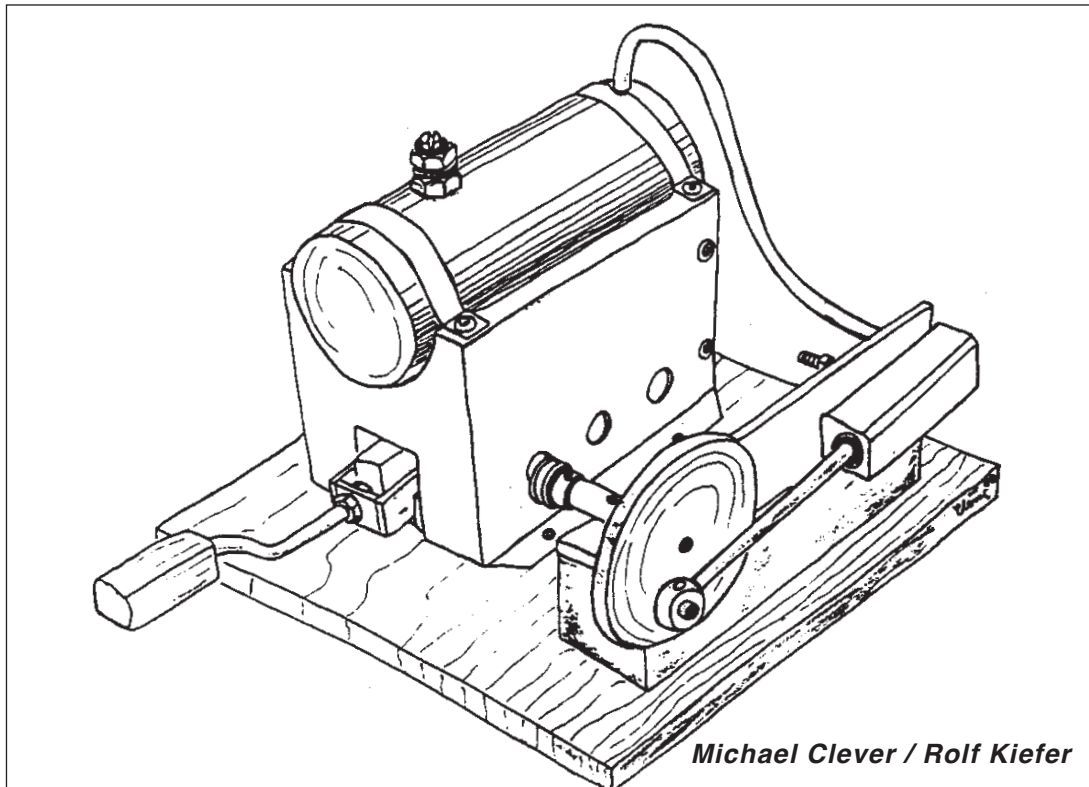


OPITEC

1 1 2 . 4 2 0

Máquina de vapor



Datos técnicos

Caldera:

Volumen: 110 cm³

Presión de trabajo: 1,5 bar

Presión de prueba: 4,5 bar

Volumen de agua: 50 - 60 ml

Máquina:

Diámetro del cilindro: 8 mm

Carrera del pistón: 24 mm

Velocidad en vacío: 800 r.p.m

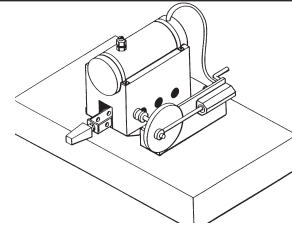
Año de construcción:

NOTA

Las maquetas de OPITEC, una vez terminadas, no deberían ser consideradas como juguetes en el sentido comercial del término. De hecho, se trata de material didáctico adecuado para un trabajo pedagógico. Los menores sólo deben realizar los trabajos relacionados con este kit bajo la supervisión de un adulto. No apto para niños menores de 36 meses, ya que existe riesgo de asfixia.

Índice	Pág
Principios físicos de la máquina de vapor	6
Funcionamiento de la máquina de vapor oscilante	7
Herramientas y máquinas necesarias	9
Medidas de seguridad para la construcción y uso de calderas de vapor	10
Construcción de la máquina de vapor	10
Instrucciones para la construcción del generador de vapor	11
- Construcción del quemador	12
- Construcción del soporte de la caldera	13
- Construcción de la caldera	14
- Construcción de la válvula de seguridad	15
Instrucciones para construir el convertidor de vapor	16
- Planos de construcción	17
- Lista de piezas e indicaciones de trabajo	18
- Convertidor de vapor	19
- Cilindro	20
- Perforaciones de admisión y de escape	21
Puesta en marcha y mantenimiento	21
Recomendaciones prácticas	23

Kit Opitec para construir una máquina de vapor



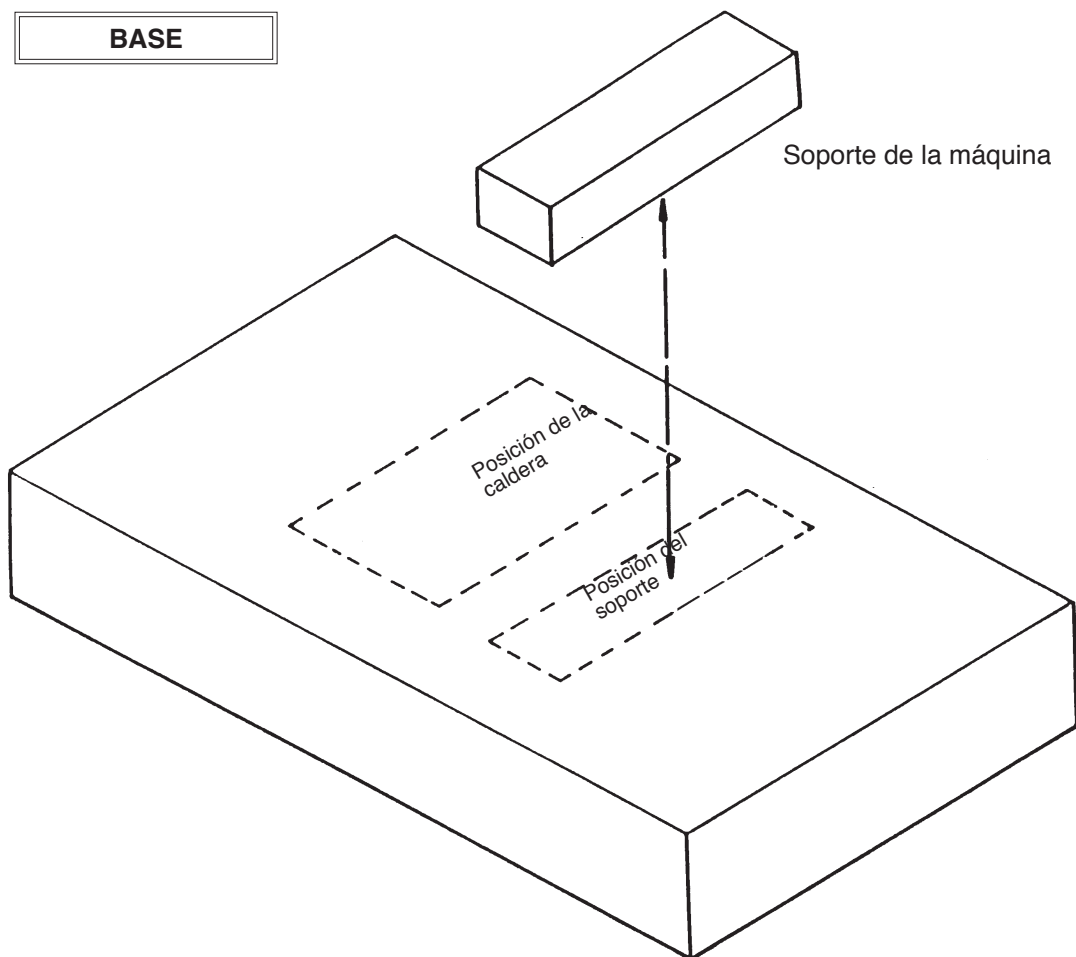
1 El kit para construcción individual contiene las piezas para la construcción de una máquina de vapor.

