO DE CALOR Y ALGUNA PRESIÓN EN LA ARISTA			
Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN FRÍO (ALGO MÁS TENAZ QUE EN EL CASO ANTERIOR)			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Carburo T (SD)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)
2.º Profundidad mayor que 6 mm.	Carburo T (SD)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)
3.º Corte interrump.	Carburo T (SD)	Ac. ríg. N (D)	Ac. ríg. al Co (D)
Cortes fuertes (avance de 0,75 a 1,50 mm/vuelta; profundidad corte máx. 12 mm)			
Este trabajo da lugar a: UN MODERADO DESARROLLO DE CALOR Y BASTANTE PRESIÓN SOBRE LA ARISTA.			
Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN FRÍO Y BASTANTE TENACIDAD.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Carburo T. (SD)	Ac. ríg. N. (D)	Ac. ríg. al Co. (D)
2.º Profundidad mayor que 12 mm.	Carburo T. (R)	Ac. ríg. N. (SD)	Ac. ríg. al Co. (SD)
3.º Corte interrump.	Carburo T. (R)	Ac. ríg. N. (SD)	Ac. ríg. al Co. (SD)
Cortes muy fuertes (avance mayor que 1,50 mm/vuelta; profundidad corte máx. 18 mm)			
Este trabajo da lugar a:			
Calidad más importante del material de la herramienta: DUREZA EN CALIENTE Y TENACIDAD.			
Clase de trabajo	Elección del material de la herramienta		
	1.ª elección	2.ª elección	3.ª elección
1.º Corte continuo	Al. for.	Ac. ríg. al Co (SD)	Carburo T. (R)
2.º Profundidad mayor que 18 mm.	Ac. ríg. al Co (SD)	Al. fund.	Ac. ríg. N. (D)
3.º Corte interrump.	Ac. ríg. N. (SD)	Ac. ríg. al Co (R)	Al. fundida.

Anexo no. 23 Plano de pieza para fabricación del bulón.

