FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

PUSH-ME!!!

Energía Verde Piezoeléctrica

Equipo de Trabajo:

-Carlos García Acevedo.
-Tomás Iglesias García.
-Carolina San Martín Monsalve.
Ayudante: Gustavo Soto

CURSO: TALLER DE PROYECTO
Energías renovables y uso eficiente de energía

Profesor: Rodrigo Palma B.

Índice

Página

Resumen Ejecutivo.....3

1. Introducción.....4

2. Estado del Arte.....5

2.1. Historia de los piezoeléctricos.....5

2.2. Teoría de los piezoeléctricos.....6

3. Propuesta de Generación de energía.....10

3.1. Descripción del problema.....10

3.2. Metodología de trabajo.....10

3.3. Diseño Propuesto.....14

4. Validación y pruebas.....17

5. Conclusiones.....18

6. Bibliografía.....19

7. Anexos.....

Resumen Ejecutivo.

El problema de la escasez de energía en la actualidad nos incentiva a investigar sobre formas alternativas de energías que no son tan conocidas, en este caso: Efecto piezoeléctrico.

A grandes rasgos, la piezoelectricidad es un fenómeno presentado por determinados cristales que al ser sometidos a tensiones mecánicas adquieren una polarización eléctrica en su masa, apareciendo una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie.

Push-Me es un dispositivo, bastante simple, que permite la generación y acumulación de energía. La metodología llevada a cabo fue:

- Primero se realizó una amplia investigación sobre este efecto, dado el poco conocimiento que los integrantes del equipo tenían sobre el tema.

- Una vez adquirida la teoría, se sabía que un piezoeléctrico genera energía, pero no se tenía claro cuanta, por esto se procedió a realizar algunos sencillos experimentos para comprobar la capacidad energética de algunas piedras piezoeléctricas. Para esto se ocuparon "chisperos piezoeléctricos", los cuales se presionaron durante un cierto tiempo de manera continua, se realizaron mediciones a través de un Téster.

- El paso siguiente fue realizar propuestas de diseños, se desecharon varias, ya que la máquina debía aprovechar la máxima compresión de los piezoeléctricos.

1. Introducción.

El presente informe tiene como finalidad dar a conocer los fundamentos y el desarrollo del Proyecto Push-Me, el cual, si bien no es de una gran complejidad, es el primer paso para la elaboración de cosas mayores.

Push-Me nace de la necesidad de aprender y entender más sobre las diversas energías renovables existentes, para así poder explotarlas lo más posible, ya que al transformarlas y aprovecharlas se genera el mínimo impacto medio ambiental, tema no menor en nuestros tiempos. Si bien existen un sin número de formas de energía, todavía hay algunas de las que se sabe muy poco o casi nada. Es por eso que se decidió trabajar con el efecto piezoeléctrico.

El objetivo principal del proyecto consiste en disponer de un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica que haga uso, precisamente, del efecto piezoeléctrico para la generación de ésta. Es un proyecto prototipo, no es a escala real y no se enfoca en eficiencia ni en el desarrollo de materiales.

Dentro de los objetivos específicos:

- El efecto piezoeléctrico es la base del proyecto, por lo que estudiar y entender su mecanismo de funcionamiento será un paso fundamental para llevar a cabo el fin último.

- Experimentar con un "chispero" piezoeléctrico, para así entender su funcionamiento y extraer algunas ideas que puedan servir para el proyecto.

2. Estado del arte.

2.1 Historia de los materiales piezoeléctricos

Los primeros hallazgos relacionados con el efecto piezoeléctrico fueron publicados en 1880 por Pierre y Jacques Curie. Ellos midieron cargas en la superficie de cristales (turmalina, cuarzo, topacio, azúcar de caña y sal Rochelle entre otros) que eran sometidos a esfuerzos mecánicos. En esta primera etapa los hermanos Curie acertaron al decir que este efecto era producto de ligeras asimetrías en la estructura atómica de los cristales, pero no pensaron que existiría el efecto contrario, en el que si se aplica una carga eléctrica al cristal, este se deforma. Esta propiedad fue deducida matemáticamente a partir de los principios fundamentales de la termodinámica por Lippmann en 1881.

En los próximos 25 años se siguió investigando el fenómeno, se describieron las 20 clases de cristales naturales en los que ocurre el efecto piezoeléctrico y se definieron los 18 coeficientes piezoeléctricos. Así en 1910 Voigt publicó "Lerbuch der Kristallphysik", que fue el documento de referencia en cuanto a efecto piezoeléctrico se trataba.