ción

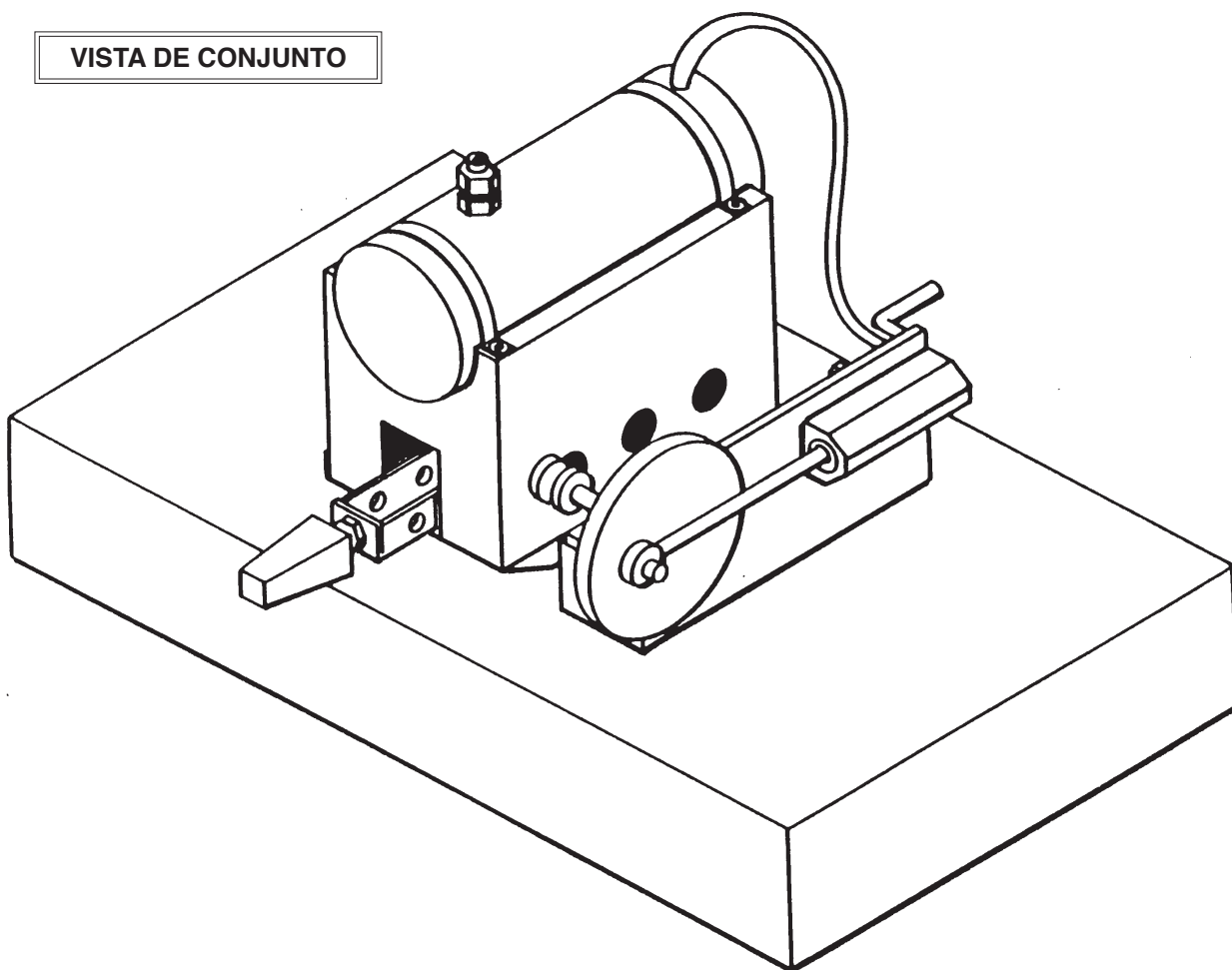
(El combustible sólido y la soldadura de plata se han de pedir a parte.)

Nº.	Cantidad	Descripción	Medidas en mm	Aplicación
1	1	Perfil de aluminio en "U"	16,5 x 100	<u>Quemador</u> I
2	1	Perfil de aluminio en "U"	19,5 x 100	Corredera
3	2	Tornillos.	2,9 x 13	Fijación de la corredera
4	4	Arandelas galvanizadas	3,2	Fijación corredera
5	1	Tuerca exagonal	M4	Fijación de la empuñadura
6	1	Tornillo cilíndrico	M4 x 25	Fijación de la empuñadura
7	2	Lámina de latón 63	0,4 x 165 x 75	<u>Soporte de caldera y abrazaderas</u> II
8	8	Remaches	3 x 4	Soporte de caldera + Fijación de bridas
9	5	Tornillos para chapa	2,2 x 6,5	Fijación del soporte
10	1	Cilindro de latón 63	40 x 1 x 100	Caldera
11	2	Tapas de latón 58	40 x 3	Caldera
12	1	Tuerca exagonal latón 63	M6	Cierre de la caldera
13	1	Tornillo exagonal latón	M6 x 10	<u>Válvula de muelle</u> III
14	1	Tornillo roscado parcialmente	M3 x 30	"
15	1	Tuerca de latón	M3	"
16	1	Muelle de presión Nirosta	0,4 x 4 x 17,5 x 8,5	"
17	1	Junta tórica de caucho	3 x 1	"
18	1	Arandela de aglomerado de papel	10 x 5,8 x 1	"
19	1	Escuadra de latón	100 x 20 x 20 x 2	<u>Soporte de ejes</u> IV
20	4	Tornillos cabeza cónica	3 x 20	Fijación del soporte
21	1	Cilindro mecanizado de latón	40 x 15 x 15	<u>Convertidor de vapor</u> V
22	1	Pistón de latón	8 x 12	"
23	1	Muelle de presión Nirosta	0,4 x 4x 17,5x 8,5	Palier del cilindro
24	1	Tuerca de latón	M3	"
25	1	Varilla roscada de acero	M3 x 20	"
26	1	Arandela de latón	3,2	"
27	1	Varilla de latón	4 x 68	Biela
28	1	Disco de latón	50 x 4	<u>Volante</u> VI
29	1	Varilla cilíndrica de acero	4 x 10	Eje excéntrico
30	1	Casquillo de fijación de latón		Palier de la biela
31	1	Tubo de latón	6 x 1 x 20	Palier del volante
32	1	Varilla de acero	4 x 36	Eje del volante
33	2	Arandela de latón	4,3	Palier del volante
34	1	Polea de latón con anclaje		Polea de arrastre
35	1	Tubo de cobre	4 x 1 x 160	<u>Conducto del vapor</u> VII
36	1	Listón de madera	140 x 140 x 10	<u>Base</u> VIII
37	1	Listón de madera	100 x 20 x 25	Soporte del mecanismo
38	1	Varilla de madera	8 x 50	Empuñadura del quemador

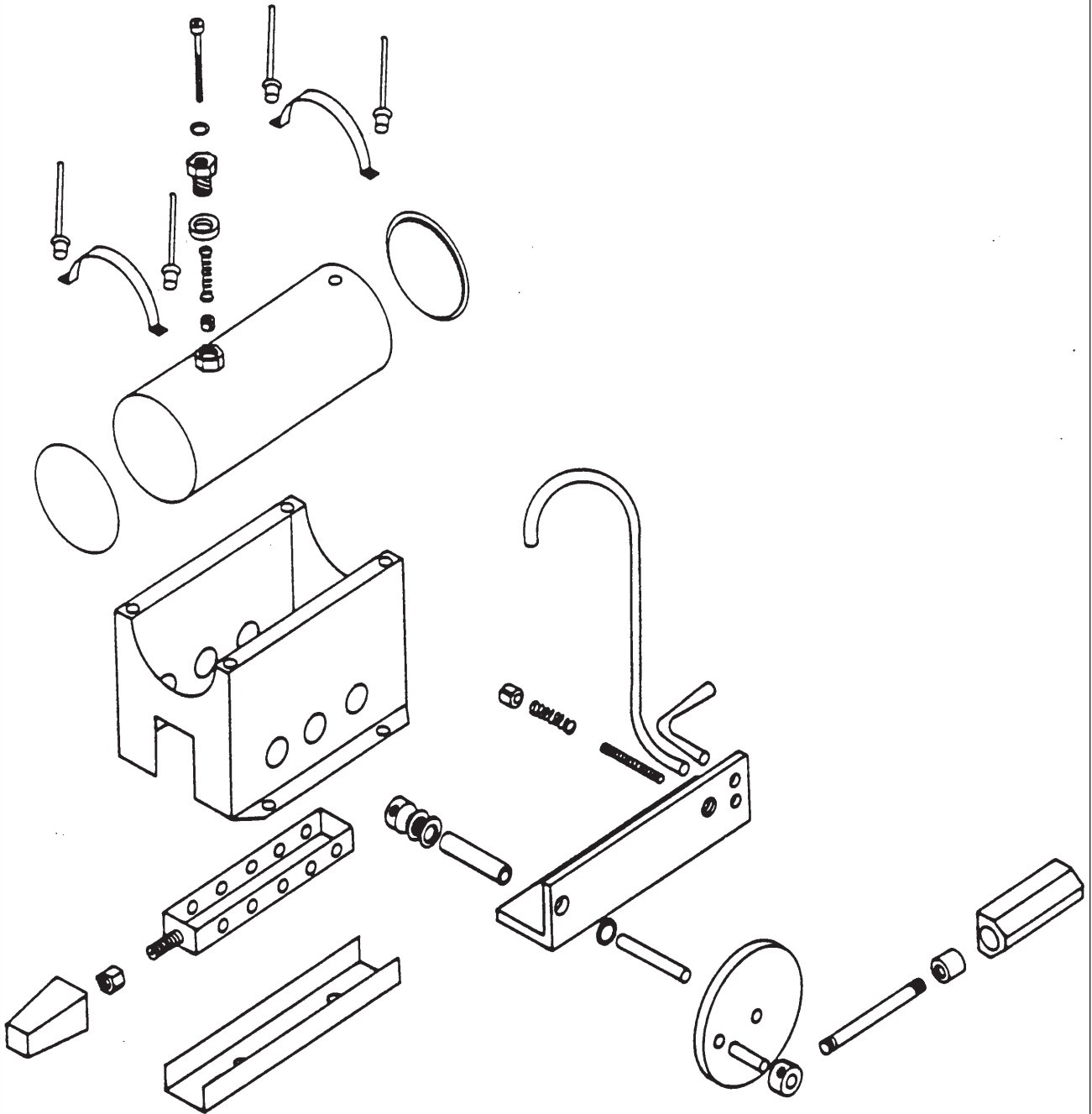
BASE



VISTA DE CONJUNTO



Despiece



PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA MÁQUINA DE VAPOR

Las máquinas de vapor pertenecen a la familia de los convertidores de energía química en calor y después el calor en energía mecánica.

En la mayor parte de los casos la producción de calor se efectúa por combustión de combustibles sólidos, generalmente hulla.

La máquina de vapor se clasifica como una máquina de motor térmico de combustión externa, ya que el combustible se quema fuera del cuerpo de la máquina, en oposición a los motores de combustión interna, como los de automóvil, que queman el combustible en el interior del cilindro de trabajo.

Las máquinas de combustión externa utilizan un fluido (en este caso vapor de agua) para transmitir la energía calorífica producida.

La transformación en energía mecánica se produce en dos fases:

1. - En la caldera la energía calorífica calienta el agua hasta convertirla en vapor, el cual se expande y genera presión.
2. - La presión del vapor se utiliza para hacer funcionar las partes mecánicas de la máquina..