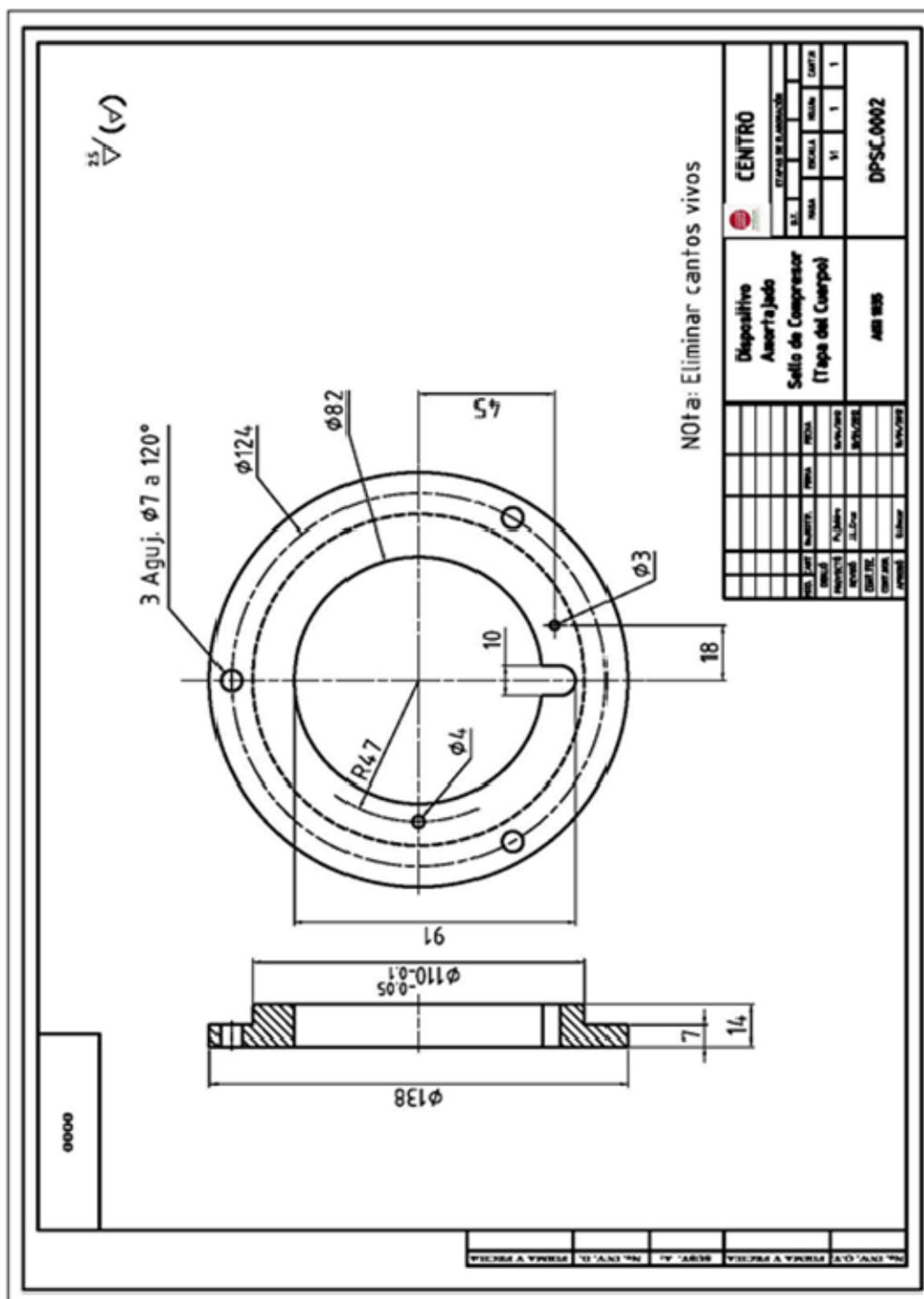




Anexo no. 25 Planos de pieza para fabricación anillo protector



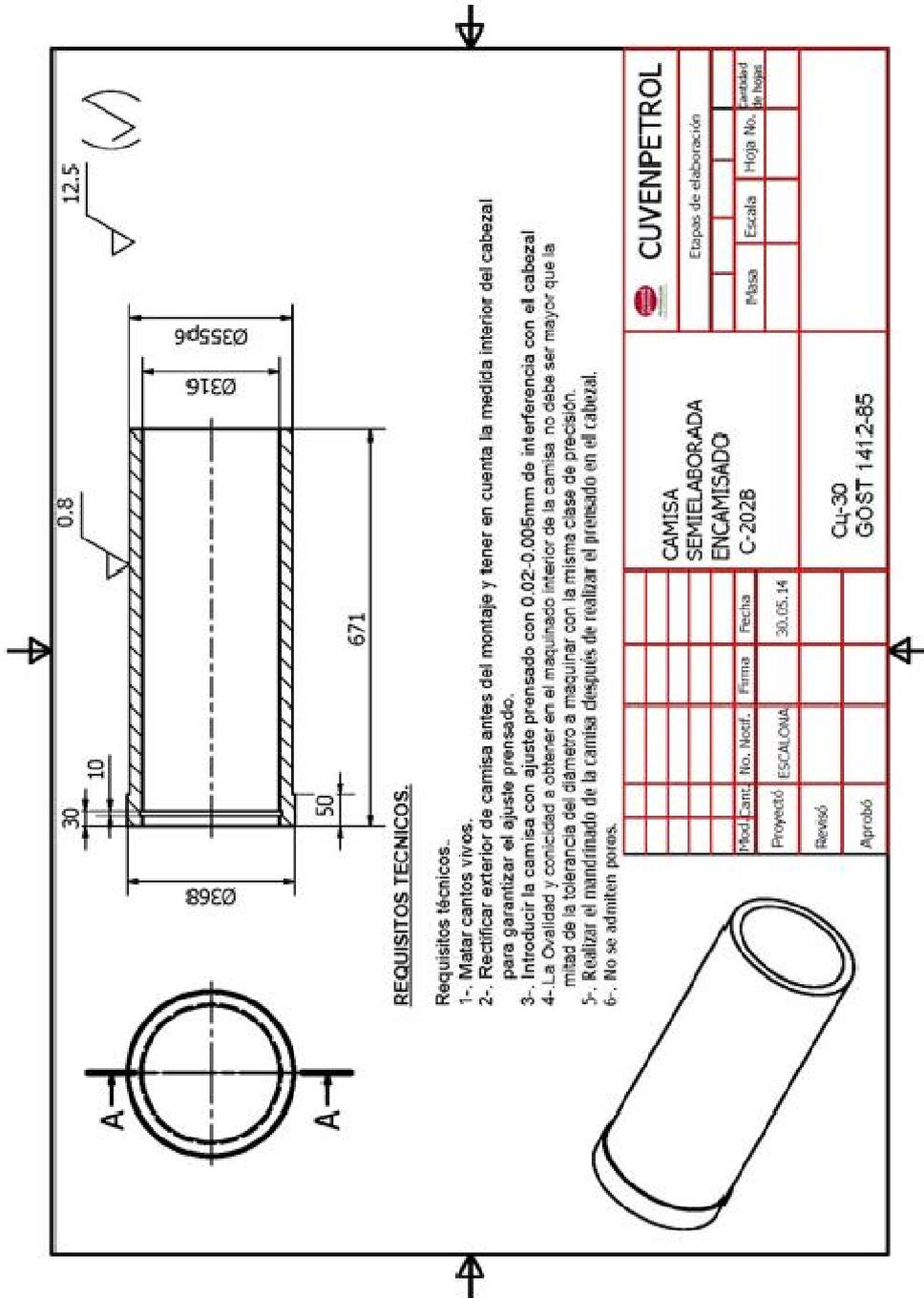
Anexo no.25 Planos de mandril para fabricar anillo de corte tangencial.







Anexo no.30 Planos de pieza para preparación del semi-producto para encamisado.



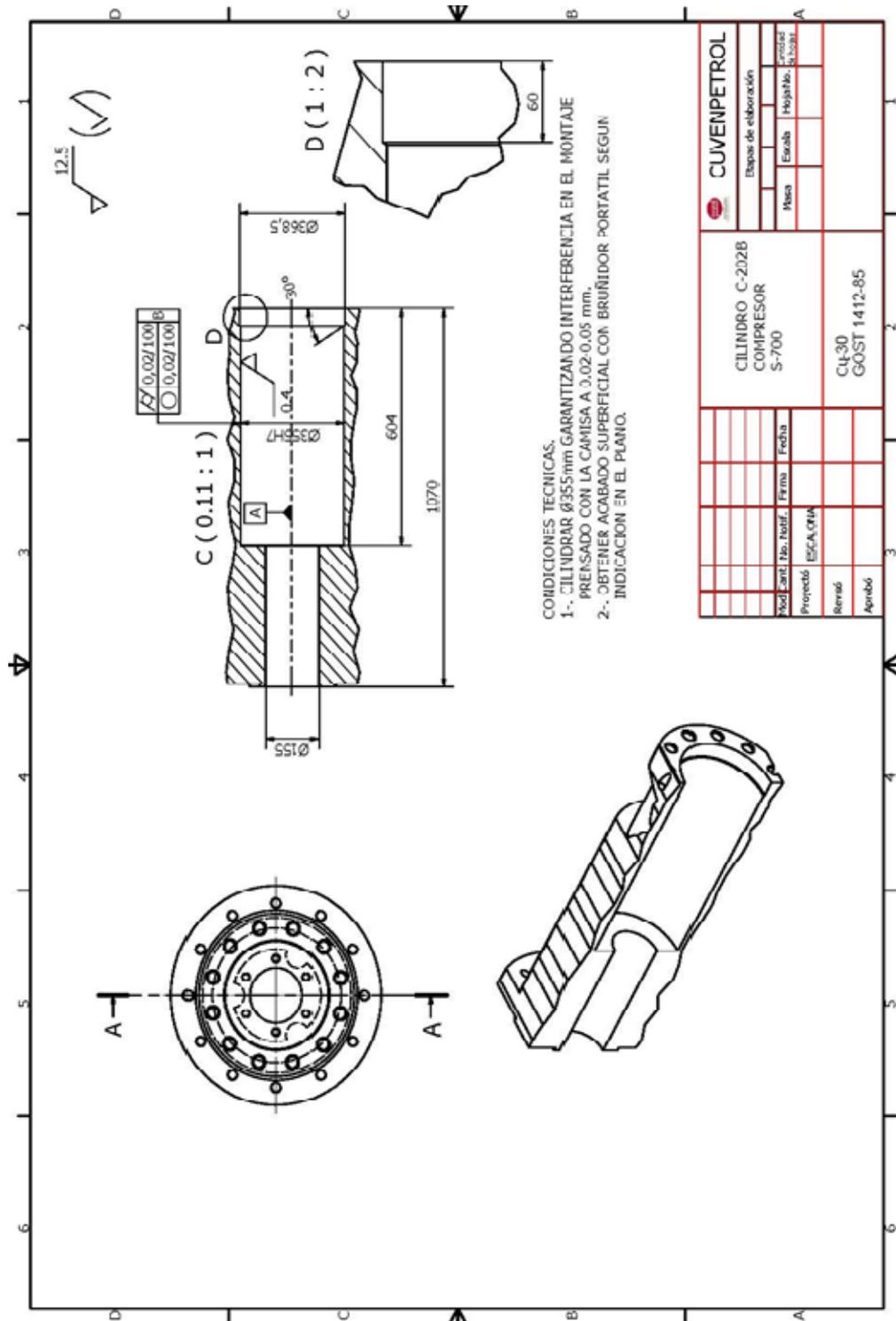
**REQUISITOS TÉCNICOS.**

Requisitos técnicos.

- 1- Matar cantos vivos.
- 2- Rectificar exterior de camisa antes del montaje y tener en cuenta la medida interior del cabezal para garantizar el ajuste prensado.
- 3- Introducir la camisa con ajuste prensado con 0.02-0.005mm de interferencia con el cabezal
- 4- La Ovalidad y conicidad a obtener en el maquinado interior de la camisa no debe ser mayor que la mitad de la tolerancia del diámetro a maquinarse con la misma clase de precisión.
- 5- Realizar el maquinado de la camisa después de realizar el prensado en el cabezal.
- 6- No se admiten poros.