Pero no fue hasta 1917 que se le dio un uso a este fenómeno. En plena Primera Guerra Mundial se desarrollo un sonar a partir de finos cristales de cuarzo. Así con este desarrollo inicial entre 1920 y 1940 se dio paso al desarrollo de otras tecnologías, entre las que se encuentran casi todas las aplicaciones del efecto piezoeléctrico que vemos hoy en día (micrófonos, acelerómetros, transductores ultrasónicos, actuadores, filtros de señales, etc).

Luego entre 1940 y 1965 se produjo un desarrollo por separado en Japón, Estados Unidos y la Unión Soviética, en plena Segunda Guerra Mundial y después de ella. El principal cambio de esta época fue que se empezaron a desarrollar materiales piezoeléctricos, y así ya no se desarrollaban tecnologías en función de los materiales disponibles, sino que se desarrollaban materiales en función de lo que se necesitaba. Pero este desarrollo en guerra hizo que los investigadores se acostumbraran a trabajar de forma “secreta”, así en la época post guerra en EEUU las empresas desarrollaban por separado y el conocimiento no era compartido.

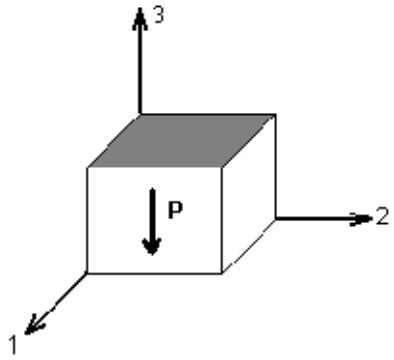
Por otro lado en Japón, a diferencia de EEUU, varias compañías y universidades se habían asociado en 1951 en el “Barium Titanate

Application Research Committee". Así entre 1965 y 1980 en Japón el desarrollo de nuevos conocimientos, nuevos procesos y nuevas tecnologías fue mucho mayor que en el resto del mundo, donde se podría decir que las tecnologías piezoeléctricas estaban en receso. Y fue en este período en donde se crearon los materiales piezoeléctricos más comunes que se usan hoy en día.

Después de 1980 el mundo vio como en Japón se había desarrollado un mercado y tecnología para los materiales piezoeléctricos, y de ahí hasta hoy en día la cantidad de investigación en muchas partes del mundo ha aumentado, y se sigue buscando un mejor material piezoeléctrico.

2.2 Un poco de teoría.

Cuando se fabrica un material piezoeléctrico, éste debe ser polarizado para que obtenga sus propiedades piezoeléctricas. De acuerdo a esta polarización es que se identifican tres direcciones análogas a los ejes de coordenadas cartesianas XYZ. Acá el eje 3 siempre se elegirá paralelo al sentido de la polarización, indicada en la Fig. 1 por el vector P, que va desde el polo positivo al polo negativo.



Coeficientes Piezoeléctricos.

Como se dijo anteriormente hay ciertos coeficientes que determinan las propiedades físicas y eléctricas de los materiales piezoeléctricos.

Los coeficientes piezoeléctricos con dos subíndices unen cantidades mecánicas y eléctricas. El primer subíndice da la dirección del

campo eléctrico asociado al voltaje aplicado, la carga o voltaje producido. Mientras que el segundo subíndice da la dirección del stress mecánico o la tensión.

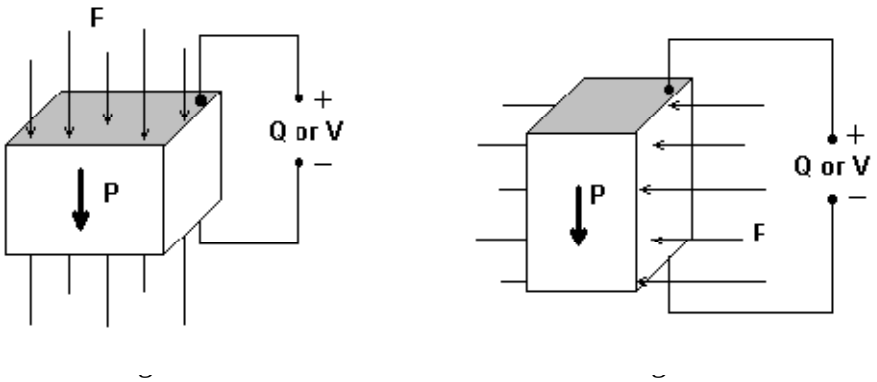
Coeficiente piezoeléctrico de carga (d).