VAPORIZACIÓN Y CONDENSACIÓN:

La transformación de un cuerpo de estado líquido a estado gaseoso se llama vaporización y la temperatura a la que se produce esta transformación se denomina temperatura de ebullición.

Esta transformación necesita una cantidad de energía específica que se denomina calor de vaporización.

Para calentar en un grado de temperatura (Celsius) un gramo de agua se necesitan 4,2 joules, mientras que para convertir un gramo de agua en vapor se necesitan 2.257 joules.

La necesidad de tanta energía adicional se debe al gran volumen que toma el vapor en comparación con el agua, de 1.673 veces a presión normal.

Si el vapor de agua no dispone de volumen suficiente (la caldera tiene un volumen limitado), aumenta la presión a medida que el vapor se va expandiendo. Esta presión se puede usar para mover un pistón hacia atrás y hacia delante.

A medida que la presión aumenta, también cambia el punto de ebullición, así a presión de 2 bars, el punto de ebullición del agua se sitúa aproximadamente en 120°C en lugar de los 100°C en condiciones de presión atmosférica normal.

Este principio se utiliza en las ollas a presión para cocer alimentos en menor tiempo (mayor temperatura), ahorrando energía y pérdida de vitaminas de los alimentos.

El proceso inverso se realiza cuando el vapor de agua se enfría, produciéndose la condensación. Aquí se libera la misma cantidad de energía que la necesaria para obtener el vapor. Se puede ver la condensación como gotitas de agua cuando el vapor toca una superficie fría, pero como gas, es invisible.

FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE VAPOR OSCILANTE

En condiciones normales, la construcción de un modelo de máquina de vapor de corredera iría más allá del marco escolar e incluso podría no haber tiempo suficiente para terminar el proyecto. Pero sin embargo, si es posible construir una máquina de vapor oscilante.

La ventaja de esta máquina reside en el hecho de que se puede obviar la cruceta del pistón y el de la corredera para la distribución del vapor. La ventaja de este motor reside en su simple diseño que lo hace muy manipulable a la vez que robusto y eficaz. De hecho de este tipo eran los que existían en la época de los barcos de vapor.

Este tipo de motor no resultó rentable porque resultaban de difícil control las enormes masas que se ponían en movimiento y además se estaba en permanente situación de sobrecalentamiento del mecanismo, lo que podía parar la máquina.

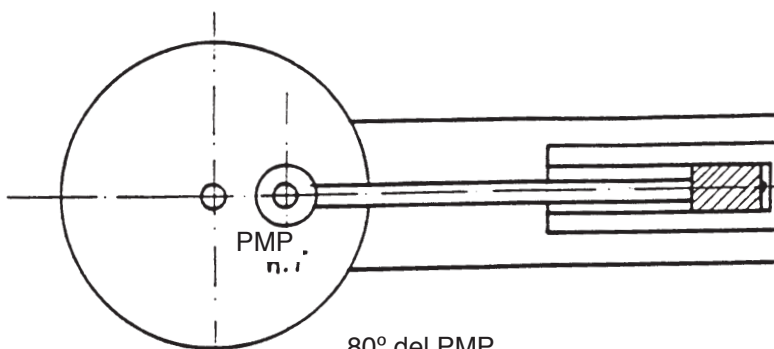
La máquina de vapor oscilante pertenece al tipo de motores de presión máxima para las que la admisión y el escape de vapor son determinantes para los cambios de posición del cilindro. La movilidad del cilindro se obtiene fijándolo sobre un eje alrededor del cual puede oscilar. El cilindro está apretado contra la superficie del mecanismo con un muelle y fijado por dicho eje. Las dos superficies de rozamiento deben estar lo más lisas posible.

En el cilindro hay una perforación y en la superficie del mecanismo sobre la que oscila hay dos perforaciones, una para la admisión del vapor procedente de la caldera (puerta de entrada) y otra para el escape del mismo (puerta de salida). Cuando el cilindro oscila, pone su perforación de forma sucesiva frente del de admisión y después del de escape.

Cuando el cilindro está enfrente de la admisión, el vapor a presión entra en el cilindro y empuja el pistón. y este movimiento de traslación del pistón se transmite a través de la biela al volante y se transforma en movimiento de rotación.

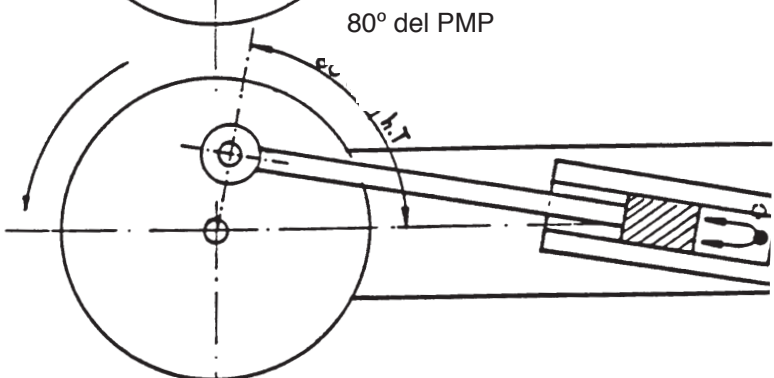
La inercia del volante retoma el pistón que bascula al mismo tiempo colocándose entonces enfrente de la perforación de escape y el vapor que contiene se libera. A continuación y debido a la inercia de las piezas, se vuelve a colocar enfrente de la perforación de admisión y el ciclo se reinicia de nuevo.

FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE VAPOR OSCILANTE



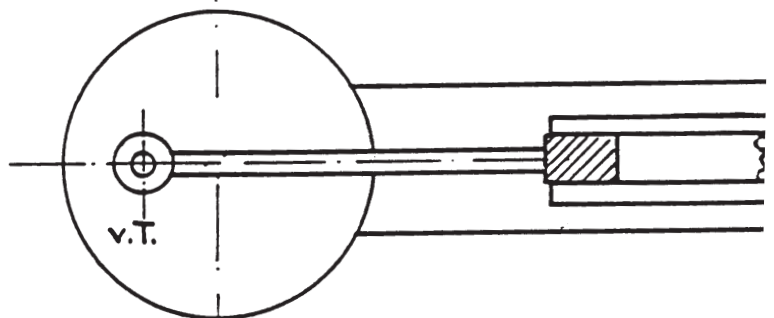
POSICIÓN I

El pistón está aproximadamente a 1 mm del final del cilindro y ambas puertas están cerradas. El palier de la biela está en el punto muerto posterior (PMP)



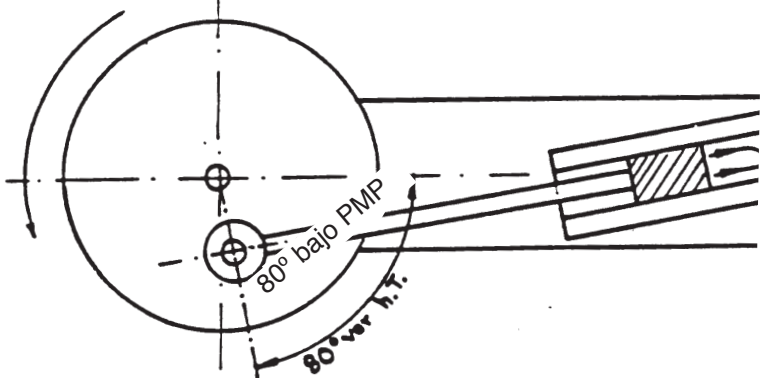
POSICIÓN II

El palier de la biela está a 80° del PMP, La perforación del cilindro está ahora alineada con la puerta de entrada (admisión). El vapor entra en el cilindro y empuja el pistón hacia delante. (Ver la doble flecha).



POSICIÓN III

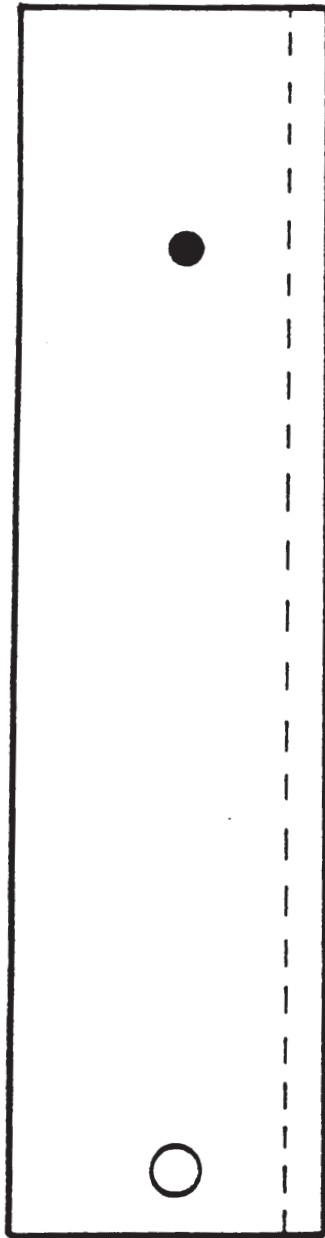
El palier de la biela está ahora en el punto muerto anterior (PMA), fin de recorrido. La perforación del cilindro está ahora alineada entre las puertas de entrada y salida y por tanto admisión y escape cerrados. Sin embargo el volante continuará moviéndose por la inercia.