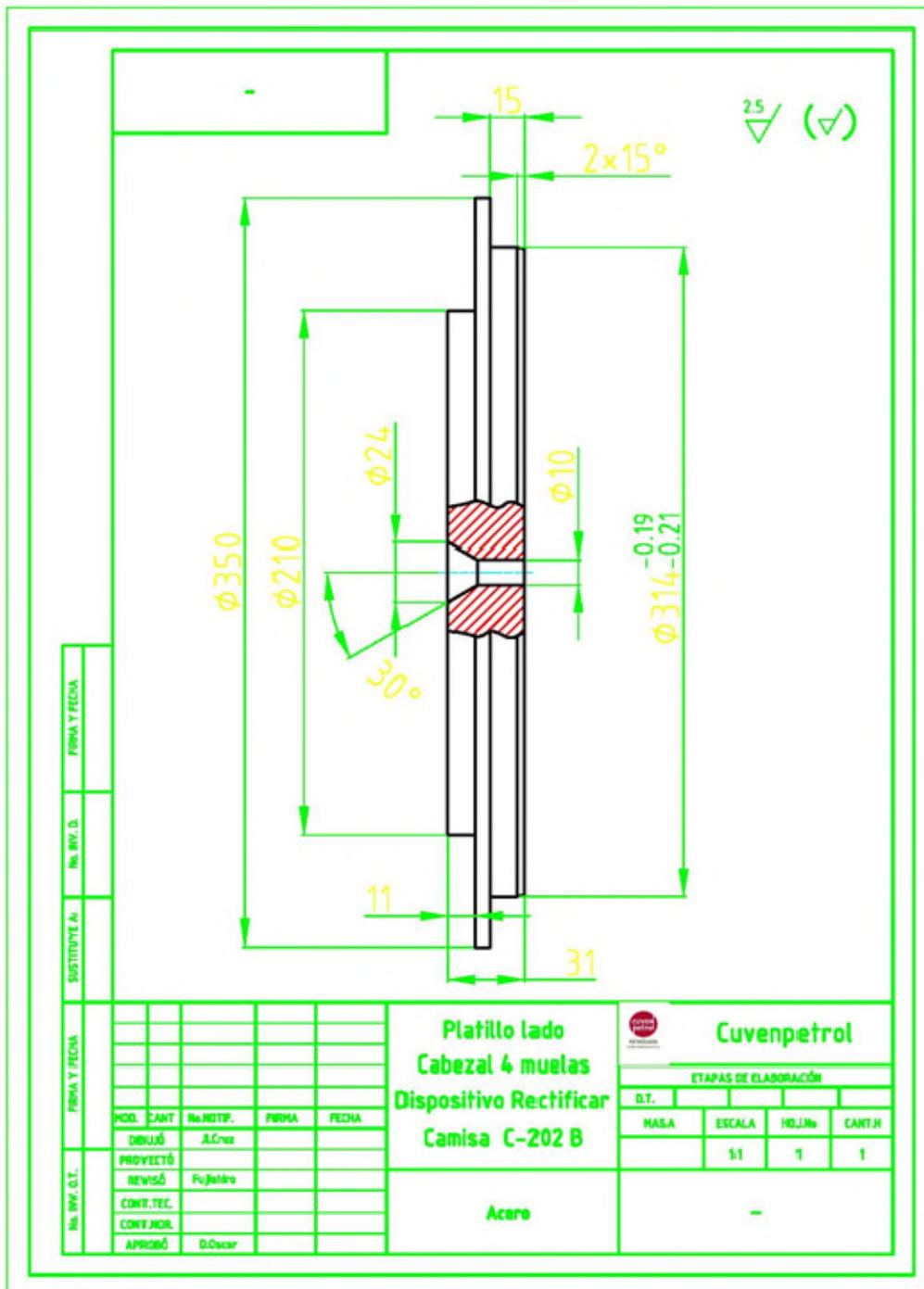
		Etapas de elaboración	
Masa	Escala	Hoja No.	cantidad en hojas
<b>CAMISA SEMIELABORADA ENCAMISADO C-202B</b>		CL-30 GOST 1412-85	
Mod.	Cant.	No. Modif.	Firma
Proyectó	ESCALONIA		Fecha
			30.05.14
Revisó			
Aprobó			

Anexo no.31 Planos de pieza para preparación del cilindro para encamisado.



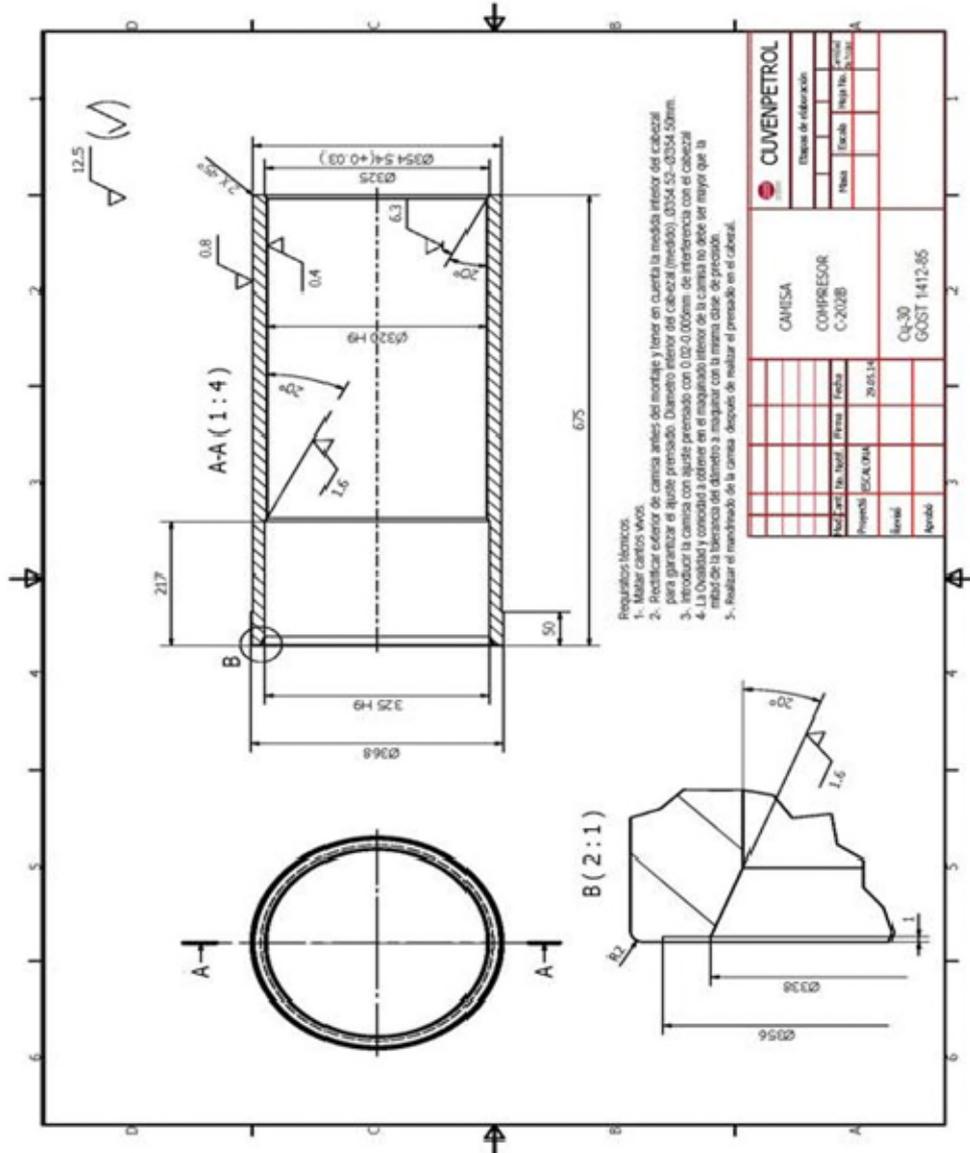


Anexo no.33 Planos de pieza dispositivo para preparación de la camisa.