La constante d piezoeléctrica es una relación de la carga eléctrica generada por unidad de área a una fuerza aplicada.

$$d_{ik} = \frac{Coulombs/metros^2}{Newtons/metros^2} = \frac{Coulombs}{Newtons}$$

$$d_{ik} = \frac{metros/metros}{volt/metros} = \frac{metros}{volt}$$

Por ejemplo, el coeficiente d_{33} se usa cuando la fuerza se aplica en la misma dirección en que se colecta la carga y paralelo al sentido de la polarización (Figura 2), y el coeficiente d_{31} se usa cuando la carga se colecta en la misma cara anterior, pero la fuerza se aplica en una dirección ortogonal al sentido de la polarización (Figura 3).



Coeficiente piezoeléctrico de voltaje (g).

El coeficiente g es la relación del campo eléctrico producido a la tensión mecánica aplicada.

$$g_{ik} = \frac{Volt/metro}{Newton/metro^2} = \frac{Volt - metro}{Newton}$$

$$g_{ik} = \frac{metro/metro}{Coulomb/metro^2} = \frac{metro^2}{Coulomb}$$

Constante dieléctrica.

La constante dieléctrica relativa se define como la relación entre la permitividad del material y la permitividad de espacio vacío.

Factor de pérdida dieléctrica.

Es una medida de la pérdida dieléctrica del material. Se define como la tangente del ángulo de pérdida.

Factor de calidad mecánica (Q).

El factor Q es un número que no tiene dimensiones y que da la calidad de una cerámica como un oscilador armónico.

Constantes de frecuencia (N).

La constante de frecuencia N es el producto de la frecuencia de resonancia y la dimensión lineal que gobierna la resonancia. También es igual a la mitad de la velocidad del sonido en la misma dirección.

Coeficiente de acoplamiento piezoeléctrico.

Este coeficiente es definido como la proporción de la energía mecánica acumulada en respuesta a una entrada eléctrica o viceversa. Es decir, es un índice de la efectividad de un material piezoeléctrico para convertir energía mecánica en energía eléctrica, y viceversa.

$$k = \sqrt{\frac{energía\ mecánica\ acumulada}{energía\ eléctrica\ aplicada}}$$

$$k = \sqrt{\frac{energía\ eléctri\ acacumulada}{energía\ mecánica\ aplicada}}$$

Módulo de Young.

El módulo de elasticidad o módulo de Young es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.

Tasa de envejecimiento.

La tasa de envejecimiento de un material piezoeléctrico cerámico es un índice del cambio de ciertos parámetros del material a lo largo del tiempo.

3. Propuesta de sistema de generación de energía.

3.1 Descripción del problema.

Frente a la gran preocupación mundial por los problemas energéticos, la sociedad no puede seguir desarrollándose a base de fuentes de energía que se van agotando y a los temas medio ambientales, en particular el calentamiento global, surge la necesidad de investigar sobre nuevas fuentes energéticas alternativas.

