

## FICHA DE PROYECTO 2018

<b>TÍTOL : Construcció i millora d'un motor de Stirling</b>	
<b>Centre: IES Ausiàs March - Gandia</b>	<b>Curs y Cicle (ESO/BAT/CFGM): 3r ESO</b>
<b>Categoria de concurs: X FÍSICA (demos. i experiments)</b>	
<b>Nom del professor tutor 1: Savall Alemany, Francisco</b>	
<b>Nom de la professora tutora 2: Esparza Garcia, Míriam</b>	
<b>Nom i cognoms dels participants (4 màxim)</b>	
Llopis Malonda, Jesús	Marco Muñoz, Inés
Pons Muñoz, Mireia	Tarazona Gregori, Clàudia

### Resum breu del projecte i objectius

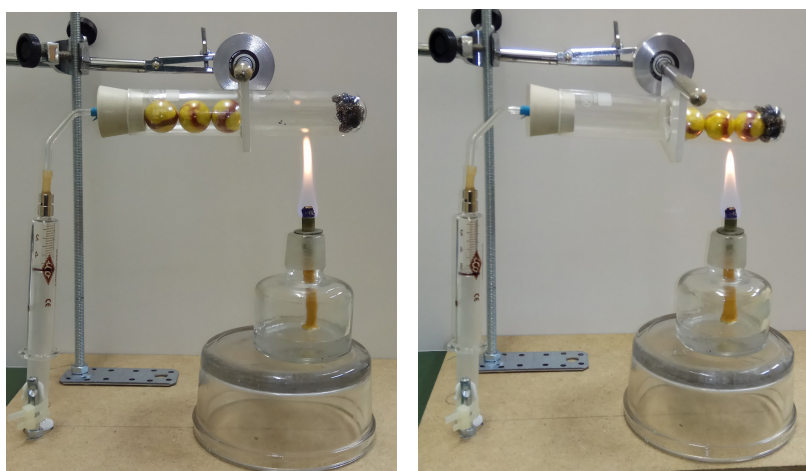
L'objectiu de la nostra investigació és construir un motor tèrmic i, després d'analitzar el funcionament, introduir-hi modificacions que facen que es moga més ràpidament. Per la facilitat de construcció, hem seleccionat un motor de Stirling amb boles, que té com a font d'energia un procés de combustió extern (una flama d'alcohol en el nostre cas).

### Material i muntatge

La primera part del nostre treball ha consistit en construir el motor, usant com a referència el que descriu Boada (2017). Per fer-ho, hem usat una xeringa de vidre (presenta una força de fregament molt baixa) i l'hem subjectada amb un cargol i dues brides en vertical sobre una taula de fusta. A continuació hem posat un pal vertical i, amb l'ajuda d'una nou i unes pinces, hem subjectat un tub d'assaig d'un eix horitzontal perpendicular a la xeringa, com s'observa en la figura 1 (part esquerra). En l'interior del tub introduïm un nombre variable de boles de vidre («caniques») i, per evitar impactes violents, al fons del tub posem llana metàl·lica. Per últim, connectem l'extrem de la xeringa amb el tub d'assaig usant un colze de vidre, tubs de goma i un tap, formant una cambra estanca que no deixa entrar ni eixir aire. Un foguer d'alcohol situat baix del tub d'assaig fa de font de calor.

### Funcionament i fonamentació: Principis físics involucrats i la seua relació amb aplicacions tecnològiques

Aquest motor és un dels diferents models que es coneixen amb el nom genèric de motor de Stirling (referència a la web), i tots ells estan caracteritzats per presentar el mateix cicle termodinàmic. En el nostre cas concret, comencem a calfar el motor en la posició en què es troba en la figura 1. A mesura que l'extrem del tub s'escalfa augmenta la temperatura del gas interior i, en conseqüència, augmenta la pressió. Aquest augment de pressió produeix un augment de volum que desplaça la xeringa cap a dalt (és l'única part del mecanisme que pot ser desplaçada pel gas tancat en l'interior). La xeringa, mitjançant el colze de vidre, empeny l'extrem del tub d'assaig en què es troba el tap i l'eleva. Alhora, aquest moviment desplaça les boles cap al fons del tub d'assaig, quedant el mecanisme en la posició que mostra la figura 1 (part dreta).



**FIGURA 1:** En la part esquerra s'observa el muntatge: una xeringa de vidre en posició vertical fixada a una taula de fusta i connectada mitjançant un colze de vidre a un tub d'assaig que conté, en aquest cas, tres boles. Al fons del tub d'assaig hi ha una malla de ferro. Quan escalfem l'extrem inferior del tub es l'aire de l'interior augmenta de volum i la xeringa s'alça, desplaçant el tub d'assaig i les boles a la posició mostrada en la part dreta. Les boles, en moure's al fons del tub d'assaig, desplacen l'aire calent cap a l'extrem fred del tub, això fa que es refrede, que la pressió disminuisca i que es recupere la posició mostrada en la imatge esquerra.