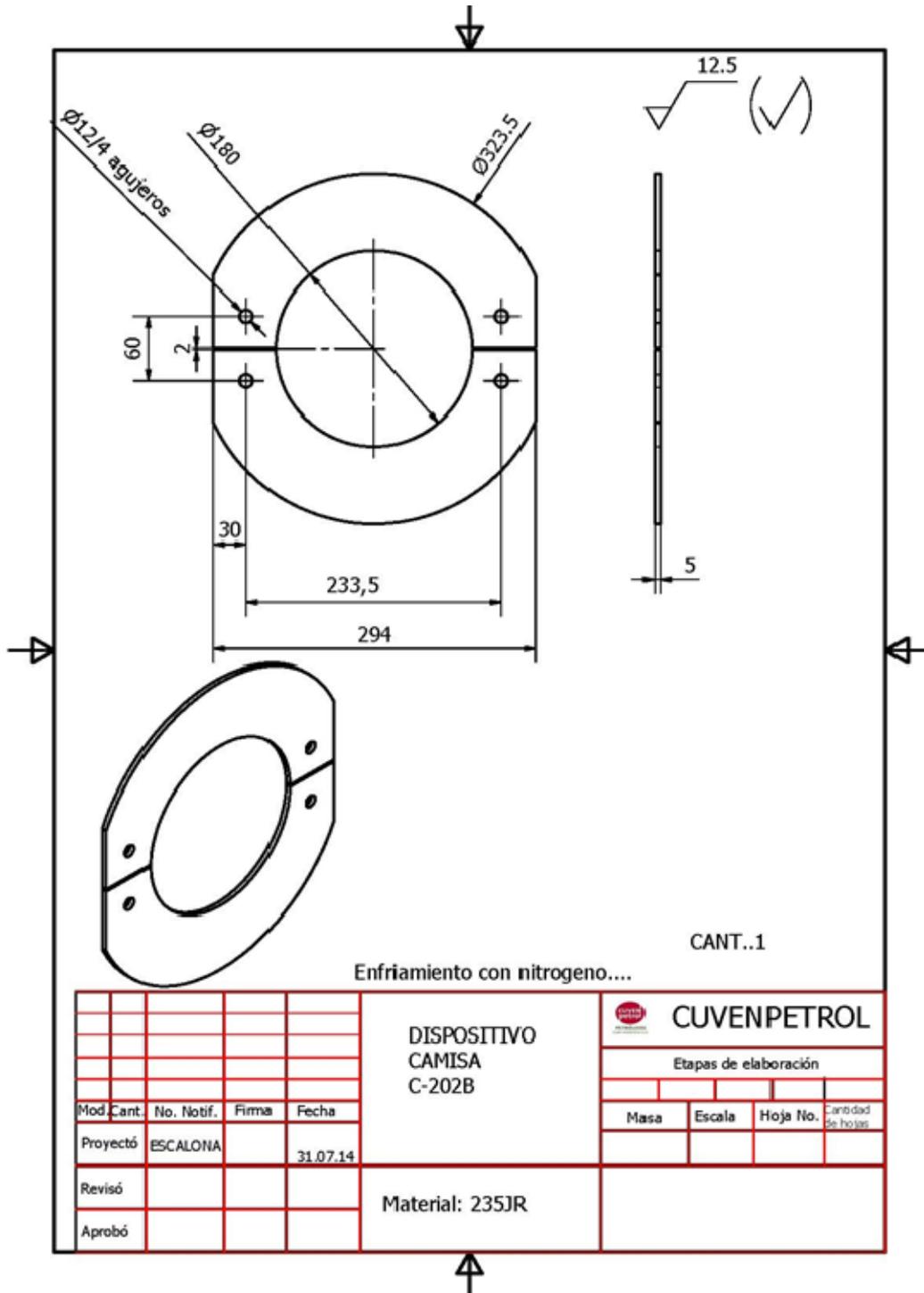




Anexo no.35 Planos de pieza para preparación de la camisa.

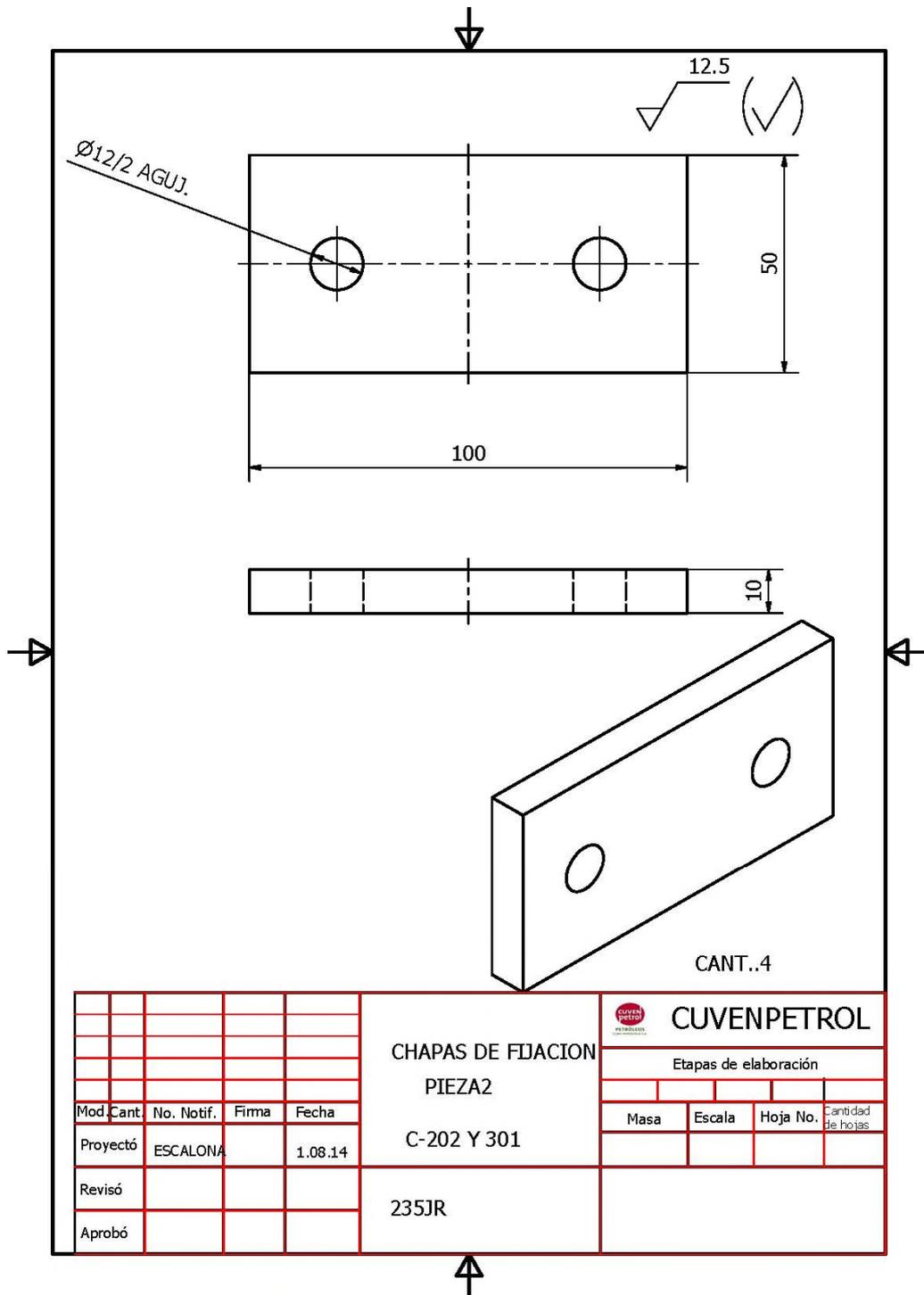


Anexo no.36 Planos de pieza para el izaje de la camisa.



				DISPOSITIVO CAMISA C-202B	CUVENPETROL			
					Etapas de elaboración			
Mod.	Cant.	No. Notif.	Firma	Fecha	Masa	Escala	Hoja No.	Cantidad de hojas
		ESCALONA		31.07.14				
Revisó				Material: 235JR				
Aprobó								

Anexo no.37 Planos de pieza para el izaje de la camisa.



## **Anexo no.38 Para procedimientos.**

### **Procedimiento para la fabricación de los aros guías**

I-Torno.

