

# **LOS MOTORES STIRLING**

(los apartados 1-3, son básicamente un prontuario de direcciones de Internet, para facilitar el acceso a las mismas , que consideramos excelentes)

1. HISTORIA Y ANTECEDENTES
2. TIPOS DE MOTOR STIRLING
3. LOS MOTORES STIRLING DE BAJA TEMPERATURA
4. NUESTRO PROYECTO; ENTUSIASMO Y REALIDAD
5. DESARROLLO TECNICO.
6. MEJORAS Y EXPERIENCIAS PROPUESTAS A LA LUZ DE LOS RESULTADOS
7. BIBLIOGRAFIA ESENCIAL.

## **1. HISTORIA Y ANTECEDENTES**

Tomado de <http://www.ecotec2000.de/espanol/stir2.htm>, a quienes agradecemos la síntesis que reproducimos.

Inventado en 1816 por el reverendo Escocés Robert Stirling, el motor de aire caliente, fue un intento de simplificación de la máquina de vapor. Stirling consideraba demasiado complicado calentar agua en una caldera, producir vapor, expansionarlo en un motor, condensarlo y mediante una bomba introducir de nuevo el agua en la caldera. Otro impulso para desarrollar un nuevo sistema fueron los accidentes fatales causados frecuentemente por las máquinas a vapor, ya que aún no se había inventado el acero y las calderas explotaban con facilidad.

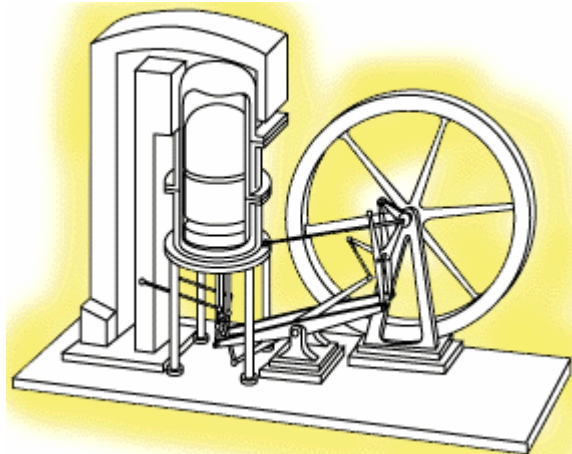
El motor de Stirling realizaba los mismos procesos de calentamiento y enfriamiento de un gas, pero todo dentro del motor y el gas era aire en vez de vapor de agua, por lo que no necesitaba caldera. Un tipo de motor bastante común en su época, sobre todo para pequeñas maquinas de uso domestico tales como ventiladores, bombas de agua etc..., su potencia especifica no era muy elevada pero su sencillez y silencio eran magníficos.

La teoría física, el proceso Carnot, fue definido 40 años mas tarde!

El principio del funcionamiento es tan solo el calentar y enfriar un medio de trabajo, sea aire, helio, hidrógeno o incluso un líquido. Calentando ese medio se provoca una expansión del mismo. El medio se desplaza a otra parte del motor dónde es enfriado y el volumen se reduce de nuevo.

Ese cambio de volúmenes activa un pistón que ejerce el trabajo del motor. Es hermético por lo que siempre se utiliza el mismo medio en un circuito cerrado (no hay escape del medio de trabajo).

Inicialmente muy común, esa tecnología murió con el invento de los motores Otto y Diesel, hasta renacer al inicio del siglo XX



impulsado por la compañía Philips en Holanda.