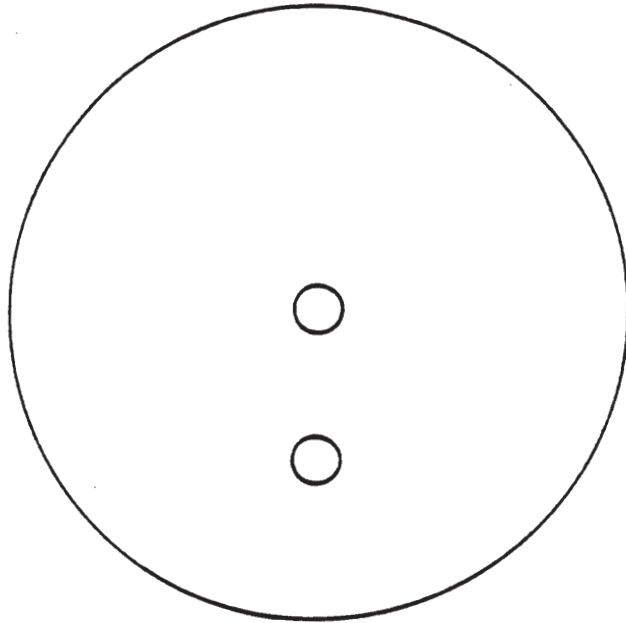
POSICIÓN IV

El palier de la biela está ahora a unos 80° por debajo del punto muerto posterior (PMP). La perforación del cilindro está alineada con la puerta de salida (escape) y el vapor es evacuado hacia el exterior. (Ver la doble flecha)

Escuadra soporte



Volante con palier excéntrico



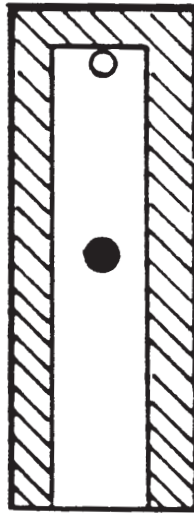
Consejo:

Recortar los planos de las piezas y montarlas con encuadernadores

Truco:

Hacer un modelo de metacrilato

Cilindro



Biela con pistón



HERRAMIENTAS Y MÁQUINAS NECESARIAS

Sierra manual para metales
Limas para metal
Tornillo de banco
Martillo de cerrajero (200 gr)
Destornilladores
Alicates de corte oblicuo
Escuadra graduada
Regla metálica
Pie de rey
Chinchetas
Punzón
Brocas para metales (2 - 2,5 - 3,1 - 3,5 - 3,9 - 4 - 6 mm)
Machos e hileras M3 y M6
Llaves M3 y M6
Broca cónica para avellanar
Tijeras para metales
Remachadora
Taladro vertical con soporte y mordaza
Equipo de soldadura a gas con sopletes finos y medios
Superficie de trabajo ignífuga (barro, cerámica)
Bomba de aire con manómetro
Pesacartas

MATERIALES ÚTILES

Trozos de madera y de metal
Hilo de soldar con 40% plata y diámetro 1,5 m
Pasta desoxidante para la soldadura de plata
Soldadura blanda y pasta desoxidante
Cola resistente hasta 150°
Papel de lija (Grano 100, 200, 280, 400, 500)
Estropajo fino de aluminio
Pulidor de metales
Aceite para máquinas
Trajos de algodón

Medidas de seguridad para la construcción y uso de la máquina de vapor

Aunque en materia de construcción de calderas puede hacerse referencia a las normas en vigor que permiten construir verdaderas máquinas infernales, es más razonable para el ámbito escolar referirse a las normas DIN 660 70 o bien a la norma europea DIN EN 71, para evitar los riesgos al máximo.

Recomendaciones más importantes para las normas DIN 660 70:

1. - No deben haber ni aristas ni ángulos vivos o cortantes
- 2.- Debe haber protección contra la corrosión
- 3.- Debe limitarse la temperatura de las piezas manipuladas
- 4.- Calentar la caldera con combustibles no peligrosos, si es posible sólidos.
- 5.- La presión de trabajo de la caldera debe limitarse a 1,5 bar y su capacidad a 2 litros.
- 6.- Debe existir una válvula de seguridad de muelle de material inoxidable limitando permanentemente la presión a 3 bar (el doble de la presión de trabajo).
- 7.- La presión máxima soportable por la estructura debe ser de 4,5 bar (tres veces la presión de trabajo).
Las pruebas deberán hacerse bajo el agua o por toma de presión bajo presión de agua.
- 8.- La caldera debe estar provista de un dispositivo que permita conocer el nivel de agua.
- 9.- Cada máquina deberá referenciarse con:
 - el nombre del constructor y el año de fabricación
 - la presión de servicio
 - la capacidad de la caldera en litros
 - la presión de la prueba de resistencia

El dispositivo indicado en el epígrafe 8 no es posible montarlo en el marco de una construcción escolar. Sin embargo, por ello, no hay ningún riesgo de explosión de la caldera ya que si le falta agua, se producirá un sobrecalentamiento que producirá una pérdida de estanqueidad.

CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE VAPOR

Elección de materiales – Cobre – Latón

Para la construcción de máquinas de vapor se utilizan preferentemente metales pesados no férricos porque transmiten bien el calor y se mecanizan con facilidad.

El material ideal para la construcción de calderas es el cobre porque es resistente a la corrosión y tiene unas excelentes propiedades conductoras. El cobre es aproximadamente cuatro veces más conductor térmico que el latón.

Esta ventaja, se convierte en una desventaja para hacer una soldadura fuerte. Por ello se utiliza latón para la caldera y para los componentes de la máquina con objeto de poder efectuar las soldaduras más fácilmente.

El latón es una aleación de cobre y zinc y está disponible en muchos formatos: barras, láminas, tubos, etc. Es razonablemente sencillo de trabajar y tiene una solidez suficiente incluso con espesores delgados.

No obstante se debe indicar que el latón se endurece con el paso del tiempo y pueden producirse grietas después de mucho uso.

Las aleaciones de cobre y zinc existen con diversos porcentajes y con características diferentes. Cada proporción tiene sus propiedades (blando, medio, duro). La resistencia y dureza del latón aumenta con el aumento de la proporción de zinc y otros componentes y también con manipulaciones como la laminación en frío. Al calentarlo a unos 800° el latón se vuelve maleable y a temperaturas más altas se hará quebradizo..

Pruebas: Una tira de latón cuesta de doblar. El metal tiene tendencia a volver a su forma inicial. Cuando se recuece, se vuelve blando y se dobla fácilmente, conservando la forma que se le da. Si a continuación se forja la pieza en frío, cuesta de doblar y no conserva la forma que se le da: la rigidez y la dureza del metal vuelven a sus valores iniciales..

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COBRE Y DEL LATÓN

CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE VAPOR

Material	Símbolo	Composición-	Densidad	Temperatura-de fusión	Conductividad-térmica	Resistencia a la tracción
Cobre	Cu	99,9% Cu	$8,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	1083°C	$372 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$	$\approx 250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Latón	Cu-Zn	67% Cu, 33% Zn	$\approx 8,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	930-1100°C	$93 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$	$\approx 300-400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

La construcción se inicia con la base, de madera dura o de contrachapado grueso y de unas medidas aconsejadas de 14 x 14 cm.

Después se construye el quemador y el cajón guía. Se construyen con los perfiles de aluminio en "U". Usar este sistema de corredera permite una regulación precisa de la combustión sin elementos suplementarios.

No debe fijarse el cajón guía en la base hasta que haya finalizado la construcción de la máquina de vapor.

Con las tiras de latón se realiza el soporte de la caldera y los collares de fijación. Se aconseja realizar anticipadamente una maqueta de cartón a escala para darse cuenta bien del montaje de las piezas y evitar errores de doblado en el montaje definitivo.

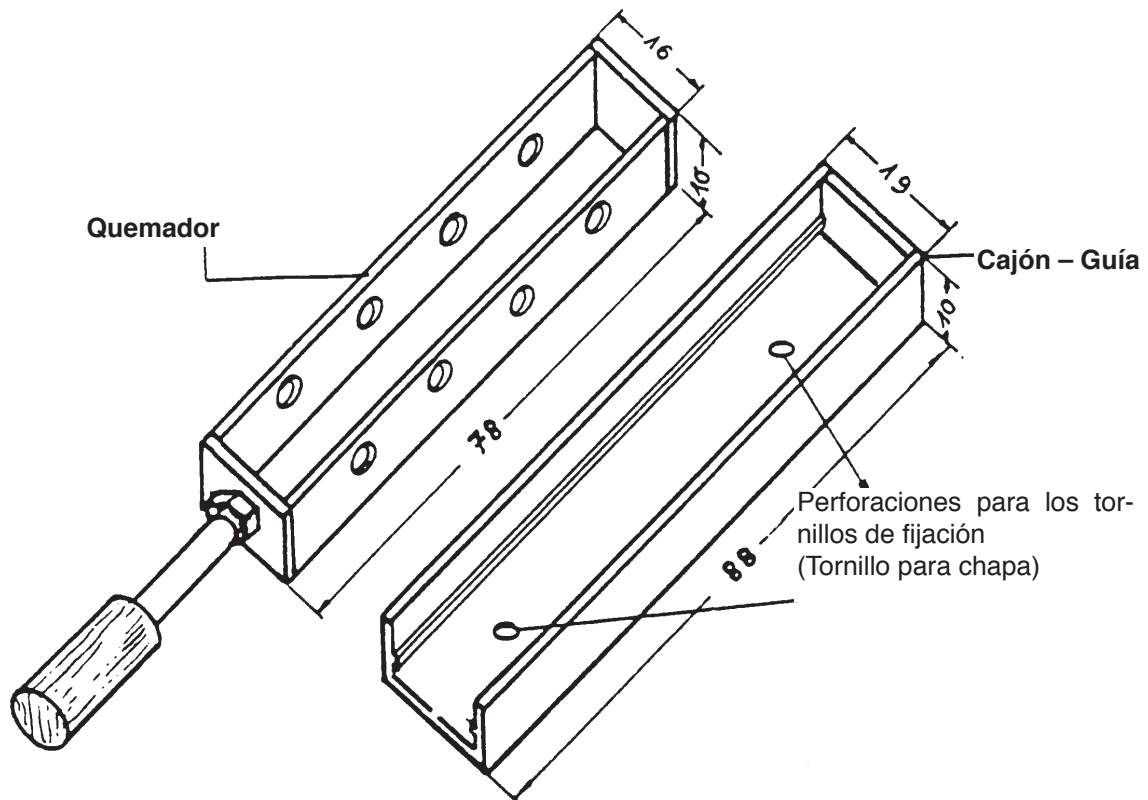
La división del soporte de la caldera en dos piezas simplifica el trabajo. Se pueden realizar las perforaciones y los cortes de las dos piezas de una sola vez colocando una encima de la otra.. Las perforaciones y cortes deben realizarse antes del doblado de las piezas.