Analizar el plano y la tecnología.

Preparación de la máquina herramienta (torno).

Montar, centrar y fijar el semi-producto.

Refrentar la cara.

Mandrinar en profundidad la longitud total (desbaste).

Cilindrar una longitud de 50mm (desbaste).

Cilindrar hasta obtener la medida según plano (acabado).

Mandrinar en profundidad hasta obtener el espesor señalado en el plano.

Biselar interiormente según plano.

Tronzar dejando 0,5mm mas que el indicado en plano.

Montar en mandril y refrentar hasta obtener el ancho señalado por plano.

Biselar interiormente según plano.

II-Fresado.

Analizar plano y tecnología.

Preparación de la máquina.

Colocar la pieza en un mandril y fijar entre cabezal divisor y punto fijo.

Elaborar 8 ranuras x distantes una de otras según plano.

Practicar 2 agujeros desplazados a 180° uno del otro y desplazados de la ranura según plano.

Desmontar y eliminar rebabas.

### **Procedimiento de fabricación del aro de compresión.**

I-Torno.

Analizar plano y tecnología.

Preparar la máquina herramienta.

Montar, centrar y fijar semi-producto.

Refrentar.

Mandrinar en profundidad total (desbaste).

Cilindrar hasta 0,5mm del indicado en plano (desbaste).

Cilindrar hasta dimensión indicada en plano (acabado).  
Mandrinar hasta obtener el espesor señalado (acabado).  
Biselar interiormente según plano.  
Tronzar a 0,5mm por encima del ancho indicado.  
Montar en el mandril y refrentar.  
Biselar interiormente.

### **Procedimiento para la fabricación del anillo protector**

I-Torneado.  
Analizar plano y la tecnología.  
Preparación de la máquina.  
Montar y fijar semi-producto.  
Refrentar.  
Mandrinar en profundidad hasta 15mm.  
Desmontar y acoplar en un mandril, montar, central y fijar.  
Refrentar.  
Mandrinar en profundidad hasta próximo al mandril (desbaste).  
Cilindrar hasta 0,5mm por encima del  $\emptyset$  indicado en plano (desbaste).  
Cilindrar hasta la dimensión según plano (acabado).  
Mandrinar hasta la dimensión señalada en el plano (acabado).  
Tronzar a 0,5mm por encima del ancho señalado en el plano.  
Montar en el mandril y refrentar hasta el ancho señalado.

### **Procedimiento para la fabricación del anillo de corte tangencial.**

I-Torneado.  
Analizar plano de la pieza y tecnología.  
Preparación de la máquina herramienta.  
Montar central y fijar semi-producto.  
Refrentar.  
Mandrinar en profundidad de 15mm.  
Desmontar acoplar en un mandril, central y fijar.  
Mandrinar en profundidad hasta próximo al mandril (desbaste).  
Cilindrar exteriormente a toda su longitud (desbastado).  
Cilindrar hasta el  $\emptyset$  exterior señalado por plano (acabado).

Mandrinar hasta la dimensión indicada en el plano (acabado).

Elaborar radio exterior según plano.

Tronzar a 0,2mm por encima del ancho indicado,

Montar en el mandril, central y fijar,

Tronzar 0,2mm por encima del ancho según plano.

Colocar en el mandril, refrentar según plano.

Desmontar.

II-Taladrado.

Analizar plano,

Colocar en un mandril y fijar.

Elaborar dos agujeros según posición en el mandril.

Desmontar.

III-Mortajar.

Analizar plano y la tecnología.

Preparar la máquina para el trabajo.

Montar, central y fijar el conjunto de elementos en el mortajador.

Mortajar ranura.

Desmontar.

IV-Frezado.

Analizar el plano.

Preparar la máquina.

Colocar el conjunto de elementos de sellos situados en un mandril.

Montar y fijar en el cabezal divisor y el punto fijo en posición paralela a la ranura.

Ranurar según longitud y profundidad según plano.

Girar el conjunto 90° y fijar.

Ranurar hasta la profundidad que comunica con el agujero anteriormente practicado.

Desmontar el conjunto y eliminar rebabas.

### **Procedimiento para la fabricación del anillo de corte radial.**

I-Torneado.

Analizar plano y tecnología de fabricación.

Preparar la máquina herramienta.

Montar, central y fijar semi-producto.

Refrentar.

Mandrinar en profundidad 15mm.

Desmontar, ensamblar en dispositivo, centrar y fijar.

Refrentar.

Mandrinar en profundidad hasta próximo al mandril (desbaste).

Cilindrar toda la superficie (desbaste).

Cilindrar hasta  $\emptyset$  señalado en el plano (acabado).

Mandrinar hasta el  $\emptyset$  señalado en el plano (acabado).

Elaborar radio según plano.

Tronzar a 0,2mm por encima del espesor señalado.

Colocar en el mandril, central y fijar.

Refrentar hasta el ancho según plano (acabado).

II-Taladrado.

Analizar plano y tecnología.

Preparación de la máquina.

Ensamblar los elementos de sellos en un mandril, fijar.

Elaborar agujero según plano.

Desmontar.

III-Fresado.

Analizar plano y tecnología.

Montar el conjunto de elementos de sellos acoplados en el mandril.

Fijar en el cabezal divisor y el punto fijo.

Ranurar según posición en el plano.

Desmontar y eliminar rebabas.

### **Procedimiento para la fabricación del bulón.**

I-Torneado.

Cortar semi-producto

Estudio del plano de la pieza y de la carta tecnológica.

Selección y preparación de la máquina herramienta (torno).

Montar el semi-producto entre luneta y plato.

Refrentar y elaborar agujero de centrado.

Barrenar hasta un diámetro de 38mm en profundidad.  
Desmontar y girar la pieza y fijar entre plato y luneta.  
Refrentar a la longitud según plano.  
Elaborar agujero de centrado y barrenar a un diámetro de 38mm en profundidad.  
Mandrinar a toda su longitud hasta un diámetro señalado.  
Biselar.  
Mandrinar el escalón interior.  
Biselar a ambos lados.  
Rimar los agujeros.  
Desmontar y colocar entre plato y punto.  
Cilindrar el escalón hasta la longitud y el diámetro señalado en el plano.  
Ranurar para la salida de rectificado según plano.  
Desmontar.  
II-Fresado.  
Analizar plano y la tecnología.  
Selección de la máquina herramienta (fresadora).  
Colocar la pieza en un mandril y fijarla en el cabezal divisor un punto fijo en posición horizontal.  
Avellanar y practicar 3 agujeros en posición según plano.  
Girar 180° y fijar.  
Avellanar y practicar 3 agujeros según plano.  
Girar 90° y fijar.  
Elaborar chavetero según plano.  
Avellanar y barrenar.  
Roscar.  
Desmontar y colocar en posición vertical.  
Avellanar según posición dos agujeros a 180° según plano.  
Barrenar.  
Roscar.  
Avellanar un agujero en posición según plano.  
Barrenar.  
Desmontar.

III-Torno.

Preparación de la máquina.

Colocar entre puntos.

Elaborar cono en el escalón mayor según plano.

Elaborar cono en el escalón menor según plano.

Desmontar.

IV-Tratamiento térmico.

V-Rectificado.

Preparación de la máquina herramienta (rectificado cilindro).

Colocar entre puntos centrar y fijar.

Rectificar el cilindro del bulón según plano (desbaste).

Rectificado (acabado).

Preparar la máquina para rectificar los conos.

Rectificar cono mayor.

Rectificar cono menor.

Desmontar.

### **Procedimiento para la fabricación del buje de biela.**

I-Torneado.