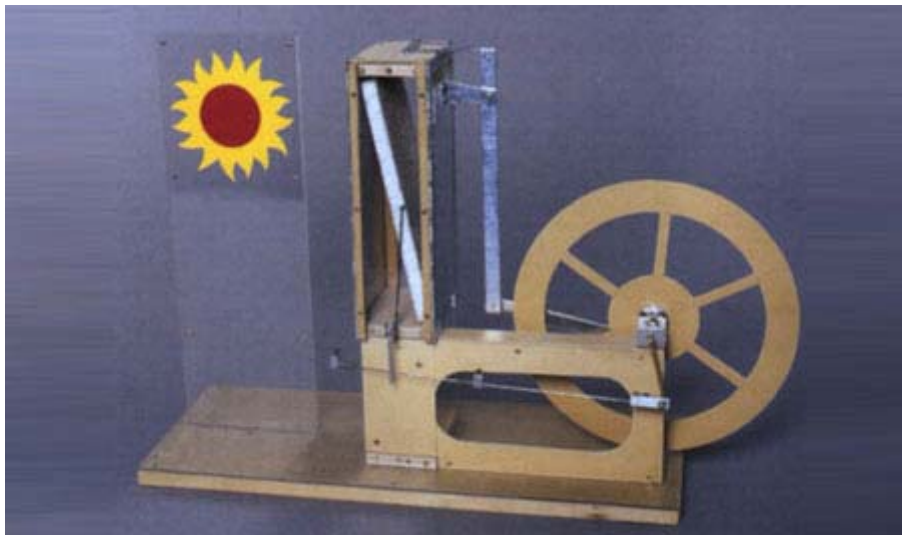
La segunda guerra mundial puso fin a una serie de nuevos desarrollos y solo hace 25 años volvieron a iniciarse nuevas iniciativas y desarrollos. Hoy en día se utilizan motores Stirling para generar calor, impulsar submarinos y próximamente en automóviles híbridos.

## 2. TIPOS DE MOTOR STIRLING

Los motores Stirling, básicamente son de tres tipos, que usualmente se designan por los tipos alfa, beta y gamma. Todo lo concerniente al ciclo Stirling, a sus tipos y diagramas de funcionamiento se halla en <http://personales.able.es/jgros/>, a quienes agradecemos tan buena labor que nos es gratis citar y recomendar.

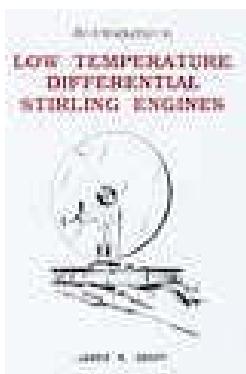
## 3. LOS MOTORES STIRLING DE BAJA TEMPERATURA (LTD STIRLING ENGINE)

Desarrollados por el gran profesor IVO KOLIN



Prototipo inicial del profesor Kolin

<http://www.ivokolin.com/>, y perfeccionados por **James R. Senft**, estos dispositivos son, por su fácil manejo y elegante diseño, los más populares entre los constructores aficionados de hoy.



Este pequeño manual, que puede adquirirse fácilmente, en <http://www.powells.com/s?author=James%20R.%20Senft> es garantía de éxito, para cualquier constructor, nosotros tomamos algunos detalles del mismo, pero básicamente partimos de un modelo visual basado en este libro, cuya dirección es:

<http://video.google.es/videosearch?hl=es&q=stirling&um=1&ie=UTF-8&sa=N&tab=wv>.

Básicamente estamos hablando de esto :

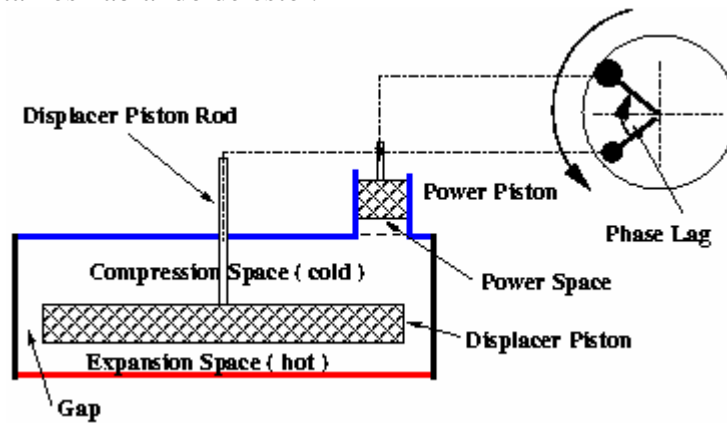


Diagrama tomado de:

<http://images.google.es/imgres?imgurl=http://mac6.ma.psu.edu/stirling/simulations/DHT/typicalDHT.gif&imgrefurl=http://mac6.ma.psu.edu/stirling/simulations/DHT/index.html&h=208&w=365&sz=4&hl=es&start=12&um=1&tbnid=CCt80Jne8bIdIM:&tbnh=69&tbnw=121&prev=/images%3Fq%3Dstirling%2Bld%26um%3D1%26hl%3Des%26safe%3Doff%26sa%3DN>

#### 4. NUESTRO PROYECTO, ENTUSIASMO Y REALIDAD.

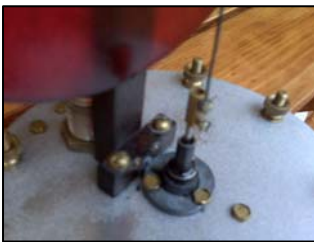
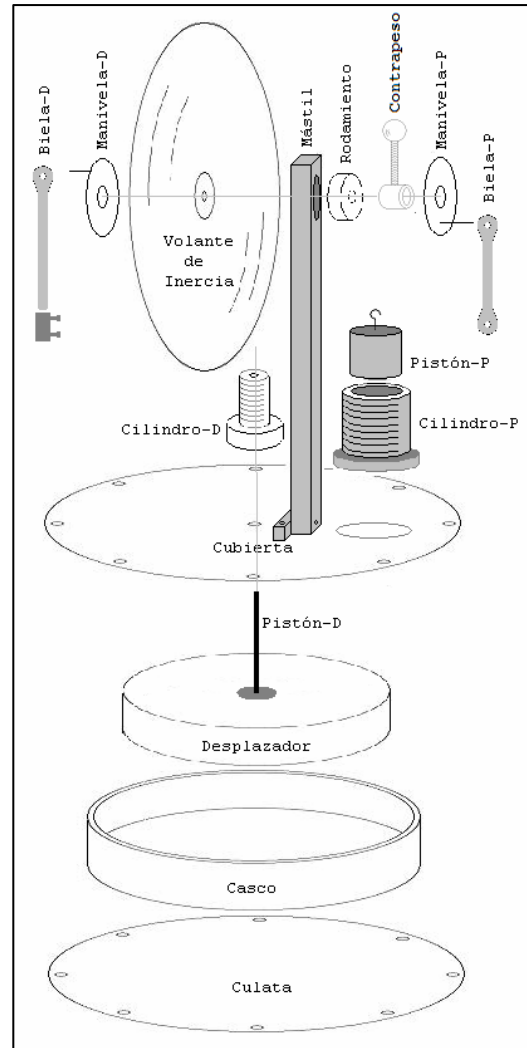
Partiendo del modelo no funcional, aunque de muy buena factura mecánica de HOMER, y de un modelo, como he dicho, basado en las referencias visuales del vídeo de YOUTUBE, decidí proponer a Alberto, colaborar para llevar a buen puerto un Stirling para cada uno y realizar una ficha (la presente), sin pretensiones, más allá de ser didáctica y resuelve-dudas, de carácter documental y testimonial.

Empezamos bien, sentido de orden, metodología, cooperación. Desechamos la idea de arrancar el prototipo de Homer, por creerlo demasiado pesado (me refiero al volante) y de tamaño pequeño. Usamos mi modelo, Alberto lo perfeccionó, yo lo había resuelto bastante bien, con la ayuda de mi amigo Joan Cervera, auténtico as de las máquinas de vapor, conocedor de los secretos de las bielas, los desfases, los contrapesos.... Alberto, un poco escéptico, yo entusiasmado, nos compensamos, y al final después de algunas modificaciones que ya explicará él, en el apartado técnico, Funcionó!!!!!!!!!!!!

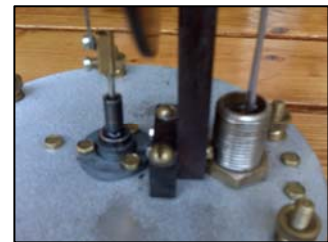
Quiero dejar bien sentado que es un mérito compartido, tanto monta....y que , en definitiva, nos ha unido en amistad y trabajo, me siento satisfecho, más por esto que por el motor, que también nos llenó de alegría.