Quan les boles passen al fons del tub d'assaig desplacen l'aire calent que allà s'hi trobava cap al costat fred del tub d'assaig i cap a la xeringa. En conseqüència, la temperatura de l'aire disminueix, també disminueix la pressió i el volum, i la xeringa es comprimeix. Això fa que la xeringa tire cap avall de l'extrem del tub d'assaig en què es troba el tap, desplaçant de nou les boles cap al tap, retornant a la posició que mostra la figura 1 i tancant el cicle.

El motor Stirling va ser inventat el 1816 per Robert Stirling i va rivalitzar inicialment amb el motor de vapor, encara que les seues aplicacions es van reduir a l'àmbit domèstic, tot i ser més eficient que el motor de vapor. L'elevada eficiència del motor Stirling i el fet que pugui ser accionat per fonts tan diverses com un procés de combustió, un procés nuclear, radiació solar, etc. (a diferència del motor de combustió interna) està fent que torne a tindre interès i que s'estiga investigant com a mecanisme de producció d'energia renovable. Entre d'altres, en el Centro Stirling de Mondragón s'investiga en la construcció d'un motor Stirling per a la producció d'electricitat a partir de biomassa, projecte en el qual també es pretén aprofitar la calor residual a través de procediments de cogeneració i en la Plataforma solar d'Almeria s'usa per produir electricitat a partir d'energia solar.

### Resultats: observacions i mesures

Després d'observar com funciona el motor hem investigat com canvia la velocitat d'oscil·lació en canviar el nombre i el diàmetre de les boles. Hem usat boles de dos diàmetres, 24mm i 26 mm. Els resultats obtinguts en mesurar el temps que tardava el motor en fer 10 oscil·lacions són els que es mostren en la taula 1 i es representen en la figura 2. Cada mesura s'ha repetit almenys tres vegades amb la finalitat d'obtenir valors mitjans.

Nombre de boles	T (s) (boles 24 mm)	T (s) (boles 26 mm)
5	10,9	-
4	12,3	9,1
3	14,9	11,1
2	16,0	12,1
1	No oscil·la	16,6

Taula 1: Temps que tarda el motor en fer 10 oscil·lacions.

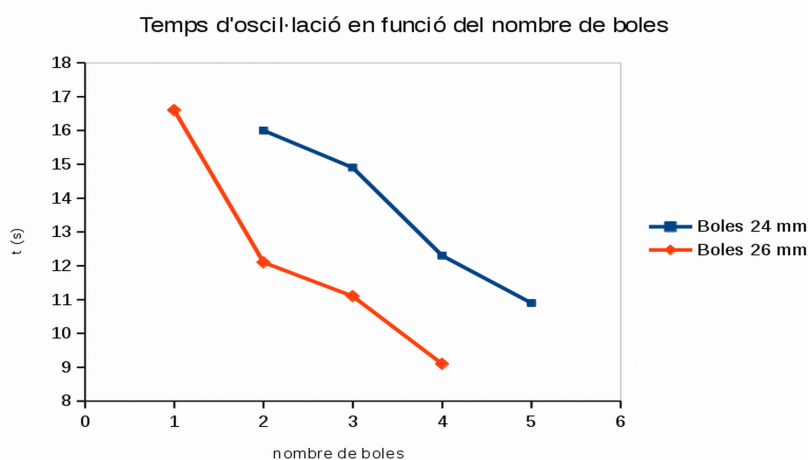


Figura 2: Representem el temps que tarda el motor en fer 10 oscil·lacions en funció del nombre de boles.

Observem que el temps necessari per fer 10 oscil·lacions es redueix (el motor oscil·la més ràpid) a mesura que augmenta el nombre de boles. A més, també es redueix el temps d'oscil·lació quan fem boles de major radi.

### Conclusions

Les mesures aporten evidències de què la velocitat del motor augmenta quan es desplaça al seu interior un objecte (o conjunt d'objectes, en aquest cas les boles) més voluminosos. Podem interpretar aquest resultat considerant que, en moure's, desplacen un major volum d'aire en l'interior del tub d'assaig. Això implica:

- Que s'absorbeix més energia de l'extrem calent, ja que la quantitat d'aire que s'escalfa o es refreda en cada cicle és major.
- Que el canvi de pressió és major, i per tant l'aire fa més força sobre el pistó.

En aquests moments seguim investigant amb el motor, concretament estem investigant com canvia la velocitat del motor quan usem tubs d'assaig de diferents dimensions, tant pel que fa al radi com a la longitud. Esperem donar compte d'aquests avanços durant la fira.

### Bibliografia

Boada, M. (2017). Motores mínimos (III), *Investigación y Ciencia*, n. 487.  
[es.wikipedia.org/Motor\\_Stirling#cite\\_ref-3](https://es.wikipedia.org/Motor_Stirling#cite_ref-3)  
[www.centrostirling.com/cas/proyectos\\_relevantes.html](http://www.centrostirling.com/cas/proyectos_relevantes.html)  
[www.youtube.com/watch?v=ldFZUnzdI&t=3s](https://www.youtube.com/watch?v=ldFZUnzdI&t=3s)