*Cortar semi-producto.*

*Estudio del plano de la pieza y de la carta tecnológica.*

*Selección y preparación de la máquina herramienta (torno).*

*Montaje y fijación del semi- producto.*

*Refrentar.*

*Girar la pieza y refrentar por la otra cara a la longitud señalada.*

*Mandrinar hasta el diámetro señalado (desbastado).*

*Colocar entre plato y punto.*

*Cilindrar exteriormente (desbaste y acabado).*

*Ranurar a la longitud y profundidad señalada en el plano.*

II-Fresado.

*Estudio del plano de la pieza y de la carta tecnológica.*

*Selección y preparación de la máquina herramienta (Fresadora).*

*Fijar entre el cabezal divisor en posición horizontal y con la ayuda de un gato de*

*nivelación.*

*Barrenar 12 agujeros x distante según plano.*

*Colocar la pieza en posición vertical.*

*Elaborar 12 ranuras de radio 5 x distantes según plano.*

*Elaborar 2 ranuras transversales a la longitud y profundidad señalado a 180° una de otra.*

*Desmontar la pieza.*

**Procedimiento para la sustitución del buje de biela.**

*Desmontar el buje ensamblado en el ojo de la biela.*

*Analizar plano y la tecnología.*

*Selección y preparación de la máquina herramienta (mandrinadora).*

*Montar, centrar y fijar la biela en la mandrinadora.*

*Realizar las comprobaciones del paralelismo y perpendicularidad de los agujeros del pie y ojo de biela.*

*Desmontar la biela.*

*Ensamblar el buje con la biela.*

*Montar, centrar y fijar la biela en la mandrinadora.*

*Mandrinar (desbaste).*

*Mandrinar el acabado final según plano.*

*Desmontar.*

**Anexo no. 39 Carta Tecnológica para maquinado del cilindro.**

CARTA TECNOLÓGICA DE MAQUINADO		DENOMINACION DE LA OPERACION: Torneado, Bruñido y Mandrinado				CAL. OBR.		OPER. No		1					
		PIEZA: Cilindro				No.		ART.							
		MATERIAL: CL-30		DIM. Y PROC.		CANT. DE P.		p. Kg.		NETO					
		Hierro Fundido		Ø800x1200mm		1				BRUTO		960Kg			
		MAQUINA		DISPOSITIVOS		NUMERO		ELAB.							
		Torno Vertical y Mandrinadora		Plato de 4 muelas				REVIS.							
		MODELOS						NORM.							
		1512- 2622B						APROB.							
		INVENTARIO						MIN.		P/Part.					
								P /Pieza							
FASES	CONTENIDO DE LAS FASES	HERRAMIENTAS			DATOS CALC.			REGIMEN DE ELABORACION					T. DE ELAB. (min.)		
		DIMENSIONES No.			DIAM (mm)	LONG. (mm)	Cant. De Pas.	Velc de Corte (m/min)	rpm	Prof. De Corte mm	AVANCE		Mec. min	Man. min.	Total min
		CORTE	AUX.	MED.							POR MIN	(mm/ry)			
I	Torneado														
a)	Preparación Analizar planos y tecnología														
b)	Preparación de la maquina														
c)	Montar la brida o dispositivo de centrado y fijar de Cilindro alinear por el interior y la cara a 00. Colocar barra de Mandrinar con cuchilla de cilindrar de 90° en la torrecilla porta herramientas		Eslinga de nailon Para 1t	Base mag. e Indicador 0.01*10mm											
d)	Montar el Cilindro, fijarlo contra el dispositivo.		Eslinga de nailon Para 1t	Base mag. e Indicador 0.01*10mm										23	
e)	NOTA: Comprobar la alineación en zonas maquinadas que puedan garantizar las exigencias en el encamisado.														
II	Mandrinar														
a)	Mandrinar hasta Ø354.5 +0.2 profundidad 671 +0.25 mm desde la cara del Cuerpo. (Desbaste).	Cuch. 90° BK8 Barra de Mandrinar	Base magnética e indicador de caratula		354.5	671	3	49	50	5.6	0.4	0.4	100.8		





	215mm de la cara.	derecha BK8																	
b)	Biselar entrada al cilindro a 20° hasta lograr el Ø 338 señalado.	Barra de Mandrinar Cuch./20° derecha BK8																6	
<b>XI</b>	<b>Mandrinado 2622B</b>																		
a)	Analizar plano y tecnología																	10	
b)	Preparar la máquina herramienta	Fresa Ø 66 de espiga cónica BK8																14	
c)	Montar el cilindro en la mandrinadora, alinear y fijarlo para fresar los puertos de entrada de 66 mm de ancho por 185mm de largo.	Fresa Ø 40 de espiga cónica BK8	Eslinga de nailon 1t Grúa Bridas Pernos fijadores, gatos de nivelación bloques escalonados.	Base mag. e Indicador 0.01*10mm	66	185	3	40	237	10			0.4	25					
d)	Medir			P/Rey 0-200														3	
e)	Girar la mesa a 180°, comprobar la alineación, fijarla para fresar los puertos de salida de 66 de ancho por 185 de largo.	Fresa Ø 66 de espiga cónica BK8				100	1	40	600				0.4	25	10				
f)	Medir			P/Rey 0-200														3	
e)	Desmontar la pieza, limpiarla y lubricarla.		Eslinga de nailon 1t Grúa															15	
<b>XII</b>	<b>Trabajo de banco</b>																		
a)	Eliminar rebabas.																	15	
																		Tiempo total	700min.

Anexo no. 40 Carta Tecnológica para maquinado del camisa.

CARTA TECNOLÓGICA DE MAQUINADO			DENOMINACIÓN DE LA OPERACIÓN: Torneado y Rectificado			CAL.QT-239 OBR. Mec. Taller			OPER. No	1							
									HOJA No.	1							
									H. TOTAL	1							
			PIEZA: CAMISA			No.	ART.										
			MATERIAL:	DIM. Y PROD.		CANT. DE P.	p.(Kg.)	NETO									
			Hierro Fundido CL-30	378x 675mm		1		BRUTO		74.5Kg							
			MAQUINA	DISPOSITIVOS		NUMERO	ELAB.										
			Tomo y Rectificadora Cilíndrica	Plato de 4 muelas		1-04	REVIS.										
			MODELO	Luneta Fija				NORM.									
			IM64 y 3Y142	Perros de Arrastre				APROB.									
			INVENTARIO	Mandriles				MIN. 260	P/Part	85							
									P	175							
FASES	CONTENIDO DE LAS FASES			HERRAMIENTAS			DATOS			REGIMEN DE ELABORACION			T. DE ELAB. (min.) 430				
				DIMENSIONES No.			Ø (mm)	L (mm)	i	Vc (m/min)	(n) rpm	Prof. De Corte (mm)	S (mm/rev.)		Tm. min	T <sub>cp</sub> Min	Total Min
				CORTE	AUX.	MED.											