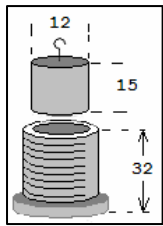


## 5. DESARROLLO TECNICO.



La parte más crítica es el conjunto Cilindro-Pistón del Desplazador. Para el Cilindro-D lo que mejor resultado nos ha dado es un trozo de 15mm. de carbón de pila, pegado dentro de un tubo metálico y perforado con una broca de de 1,5 mm. El Pistón-D es una varilla de 50mm. de longitud. Debe caer libremente a través del cilindro pero sin holgura. Difícil pero no imposible.



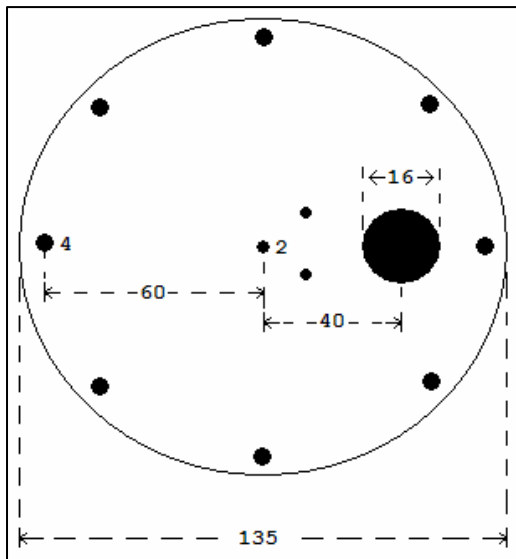


El siguiente punto delicado es el conjunto Cilindro-Pistón de potencia, pero al ser de diámetro mucho mayor, el ajuste es bastante más fácil. El Pistón-P es tubo de vidrio de 1,2cm. de diámetro exterior (como el de las lámparas de bajo consumo), relleno de pegamento y con un alambre curvado en el centro para engarzar con la Biela-P.

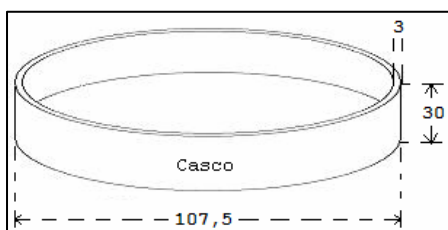


El Cilindro-P es un tubo de latón roscado exteriormente y con sus correspondientes tuercas para sujetarlo a la Cubierta.

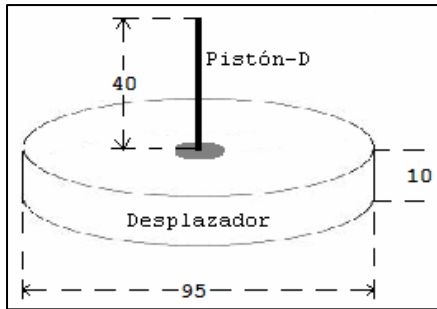
Como solo disponíamos de un ejemplar, para el segundo prototipo optamos por otra solución: el Cilindro-P de vidrio y el Pistón-D de aluminio. No nos libramos del tubo roscado y la tuerca, pero no es difícil de hacer recortando material de fontanería. Entre ambos prototipos hay una diferencia de 2 mm. en el diámetro y los dos funcionan, así que en este punto hay margen.



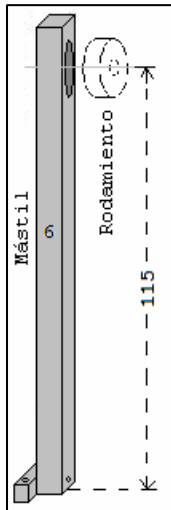
Tanto la culata como la cubierta son círculos de chapa de aluminio de 1mm. En el centro de la Cubierta se perfora un orificio de 2 mm. y se fija el Cilindro-D. Y a 40mm. del centro de la Cubierta va el centro del orificio para insertar el Cilindro-P.