Si las piezas se realizan con precisión se pueden montar fácilmente con remaches.

La caldera se fabrica con un tubo de latón que se cierra por los dos extremos con dos discos. La perforación para la válvula de seguridad debe hacerse necesariamente antes de la soldadura fuerte de los discos. Se aconseja usar hilo de estaño con alto contenido de plata, de este modo se podrá fundir con un sopleta de mano de gas.

El control de la estanqueidad y de la resistencia a la presión de la caldera debe hacerse con una bomba de aire o compresor hasta una presión máxima de 4,5 bar, colocando la caldera debajo del agua. Solo debe montarse la caldera después de haber hecho esta comprobación.

CONSTRUCCIÓN DEL QUEMADOR Y DEL CAJÓN GUÍA:



a) - Construcción del cajón guía (con el perfil de aluminio en "U" de 19 mm de ancho)

Hacer dos cortes laterales a 10 mm de un extremo, eliminar los trozos laterales y doblar hacia arriba la base formando un tope.

Serrar lo que sobresalga y limar.

Hacer dos perforaciones de \varnothing 3 mm en el fondo para los tornillos de fijación)

NOTA: Se aconseja no fijar el cajón guía directamente sobre la base de contrachapado, sino colocando algunas arandelas en medio para separar el calor de la madera.

b) - Construcción del quemador (con el perfil de aluminio en "U" de 16 mm de ancho)

El quemador corre por el cajón guía y sirve para contener verticalmente dos tabletas de combustible especial.

El aire necesario para la combustión entra por las perforaciones realizadas en los laterales del quemador. Aunque estén medio cubiertos por el cajón guía, son suficientes.

Hacer dos cortes laterales a 10 mm de cada extremo, quitar los laterales y levantar la base de ambos extremos para cerrar la caja.

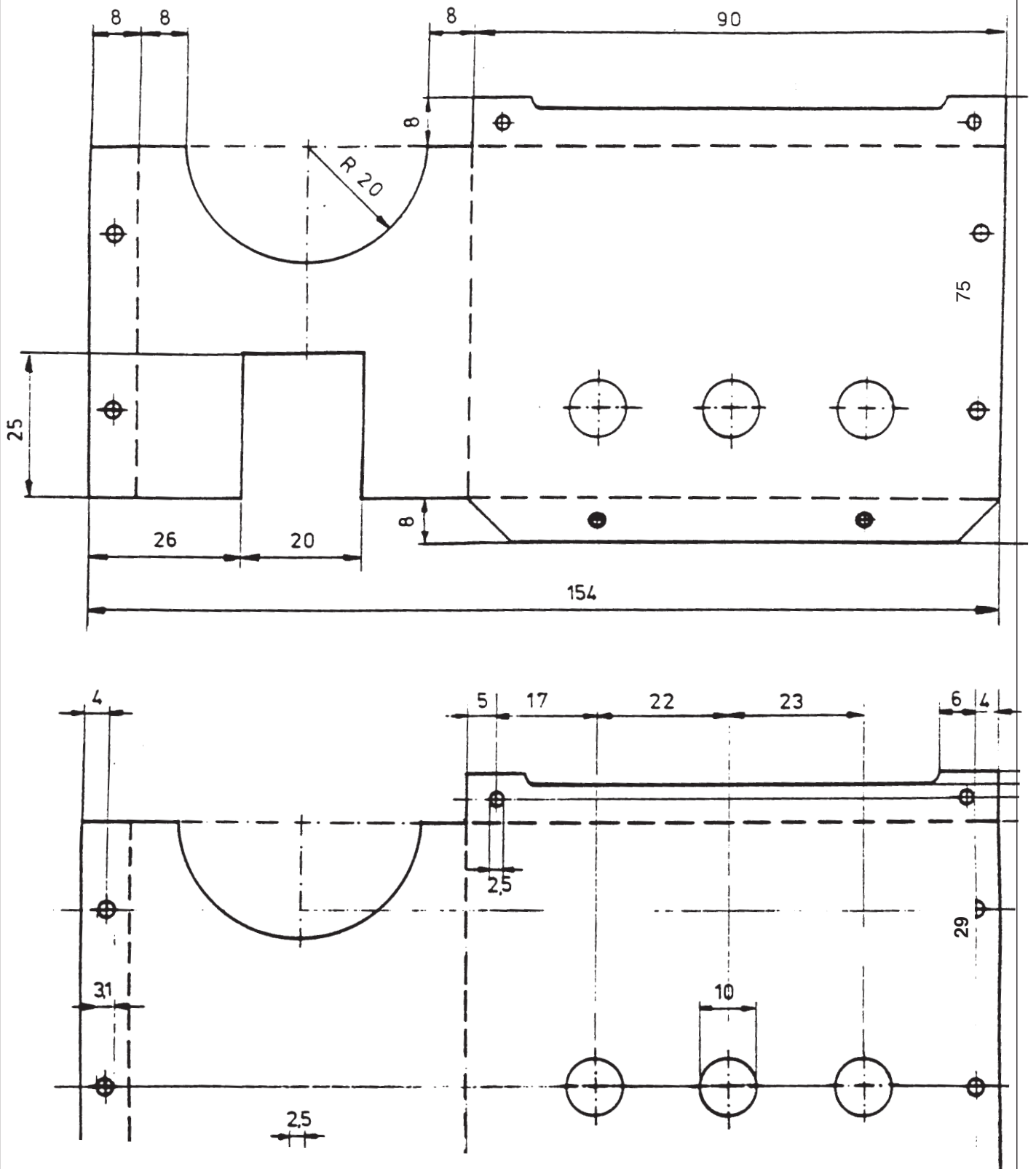
Hacer una perforación de \varnothing 4 mm para fijar el mango (tornillo M4 x 25).

Hacer 4 ó 5 perforaciones de \varnothing 4 mm en cada lateral del quemador para la circulación de aire. Hacer las perforaciones encaradas de una sola vez en ambos laterales.

Fijar el tornillo de cabeza cilíndrica para el mango con una tuerca M4. Perforar parcialmente la barra de madera de \varnothing 8 mm con una broca de \varnothing 3,5 mm y roscarla sobre el tornillo como empuñadura.

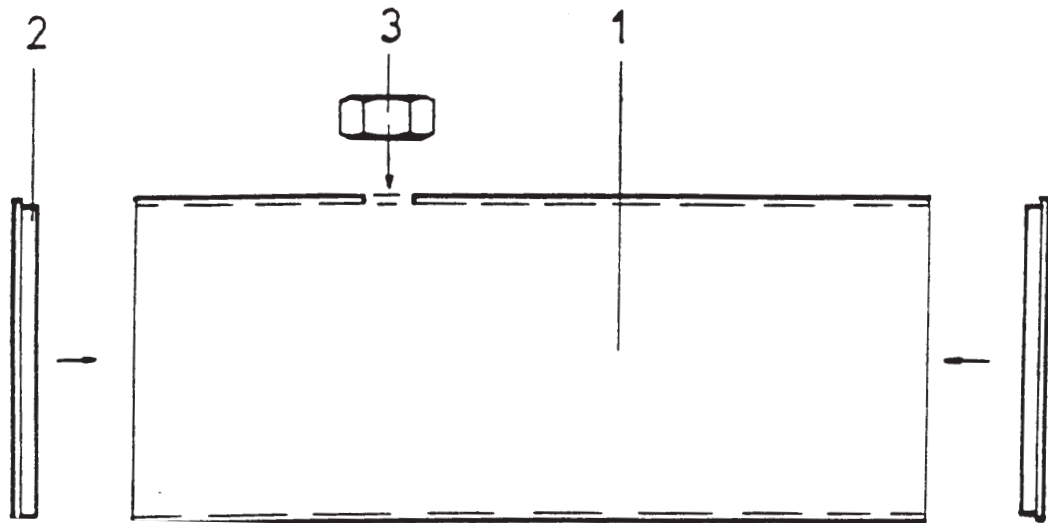
Soporte de la caldera

E 1 : 1



Caldera

E 1 : 1



Lista de piezas

Nº.	Descripción	Material	Medidas
1	Cilindro	CuZn 37	1 x 40 x 98 mm
2	Discos	CuZn 39 Pb 3	Exterior/Interior \varnothing 40/38 x 3 mm
3	Tuerca exagonal	CuZn 37	M6 (DIN 934)

Construcción:

Hacer una perforación de \varnothing 6 mm en el cilindro.

Aplanar con una lima la zona del cilindro donde se va a soldar la tuerca M6.

Limpiar de óxido los alrededores de la zona a soldar con lana metálica y limpiar el polvo.

Aplicar decapante en la zona a soldar y colocar y soldar la tuerca usando el soplete e hilo de estaño con 40 % de plata o soldadura blanda.

Colocar los discos laterales y soldar, repitiendo las operaciones indicadas antes.

Dejar enfriar lentamente las soldaduras.

Comprobar la estanqueidad y resistencia del recipiente efectuando una prueba con la caldera debajo del agua a una presión de 4,5 bar.

Pulir la caldera con lana de aluminio.

CONSTRUCCIÓN Y CÁLCULO DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD

La válvula de seguridad es una parte muy importante de la máquina de vapor protegiendo la caldera de presiones de trabajo demasiado altas a la vez que hace de cierre de la caldera y de tapón para el llenado de la misma.

La válvula se construye con un tornillo M6 de latón, un tornillo M3 parcialmente roscado con cabeza Allen, una tuerca M3 de latón, un muelle de presión y dos juntas de estanqueidad.