I	<b>Torneado</b>																
a)	Preparación Analizar planos y la tecnología															5	5
b)	Preparación del torno															15	15
c)	Montar el semi-producto en el plato de 4 muelas y luneta fija, centrar la pieza.		Luneta Fija													15	15
II	<b>Refrentar</b>																
a)	Refrentar cara libre 5mm	Cuchilla 45° BK8			360	22	1	0.25	250	1					1		1
III	<b>Mandrinar</b>																
a)	Mandrinar por el extremo hasta un Ø de 318 y una longitud de 50(Desbaste).	Cuchilla Mandrinar 90° BK8	Plato 4 muelas Luneta fija		316	80	1	0.4	150	1					8		8
IV	<b>Biselar</b>																
a)	Biselar a 20° a partir de un Ø de 325	Cuchilla biselar 20° BK8	Plato 4 muelas Luneta fija	Pie de Rey 0-400	325x20°				250						0.5		0.5
V	<b>Refrentar</b>																
a)	Girar la pieza y refrentar la otra cara libre 3mm	Cuchilla biselar 20° BK8	Plato 4 muelas Luneta fija	Pie de Rey 0-1000	373	27		0.25	150	2					2	7	9
VI	<b>Mandrinar</b>																
a)	Mandrinar por el otro extremo hasta un Ø de 318 y una longitud 80. (Desbaste)	Cuchilla mandrinar 90° BK8	Plato 4 muelas Luneta fija		318	80	1	0.25	150	1					6		6
VII	<b>Ranurar</b>																
a)	Ranura interior de 10 en profundidad 50 y un Ø de 324	Cuchilla para Ranurar BK8	Plato 4 muelas Luneta fija	Pie de Rey 0-200	324	10	1	0.4	150	3					0.6		0.6



		ancho 60mm													
b)	Montar la pieza en la rectificadora entre plato y punto comprobar la alineación a 00.												15	15	
c)	Rectificar la superficie de Ø 355.4 a una longitud de 620 hasta un Ø355.10.(Desbaste)	Muela abrasiva EK 50J	Mandriles y perro de arrastre	Micrómetro de exteriores de 325-350	355.4	620	20		20	0.01	10.75		102	5	107
d)	Rectificar la superficie de Ø 355.10 a una longitud de 620 hasta un Ø355p6, desmontar la Pieza.(acabado)	Muela abrasiva EK 50J		Micrómetro de exteriores de 325-350	355.4	620	2		10	0.025	10.75		24	10	34
<b>XII</b>	<b>Control de calidad</b>														
a)	Realizar el control de calidad tanto de la calidad de las superficies como la de sus dimensiones			Micrómetro de exteriores de 325-350 y Pie de Rey o-1000										3	3
									Tiempo Total de fabricación				430		

### Anexo no. 41 Carta Tecnológica para maquinado del anillo corte radial del sistema de sellado.

CARTA TECNOLÓGICA DE MAQUINADO				DENOMINACIÓN DE LA OPERACIÓN: Torneado, Fresado						CAL. OBR.	OPER. No	1			
				PIEZA: Anillo de corte radial			No.		ART.						
				MATERIAL:		DIM. Y PROC.		CANT. DE P.		p. Kg.	NETO		0.09Kg		
				FLUVIS 20		Ø110mm-Ø 80mm		1			BRUTO				
				MAQUINA		DISPOSITIVOS		NUMERO		ELAB.					
				Torno		Plato universal				REVIS.					
				MODELO		Mandril para refrentado				NORM.					
				16K20		Mandril para ranura				APROB.					
				INVENTARIO						MIN.	P/Part.				
						P /Pieza									
FASES	CONTENIDO DE LAS FASES	HERRAMIENTAS			DATOS CALC.			REGIMEN DE ELABORACION				T. DE ELAB. (min.)			
		DIMENSIONES No.			DIAM (mm)	LONG. (mm)	Cant. De Pas.	Veloc. De Corte (m/min)	n (rpm)	Prof. De Corte (mm)	AVANCE		Mec. (min)	Man. (min)	Total (min)
		CORTE	AUX.	MED.							POR MIN	POR REV.			
I	<b>Preparación</b>														
a)	Preparar el torno Montar en el plato universal el semiproducto, colocar cuchillas y fijar.	Cuch. 45° Cuch.90° de tronzar P18											5		
II	<b>Refrentar</b>														
a)	Refrentar el semiproducto	Cuch. 45°P18	Plato universal		Ø120	25	1	140	400	0.5		0.2	0.6		
III	<b>Cilindrar</b>														
a)	Cilindrar exteriormente a	Cuchi- Lla. 90°P18			110	80	1	140	400	5		0.2	3		

	un Ø 110h14mm hasta una longitud de 100mm mm.														
IV	<b>Mandrinar</b>														
a)	Mandrinar interiormente hasta Ø 80H9 mm long.60mm	Cuchilla de mandrinar90° Izg. P18(N)		Pie de rey 0- 200 digital	Ø80	15	1	140	400						
b)	Hacer radiopor el diámetro exterior R 2.75 a Ø105mm de profundidad y a 6mm de la cara.	Cuch. / Radios R 2.75 mm P18(N)		Pie de rey 0- 200 digital	110	Radio- 2.75	1	140	400	2.75		0.1	0.6		
V	<b>Tronzar</b>				Ø4.5-										
a)	Tronzar la pieza a 12.5 de ancho	Cuch. de Tronzar P18(N)			110	15	1	140	400			0.1	0.6		
VI	<b>Refrentar</b>														
a)	Montar en un mandril y refrentar, por la cara tronzada para obtener mejor acabado y una dimensión de 8c8mm desmontar posteriormente.	Cuch. 45° P18(N)		Pie de rey digital	110	15	1	140	400	0.2		0.1	1.6		

VII	<b>Taladrar</b>														
a)	Colocar en un mandril de 5 en 5 Fijar en la mordaza y taladrar un agujero en la posición concebida para este $\varnothing$ 4.5mm.	Barrena $\varnothing$ 4.5	Mordaza Mazorca mandril para fabricación		$\varnothing$ 4.5	40	1	60	1800		12	0.1	0.2		
VIII	<b>Fresar</b>														
a)	Fijar el dispositivo entre el plato del cabezal divisor y el punto fijo con la ranura de este en posición paralela a la fresa de disco y hacer ranura de corte radial 4mm.	Fresa de disco de $\varnothing$ 50 por 4 ancho	Dispositivo para barrenar, mortajar y fresar Árbol Corto		50	15	2	17	80	7.5		100	2		
IX	<b>Trabajo de banco</b>														
a)	Desmotar los elementos de sellos y eliminar rebabas del maquinado.												3		
b)	Control de calidad										Tiempo total			15	

Anexo no. 42 Carta Tecnológica para maquinado del aro guía.

<b>CARTA TECNOLÓGICA DE MAQUINADO</b>	<b>DENOMINACION DE LA OPERACION:</b>  <b>Torneado, Fresado</b>		CAL.T.Q 369		OPER. No		1						
			OBR. M. Taller		HOJA No.		1						
					H. TOTAL		1						
 <b>PETRÓLEOS</b> CUBA VENEZUELA S.A.	<b>PIEZA: Aro guía</b>			No.		ART.							
	<b>MATERIAL:</b>		<b>DIM. Y PROC.</b>		<b>CANT. DE P.</b>		p.		NETO				
	FLUVIS 20		Ø340-Ø 280x 80		1		Kg.		BRUTO 0.8Kg				
	<b>MAQUINA</b>		<b>DISPOSITIVOS</b>		<b>NUMERO</b>		ELAB. Julián Landaburo Alonso						
	Torno		Plato de universal				REVIS.						
	<b>MODELO</b>		Mandril para fabricación				NORM.						
	16K20		Cabezal divisor				APROB.						
	<b>INVENTARIO</b>						MIN.		P/Part.				
									P /Pieza				
	<b>FASES</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>			<b>DATOS CALC.</b>			<b>REGIMEN DE ELABORACION</b>			<b>T. DE ELAB. (min.)</b>	
<b>DIMENSIONES No.</b>			<b>DIAM</b>	<b>LONG</b>	<b>Cant</b>	<b>Veloc.</b>	<b>(n)</b>	<b>Prof.</b>	<b>AVANCE</b>		<b>Mec.</b>	<b>Man.</b>	<b>Tota</b>