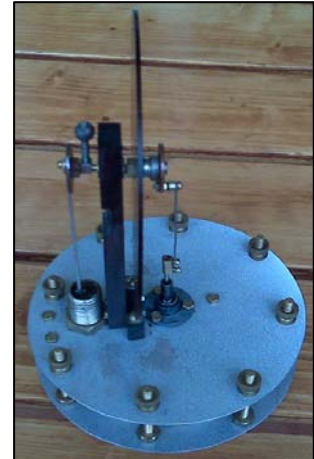
El casco es un recorte de un recipiente de cocina de plástico transparente. Va fijado con pegamento a la Culata y ajustado con caucho a la Cubierta, todo ello apretado con 8 tornillos M4.



El desplazador es espuma de poliuretano. Se recorta fácilmente con un cúter y se pule con lija sobre una tabla, como el vidrio. Para que quede bien centrado lo mejor es introducirlo en el casco, con un papelito en el fondo y un trozo de cordón alrededor. Se le hace un orificio en el centro, se rellena de pegamento, se cierra la cubierta y se introduce el Pistón-D. Una vez seco se levanta la cubierta, se retira el cordón, se despega el papelito y listo.



El mástil es de madera, con un orificio donde se aloja el rodamiento. A través de él pasa el eje, un tornillo M4 de 25mm.



Las dos manivelas, desfasadas  $90^\circ$ , son monedas de 0,05€ perforadas y con un tornillo a 7,5mm. del centro. En el segundo prototipo se utilizaron arandelas y clavos soldados.



El recorrido total por tanto es de 15mm. Como el casco mide 30mm y el desplazador 10mm nos quedan 5mm de margen para que éste no tropiece con las cabezas de los tornillos que asoman por debajo de la cubierta.

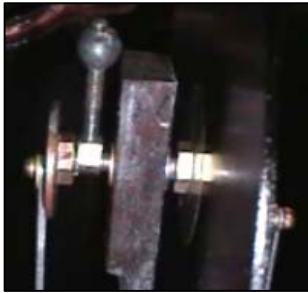
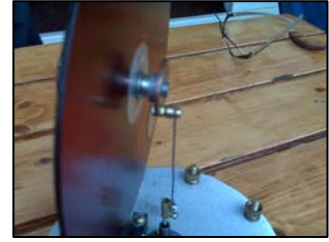
Las bielas son de aluminio en el primer prototipo. En el segundo se hicieron de alambre, con un extremo enrollado un par de vueltas alrededor del clavo de la manivela y el otro extremo con forma de gancho.



La Biela-D se engarza al pistón con un conector eléctrico al que se le retira la protección de plástico. Uno de los tornillos del conector sirve para fijar el Pistón-D y el otro como eje para el gancho de la Biela-D.



El volante de inercia, en el primer prototipo es plástico de 2mm de grosor y 12cm. de diámetro. En el segundo es un DVD con una arandela pegada en el centro para encajarlo en el eje.



Para terminar, sobre este mismo eje, lleva un anillo fijado con tornillo y rematado con una bola, que sirve de contrapeso para equilibrar todo el conjunto. La bola está perforada y roscada, lo que permite un equilibrado mucho más preciso.



Una vez equilibrado, funciona perfectamente sobre una taza de café: [Vídeo](#)

## 6. MEJORAS Y EXPERIENCIAS PROPUESTAS A LA LUZ DE LOS RESULTADOS

Intentamos algunos cambios, pero sin efecto apreciable:

- Los 8 tornillos que sujetan la “cámara de gas” se sustituyeron por macarrones de plástico, menos conductores del calor.
- Tornillo de acero perforado en lugar de la barra de grafito.
- Pequeñas perforaciones en el desplazador, para facilitar el trasiego de aire y actuar como regenerador.
- Válvula (orificio, tubo y tapón), abierta solo para el equilibrado.

## **6. BIBLIOGRAFÍA ESCENCIAL**

Evolution of the Heat Engine  
Ivo Kolin / Moriya Press

Introduction to Low Temperature Differential Stirling Engines  
James R. Senft / Moriya Pres

Introduction to Stirling Engines  
James R. Senft / Moriya Press

Steam & Stirling Engines You Can Book 2  
Live Steam Magazine / VILLAGE PRESS INC

Stirling a Book on Steam for Engineers  
Stirling Eng / STIRLING CONSOLIDATED BOILER C