El tornillo M6 debe acortarse dejando 5 mm de rosca y hacerle una perforación central de Ø 3,5 mm

El tornillo M3 debe pasar a través de la junta tórica de estanqueidad y del M6 cortado y agujereado, fijándose con un muelle y una tuerca M3.

Entre el tornillo M6 y la tuerca M6 de la caldera, se colocará otra junta de estanqueidad.

Antes de montar la válvula, deberán limarse las esquinas de la tuerca M3 de forma que pueda pasar por el interior de la perforación y de la tuerca M6 de la caldera.

CÁLCULO DE LA FUERZA DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD:

La presión de vapor de agua que se ejerce sobre una superficie "S" correspondiente a un disco de 0,35 cm de diámetro (diámetro de abertura de la caldera a través de la perforación del tornillo M6 de la válvula); radio = 0,175 cm. La superficie sobre la que presiona el vapor es:

$$S = (\pi \times r^2) = (\pi \times 0,175 \times 0,175) = 0,1 \text{ cm}^2$$

$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,35^2}{4} \approx 0,1 \text{ cm}^2$
--

Nosotros queremos regular la presión de la válvula a 2 bar = 20 $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$

Usando la fórmula

$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}} \quad p = \frac{F}{S}$
--

Por lo que a una presión de 20 N/cm², le corresponderá una fuerza de:

$$F = p \cdot S$$

ó:

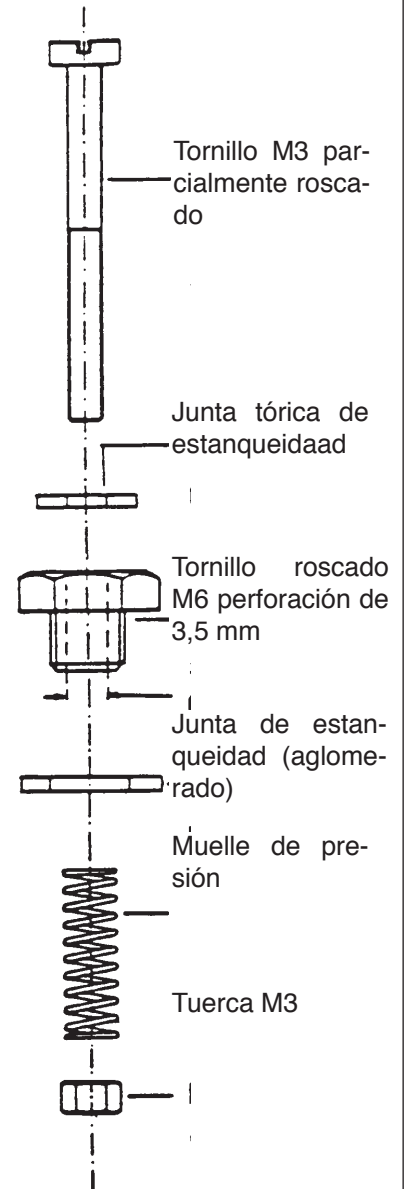
$$F = 20 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot 0,1 \text{ cm}^2 = 2 \text{ N}$$

Esto significa que la válvula de seguridad construida, debe abrirse cuando se aplica un peso de 200 gramos.

Antes de montar la válvula en la caldera, debe ajustarse y probarse usando una balanza pesacartas o de cocina.

No debe ajustarse la válvula de seguridad a más del doble de la presión de trabajo (1,5 bar = 150 gr). La válvula debe abrirse al aplicarle un peso de 300 gr.

Al estar el cilindro oscilante ajustado contra la base con un muelle, dicho mecanismo actúa como segunda válvula de seguridad, proporcionando una seguridad máxima.



Válvula de muelle



INSTRUCCIONES PARA CONSTRUIR EL CONVERTIDOR DE VAPOR

El convertidor transforma la energía térmica del vapor de agua en energía mecánica produciendo movimiento.

Las partes del convertidor son:

- Escuadra soporte de los ejes
- Cilindro y pistón
- Biela y palier de la biela
- Volante con mecanismo de transmisión

El convertidor de vapor es una parte muy importante de la máquina y requiera la máxima precisión en su construcción.

Es necesario por lo tanto no impacientarse en su realización y hacer un trabajo esmerado y muy cuidadoso.

Las fases de trabajo son:

I - Escuadra soporte del convertidor

- Hacer las dos perforaciones para los tornillos de fijación y avellanarlos.
- Marcar y taladrar las perforaciones para los paliers del cilindro y del volante. Señalar con precisión la posición de las perforaciones marcándolas con un punzón antes de perforar.
- La superficie sobre la que se desplaza el cilindro debe estar absolutamente plana y muy finamente pulida; comprobarla cuidadosamente con una regla de acero de precisión; cada rasguño u ondulación permitirá que el vapor se escape.
- Hacer la perforación de \varnothing 1,5 mm para la lubricación en la parte superior del tubo soporte del eje del volante.
- Insertar el tubo soporte del eje en su posición.
- Soldarlo al soporte con soldadura blanda.

II - Volante

- Marcar (con punzón) a 12 mm del centro y perforar (\varnothing 3,9 mm) el alojamiento del eje excéntrico.
- Introducir los ejes (\varnothing 4 x 36 mm y \varnothing 4 x 10 mm) perpendiculares al volante y con la ayuda de un tornillo de banco en las perforaciones de éste.
- Introducir el eje en el tubo soporte.
- Agrandar (taladrando) la perforación de la polea a un \varnothing de 4 mm.
- Montar el volante colocando las arandelas y la polea de fijación.

III - Cilindro

___(Ver páginas siguientes)

IV - Pistón y biela

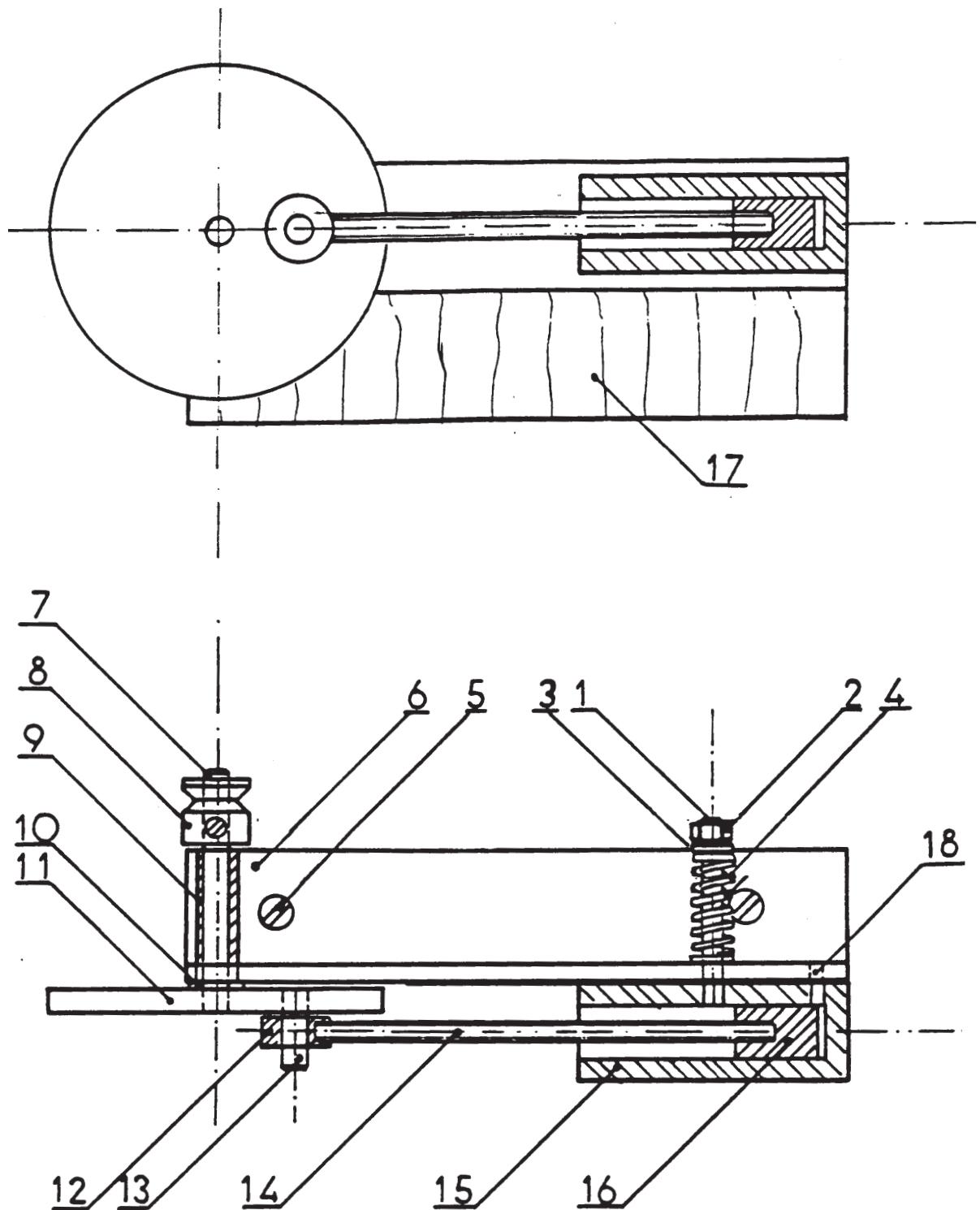
- Hacer rosca M4 de 5 mm de longitud en los dos extremos de la biela para unirlos al pistón y al palier del volante.
- Hacer una perforación (\varnothing 1,5 mm) para lubricación en la parte superior del palier (casquillo de conexión al eje excéntrico) de la biela.

El proceso de montaje de todos los mecanismos debe realizarse cuando se han construido todas las piezas.

El cilindro debe mantenerse ajustado contra la superficie pulida del soporte del muelle, cuya fuerza se puede ajustar con la tuerca de apriete.