a)	Refrentar la cara	Cuch.45° P18			295	10	1	140	140	0.5		02	0.6		
<b>VI</b>	<b>Cilindrar</b>														
a)	Cilindrar toda la superficie hasta 320.2(desbaste)	Cuch.90° de cilindrar P18			340	80	3	140	140	6		0.75	3		
b)	Cilindrar toda la superficie hasta 320g6 (acabado)	Cuch.90° de cilindrar P18			320.2	80	1	140	200			025	0.6		
c)	Medir			Micrómetro 300-325											0.6
<b>VII</b>	<b>Mandrinar</b>														
a)	Mandrinar a profundidad	Cuchilla de mandrinar90° Izg P18(N)			270	60	3	140	140	5.5		0.75	2.5		
b)	Mandrinar a obtener el espesor 8.0.19 <sup>+0.03</sup> mm	Cuchilla de mandrinar90° Izg P18(N)			304	60	1	140	200	0.2		0.25	0.4		
<b>VIII</b>	<b>Tronzar</b>														
a)	Tronzar a 42mm para posterior refrentado	Cuchilla de Tronzar P18(N)			320	42.2	1	140	140			0.2	0.6		

b)	Medir			Pie de rey 0-200									0.6		
b)	Montar en el mandril y Refrentar la cara $12_{-0.015}^{-0.025}$ mm	Cuch.45° P18			320	12	1	140	200	0.2		0.25	1	3	
IX	Fresar														
a)	Preparación de la fresadora para elaborar 8 ranuras y 2 agujeros según disposición en plano	Fresa de vástago de acero rápido Ø12.P18	Mandril, cabezal divisor, árbol corto boquilla porta fresa											5	
X	Ranurar														
a)	Elaborar 8 ranuras de 12mm de ancho por 3mm de profundidad distribuidas a 45°	Fresa de vástago de acero rápido Ø12.P18	Cabezal divisor, mandril	Pie de rey 0-200	12	42	1	160	1300	3		0.75	16	16	
b)	Elaborar 2 agujeros de Ø 8 desplazados a 22° de las ranuras y a	Barrena Ø 8			8	8	1	160	1300			0.25	4	4	



Anexo no. 43 Carta Tecnológica para maquinado del aro de compresión.

CARTA TECNOLÓGICA DE MAQUINADO				DENOMINACION DE LA OPERACION: Torneado, Fresado				CAL. OBR.		OPER. No		1			
 <p><b>PETRÓLEOS</b> CUBA VENEZUELA S.A.</p>				PIEZA: Aro de compresión				No.		ART.					
				MATERIAL:		DIM. Y PROC.		CANT. DE P.		p. Kg.		NETO			
				FLUVIS 20		Ø340-Ø 280x 80		1				BRUTO		0.29Kg	
				MAQUINA		DISPOSITIVOS		NUMERO		ELAB.		Julián Landaburo Alonso			
				Torno		Plato universal				REVIS.					
				MODELO		Mandril para refrentado				NORM.					
				16K20		Mandril para Mortajado				APROB.					
INVENTARIO		Mandril para Barrenado Y fresado				MIN.		P/Part.							
								P /Pieza							
FASES	CONTENIDO DE LAS FASES	HERRAMIENTAS			DATOS CALC.			REGIMEN DE ELABORACION				T. DE ELAB. (min.)			
		DIMENSIONES No.			DIA M	LON G.	Cant De Pas.	Velo c. De Corte	RPM	Prof. De Corte	AVANCE		Mec.	Man.	Total
		CORTE	AUX.	MED.							PO R MIN	PO R REV			
I	Preparación														
a)	Montar en el plato universal Semi producto, colocar cuchillas y fijar.	Cuch. 45° Cuch.90° de tronzar P18											5		
II	Refrentar														
a)	Refrentar el semiproducto y biselar interiormente a	Cuch. 45°P18	Plato universal		340	25	1	140	140				0.6		







a)	Preparar el torno Montar en el plato universal el semiproducto, colocar cuchillas y fijar.	Cuch. 45° Cuch.90° de tronzar P18														5
<b>II</b>	<b>Refrentar</b>															
a)	Refrentar el semiproducto	Cuch. 45°P18	Plato universal		Ø120	25	1	140	400	0.5		0.25	0.6			
<b>III</b>	<b>Cilindrar</b>															
a)	Cilindrar exteriormente a un Ø 110h 14mm hasta una longitud de 100mm.	Cuchilla 90°P18			110	80	1	140	400	5		0.25	3			
<b>IV</b>	<b>Mandrinar</b>															
a)	Mandrinar interiormente hasta Ø 80H9 mm long.60mm	Cuchilla de mandrinar90° lzq. P18(N)		Pie de rey 0-200 digital	Ø80	15	1	140	400			0.75	3			
b)	Hacer radio por el diámetro exterior R 2.75 a Ø105mm de	Cuch. / Radios R		Pie de rey 0-200	110	Radio-2.75	1	140	400	2.75		0.1	0.6			



Anexo no. 45 Carta Tecnológica para maquinado de anillo de corte tangencial.

CARTA TECNOLÓGICA DE MAQUINADO				DENOMINACION DE LA OPERACION: Torneado, Fresado			CAL. T.Q 369		OPER. No		1				
				PIEZA: Anillo de corte tangencial No.			OBR. M. Taller		HOJA No.		1				
									H. TOTAL		1				
				MATERIAL:			DIM. Y PROC.		CANT. DE P.		p. Kg.	NETO			
FLUVIS 20			Ø110-Ø 80		1			BRUT O	0.09K g						
MAQUINA		DISPOSITIVOS			NUMERO		ELAB. Julián Landaburo Alonso								
Torno		Plato universal					REVIS.								
MODELO		Mandril para refrentado					NORM.								
16K20		Mandril para Mortajado					APROB.								
INVENTARIO		Mandril para Barrenado Y fresado					MIN	P/Part.							
								P /Pieza							
FASES	CONTENIDO DE LAS FASES	HERRAMIENTAS			DATOS CALC.			REGIMEN DE ELABORACION				T. DE ELAB. (min.)			
		DIMENSIONES No.			DIA M	LONG.	Cant De Pas.	Veloc De Corte	RPM	Prof. De Corte	AVANCE		Mec.	Man	Total
		CORTE	AUX.	MED.							PO R MIN	PO R REV			
<b>I</b>	<b>Preparación</b>														
a)	Preparar el torno Montar en el plato universal el semiproducto, colocar cuchillas y fijar.	Cuch. 45° Cuch.90° de tronzar P18											5		
<b>II</b>	<b>Refrentar</b>														
a)	Refrentar el	Cuch.	Plato		120	25	1	140	400	5			0.6		

<b>III</b>	<b>Cilindrar</b>														
a)	Cilindrar exteriormente a un $\varnothing$ 110h14mm hasta una longitud de 100mm mm.	Cuchilla 90°P18			110	80	1	140	400	5		0.2	3		
<b>IV</b>	<b>Mandrinar</b>														
a)	Mandrinar interiormente hasta $\varnothing$ 80H9 mm long.60mm	Cuchilla de mandrinar90° Izq. P18(N)		Pie de rey 0-200 digital	$\varnothing$ 80	15	1	140	400						
b)	Hacer radio por el diámetro exterior R 2.75 a $\varnothing$ 105mm de profundidad y a 6mm de la cara.	Cuch. / Radios R 2.75 mm P18(N)		Pie de rey 0-200 digital	110	Radio -2.75	1	140	400	2.75		0.1	0.6		
<b>V</b>	<b>Tronzar</b>														
a)	Tronzar la pieza a 12.5 de ancho	Cuch. de Tronzar P18(N)			110	15	1	140	400			0.1	0.6		
<b>VI</b>	<b>Refrentar</b>														
a)	Montar en un mandril y	Cuch. 45° P18(N)		Pie de	110	15	1		400				1.6		