Convertidor de vapor (sin cotas)

E 1 : 1



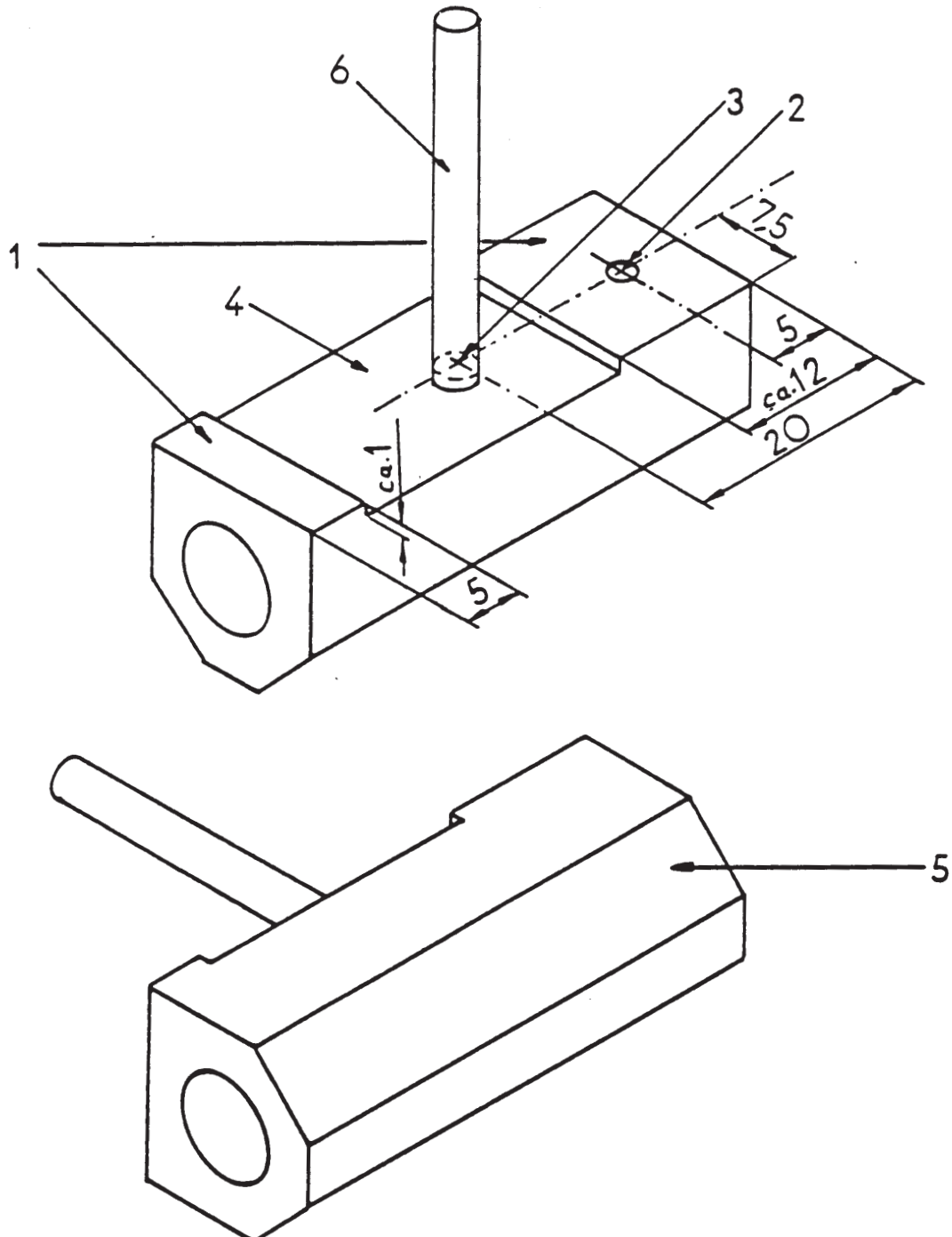
Convertidor de vapor

Lista de piezas e indicaciones de trabajo

Nº.	Descripción	Medidas	Instrucciones de trabajo
1	Eje del cilindro (acero)	M 3 x 20	Atornillar y soldar al cilindro
2	Tuerca de regulación	M 3	Atornillar al eje del cilindro
3	Arandela	∅ interior 3	Colocar entre tuerca y muelle
4	Muelle de presión	Pieza acabada	Introducir en el eje del cilindro
5	Tornillo de fijación	3 x 20 cab.cónica	Perforación ∅ 3,5 avellanada en el soporte
6	Escuadra soporte	100 x 20/20 x 2	Pulir parte delantera, perforaciones de ∅ 3 mm para eje del cilindro, ∅ 6 mm para tubo soporte eje del volante y ∅ 3,5 mm para tornillos de fijación
7	Eje del volante (acero)	4 x 36	Introducir a presión en el volante y después de ajustado, soldar.
8	Polea de transmisión sin cabeza	Pieza acabada	Perforación de ∅ 4 mm Fijar al eje con el tornillo
9	Tubo palier del volante	∅ 6 x 20 (interior ∅ 4 mm)	Soldar a la escuadra soporte. Perforación de ∅ 1,5, mm en la parte superior para lubricación
10	Arandela	Interior∅ 4	Colocar entre polea y tubo y volante y escuadra
11	Volante	Pieza acabada	Perforación excéntrica de ∅ 3,9 mm a 12 mm del centro.
12	Palier de la biela	Pieza acabada	Casquillo mecanizado. Perforar ∅ 1,5 en la parte superior para lubricación
13	Eje excéntrico del volante	∅ 4 x 10	Introducir a presión en el volante
14	Biela	∅ 4 x 68	Hacer una rosca M4 de 5 mm de largo en cadaextremo
15	Cilindro	Pieza acabada	Alisar la superficie de rozamiento. Perforar y hacer rosca M3. Dar la forma indicada en los planos.
16	Pistón	Pieza acabada	Atornillar a la biela (M4)
17	Soporte del mecanismo	100 x 20 x 25	Madera dura. Encolar en la base
18	Puertas de admisión y de escape en la escuadra	∅ 2	Efectuar las los perforaciones (∅ 2 mm) solo despues de efectuar las pruebas.

Cilindro

E 1 : 1



Instrucciones para su construcción:

- Pulir las superficies "1" que deberán quedar totalmente planas y lisas
 - Rebajar una parte de la superficie, la "4", para reducir los rozamientos
 - Realizar las perforaciones. La "2" de admisión del vapor de $\text{Ø} 2 \text{ mm}$ y la "3" de roscado del eje del cilindro de $\text{Ø} 2,5 \text{ mm}$, esta última a poca profundidad (máx. 2 mm)
 - Hacer rosca M3 en la perforación "3" después de perforar.
 - Cortar y limar los cantos del cilindro en la forma señalada "5" para reducir su piso.
 - Fijar el eje (varilla roscada) "6" roscándolo y fijándolo con pegamento para metales o soldadura blanda
- NOTA!** El eje "6" no debe introducirse en la luz del cilindro
- Si es necesario, limpiar el interior del cilindro con un mandril de $\text{Ø} 8 \text{ mm}$

UBICACIÓN DE LAS PERFORACIONES DE ADMISIÓN Y ESCAPE DEL VAPOR

La posición, en la escuadra soporte, de las puertas de entrada y salida del vapor quedan señaladas por el movimiento del cilindro. Ver figura.

El vapor debe empujar el pistón mientras el eje excéntrico del volante está en la parte superior de su trayectoria. De esta forma se obtiene la fuerza de rotación más fuerte. Inversamente, cuando el eje está en lo más bajo de su trayectoria el vapor debe poder salir.

Para obtener la ubicación exacta de las perforaciones en el soporte, se puede proceder de la siguiente forma:

Confeccionar una punta con un remache ciego de $\varnothing 2$ mm. Fijarla en la perforación de 2 mm del cilindro, la punta debe sobresalir entre 1 y 2 mm.

Montar a continuación el conjunto de mecanismos, volante, biela, cilindro y pistón y hacer numerosas vueltas del volante con la mano apretando ligeramente el cilindro contra el soporte.

La trayectoria de la perforación del cilindro ha sido trasladado directamente por la punta sobre el soporte.

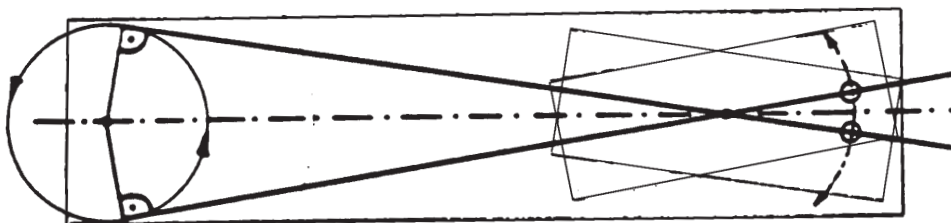
Los dos extremos de esta trayectoria indican la posición de los centros de las dos perforaciones buscados (que están separados 4 ó 5 mm).

Marcarlos con punzón y perforarlos con broca de $\varnothing 2$ mm.

Después de realizadas las perforaciones y volviendo a montar los mecanismos, se puede hacer una prueba con aire a presión (máximo 2 bar). Al reducir gradualmente la presión del aire, se dispondrá de una primera indicación del rendimiento de la máquina.

A continuación puede hacerse la unión entre la caldera y los elementos mecánicos de la máquina. Para ello deben hacerse las perforaciones de $\varnothing 4$ mm en la caldera y en las puertas de admisión y escape del soporte (las de admisión y escape deben dejarse a media profundidad ya que sólo deben facilitar la fijación, previa a la soldadura de los tubos al soporte), conformar correctamente los tubos de cobre (entrada y escape) y soldarlos con soldadura blanda en las posiciones adecuadas.

NOTA: Antes de realizar la primera prueba, lubricar todas las partes móviles (pistón, ejes, etc.). No forzar el movimiento.



Plantilla para las perforaciones E 1 : 1

Cuando todas las partes mecánicas, caldera, quemador y demás partes de la máquina están acabadas y ensambladas correctamente y después de probada la máquina con presión de aire, se puede hacer la prueba con presión de vapor.

Este es el momento que esperaban todos los alumnos y en esta situación tienen tendencia a olvidar las reglas elementales de la técnica. Aunque el modelo parezca robusto, puede estropearse por el mismo ímpetu del arranque si se hace de forma incorrecta y sin probar.

El aspecto inicial más importante es la SEGURIDAD. probar el modelo una vez más utilizando presión de aire hasta 3 bar aproximadamente. Ahora se probará la válvula de seguridad y el resto de partes móviles, asegurándose de que están bien engrasadas y que trabajan libremente.

Solo cuando todo esto se ha ejecutado correctamente puede ponerse en marcha el modelo. En esta fase la cantidad y calidad del agua utilizada juegan un papel importante. Se aconseja utilizar solo agua destilada y no llenar la caldera a más de 2/3 de su capacidad. Demasiada poca agua producirá un sobrecalentamiento y demasiada puede entrar en el cilindro y estropear el mecanismo.

Si la caldera se ha construido de acuerdo con el plano (longitud 100 mm y $\varnothing 38$ mm), su volumen será de 113 c.c. y la cantidad óptima de agua es de 60 – 75 c.c.

Esta cantidad requiere solo dos tabletas de combustible especial para adquirir la temperatura adecuada.

Ejemplo de cálculo de calentamiento:

Para calentar 60 ml de agua de 20°C a 120°C (1,5 bar), es necesario:

$$0,06 \times 100 \times 4,2 = 25,20 \text{ kJ}$$

Para pasar 60 ml de agua a vapor se necesita:

$$0,06 \times 2257 = \underline{135,42 \text{ kJ}}$$

Para el total de la operación se necesitan 160,62 kJ

Para pasar el agua a vapor se necesita seis veces más de energía que para calentarla.

El rendimiento calorífico de una caldera cilíndrica simple es de aproximadamente un 60% por lo que cambiar 60 ml de agua a vapor se necesitarán: 267,7 kJ

Una tableta de combustible de 3,9 gr libera según su fabricante 110 kJ luego con 2 se obtendrán 220 kJ.

Con este cálculo se puede ver que con 60 ml de agua y dos tabletas de combustible el peligro de sobrecalentamiento es inexistente.

Se usan estas tabletas en lugar de alcohol metílico porque pueden manejarse sin peligro. Debe tenerse en cuenta que las tabletas contienen formaldeído y solo deben usarse en locales bien ventilados. Antes de encenderlas, los alumnos deben tomar todas las precauciones contra el fuego, incluso considerar que todas las partes de la máquina se calientan mucho y pueden causar quemaduras. Por tanto también debe tenerse cuidado en no quemarse con el vapor.

Reservar un tiempo suficiente para el uso de la máquina para que los alumnos puedan saborear el fruto de su trabajo. Cuando la máquina funcione, los alumnos deberán destinar un tiempo en describir como han construido la máquina y con que controles de calidad han realizado su trabajo. También deberán investigar la eficacia de su modelo respecto a especificaciones teóricas y pensar y desarrollar aplicaciones para los principios implícitos en el funcionamiento de la máquina.

Después de su uso deben limpiarse y lubricarse las partes mecánicas de la máquina (pistón, cilindro, ejes, etc.) y vaciar el agua de la caldera.

Para conservar el acabado del modelo puede utilizarse un spray especial de barniz para metales que evita cualquier corrosión externa y guardarlo en una vitrina.

CONSEJOS PRÁCTICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Quemador y cajón guía:

- Colocarlos uno dentro del otro y serrarlos juntos
- Realizar todas las perforaciones antes de hacer los pliegues!

Soporte de la caldera:

- Fijar ambas mitades con cinta adhesiva y el conjunto fijarlo en un soporte de madera de las mismas medidas para serrar y perforar sin ningún problema.
- Usando un objeto tubular de Ø 25 mm, curvar las tiras soporte de la caldera dándoles forma y fijarlos al soporte de la caldera con los remaches ciegos de Ø 3 mm.

Cilindro:

- La perforación M3 debe hacerse con un taladro vertical y el roscado puede hacerse igualmente manteniendo el macho fijo en el taladro (sin poner en marcha) y girando la pieza con la mano que debe estar apoyada sobre una superficie plana.
- Adaptar el cilindro al pistón si es necesario ayudándose con una pasta abrasiva (usar pasta de dientes para conseguir un pulido fino).

Volante:

- Equilibrar (quitar peso) con perforaciones pequeñas (\varnothing 4 mm) en la zona donde está fijado el eje excéntrico.
- Para fijar el volante sobre su eje, apretarlo usando un tornillo de banco (estando el eje en el interior de un tubo de \varnothing 4 mm para evitar que se doble) o haciendo presa con la boca de un taladro desconectado.

Biela:

- No atornillar inicialmente la biela a fondo en el pistón, porque siempre hay que efectuar algún pequeño ajuste y éste se puede hacer atornillando más o menos la biela.

Superficies de rozamiento del cilindro:

- Utilizar un papel de lija fino de pulido al agua de grano 500, impregnado de aceite y que se montado en un soporte cristal (como superficie lo más plana posible.)

Tubo de vapor:

- Tratar de hacerlo lo más corto posible para evitar la condensación del vapor de agua.
- Se puede aislar el tubo para evitar la condensación enrollando un cordoncito a su alrededor.

CONSEJOS DE SEGURIDAD

Nota especial para los alumnos,

No construir ni poner en marcha la máquina sin el asesoramiento y control del profesor.

Nota especial para los profesores:

Vds.han decidido realizar un trabajo con metal extremadamente interesante, que permite a cada alumno construir una máquina de vapor siempre que se sigan las instrucciones indicadas.

En la medida que el profesor es responsable de la seguridad de sus alumnos, rogamos encarecidamente que en todo el proceso de construcción y de puesta en marcha de la máquina se observen escrupulosamente los puntos siguientes:

- 1.- Prueba de la caldera, con tres veces la presión de trabajo
- 2.- Asegurar que la válvula de seguridad trabaja con una presión de 1,5 bar y que está firmemente montada en la caldera, sin riesgo de desprendimiento por calentamiento.
- 3.- Etiquetar el modelo acabado con los siguientes datos: Fecha de fabricación, presión de prueba: 4,5 bar, presión máxima de trabajo : 1,5 bar, Capacidad de agua 0,06 litros.
- 4.- Después de superar con éxito las pruebas de presión de la caldera, deberá indicarse tal circunstancia en la misma, marcándola con una etiqueta que lo indique.
- 5.- Probar siempre la válvula de seguridad, asegurándose de que no está bloqueada antes de poner la máquina en marcha.
- 6.- Utilizar solo agua destilada en la caldera
- 7.- Comprobar el nivel de agua en la caldera antes de ponerla en marcha
- 8.- Usar solo dos tabletas de combustible para calentar la caldera
- 9.- Utilizar gafas y guantes de protección.

El profesor debe asegurarse que los alumnos sigan estas pautas como parte de su aprendizaje.

Finalmente debe advertir a sus alumnos, una vez más, del peligro de quemaduras con las partes metálicas y de la posibilidad de escaldarse con agua hirviendo o con vapor de agua.

Piezas de recambio- Máquina de vapor

Nº	Cantidad	Descripción	Medidas en mm	Nº				
1	1	Perfil de aluminio en "U	16,5 x 100	809.203				
2	1	Perfil de aluminio en "U	19,5 x 100	809.214				
3	2	Tornillos	2,9 x 13	264.022				
4	4	Arandelas galvanizadas	3,2	268.022				
5	1	Tuerca exagonal	M4	267.038				
6	1	Tornillo cilíndrico	M4 x 25	265.290				
7	2	Lámina de latón 63	0,4 x 165 x 75	811.072				
8	4	Remaches	3 x 4	346.159				
9	5	Tornillos para chapa	2,2 x 6,5	264.206				
10	1	Cilindro de latón 63	40 x 1 x 100	819.129				
11	2	Tapas de latón 58	40 x 3	819.130				
12	1	Tuerca exagonal latón 63	M6	267.201				
13	1	Tornillo exagonal latón	M6 x 10	269.119				
14	1	Tornillo roscado parcial.	M3 x 30	269.108				
15	1	Tuerca de latón	M3	267.212				
16	1	Muelle de presión Niro.	0,4 x 4 x 17,5 x 8,5	244.154				
17	1	Junta tórica de caucho	3 x 1	537.414				
18	1	Arandela de aglomerado	10 x 5,8 x 1	842.354				
19	1	Escuadra de latón	100 x 20 x 20 x 2	817.130				
20	4	Tornillos cabeza cónica	3 x 20	266.262				
21	1	Cilindro mecanizado de latón	40 x 15 x 15	819.141				
22	1	Pistón de latón	8 x 12	819.152				
23	1	Muelle de presión Niro.	0,4 x 4x 17,5x 8,5	244.154				
24	1	Tuerca de latón	M3	267.212				
25	1	Varilla roscada de acero	M3 x 20	269.186				
26	1	Arandela de latón	3,2	268.077				
27	1	Varilla de latón	4 x 68	816.766				
28	1	Disco de latón	50 x 4	819.163				
29	1	Varilla cilíndrica de acero	4 x 10	269.153				
30	1	Casquillo de fijación de latón		819.174				
31	1	Tubo de latón	6 x 1 x 20	818.076				
32	1	Varilla de acero	4 x 36	269.164				
33	2	Arandela de latón	4,3	268.066				
34	1	Polea de latón con anclaje		819.026				
35	1	Tubo de cobre	4 x 1 x 160	822.763				
36	1	Listón de madera	140 x 140 x 10	715.186				
37	1	Listón de madera	100 x 20 x 25	688.103				
38	1	Varilla de madera	8 x 50	682.033				