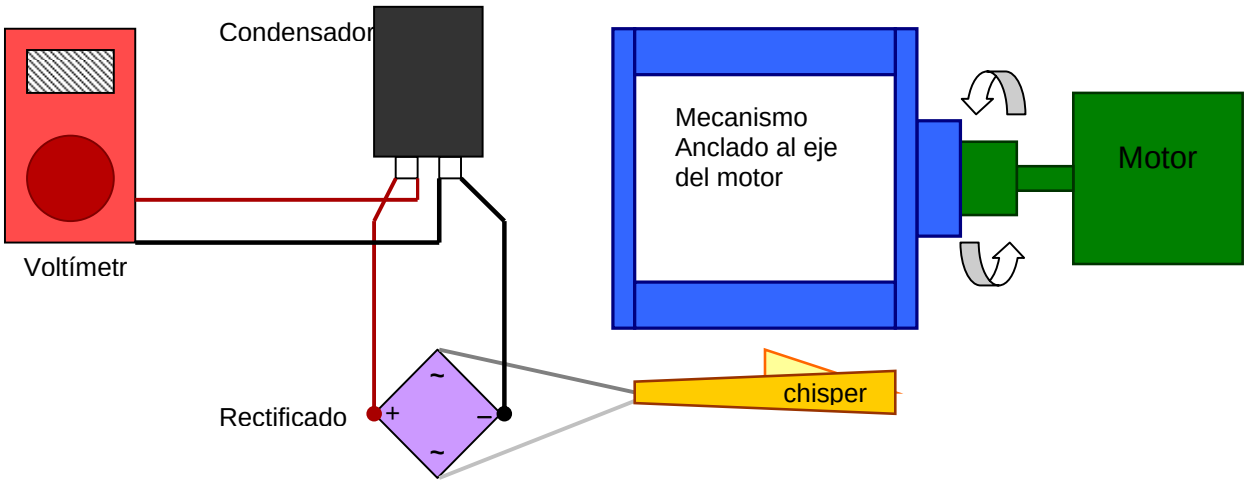
Para abordar esto, se decidió trabajar con el efecto piezoeléctrico, ya que se consideró un tema del cual poco se sabe. La idea de este proyecto es aprovechar la capacidad de algunos cristales, cuya exposición a presiones mecánicas, provoca que los átomos ionizados (cargados) presentes en la estructura de cada celda de formación del cristal se desplacen, provocando la polarización eléctrica de ella. Debido a la regularidad de la estructura cristalina, y como los efectos de deformación suceden en todas las celdas del cuerpo del cristal, estas cargas se suman y se produce una acumulación de la carga eléctrica, produciendo una diferencia de potencial eléctrico entre determinadas caras del cristal que pueden ser muchos voltios.

3.2 Metodología de trabajo.

Luego de realizar las investigaciones prudentes acerca del tema se procedió a realizar algunas actividades prácticas. Sabíamos que un piezoeléctrico genera energía, pero no tenemos claro cuanta, es por eso que se decidió llevar a cabo un experimento sencillo pero útil, se intentó cargar un condensador sólo con la energía de un cerámico (de un chispero de cocina), el cual fue pulsado durante más menos un día. Se necesitó para ello, conocimientos básicos de electricidad, como el Efecto Joule 'P=V·I', Ley de Ohm 'V=I·R', y la descarga de un Condensador 'V(t)=V0*exp(-t/R·C))', donde C corresponde a la capacidad del condensador y R a la resistencia del circuito, así, midiendo el voltaje del condensador descargándose, se pudo estimar la energía acumulada.

Montaje:

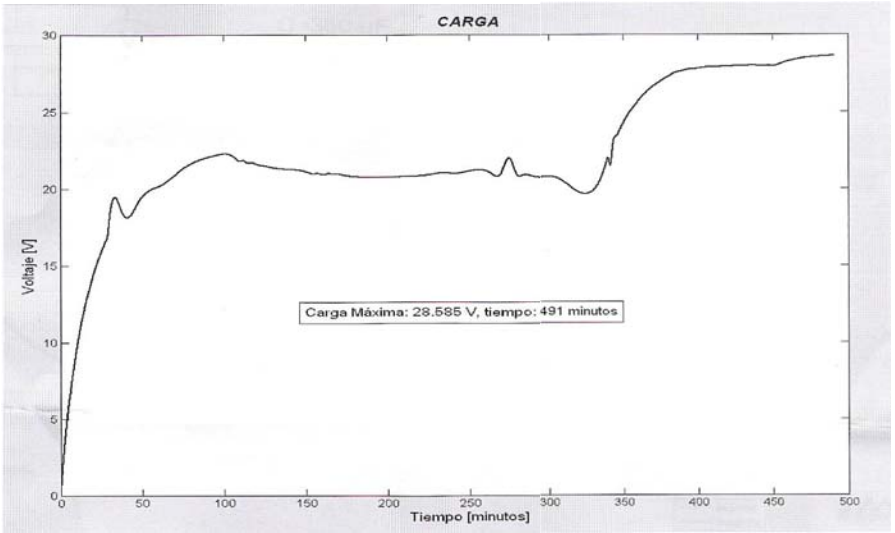
Se diseño un mecanismo sencillo, con el cual nos fijamos a un motor, y con este, pulsar el chispero con frecuencia regular, como muestra la figura:



Así, con el giro del motor, gira el mecanismo pulsando el chispero, aprovechando (gracias al rectificador) la energía tanto de compresión (positiva) como de descompresión (negativa) del piezoeléctrico, se mide el voltaje acumulado en el condensador por medio de un tester.

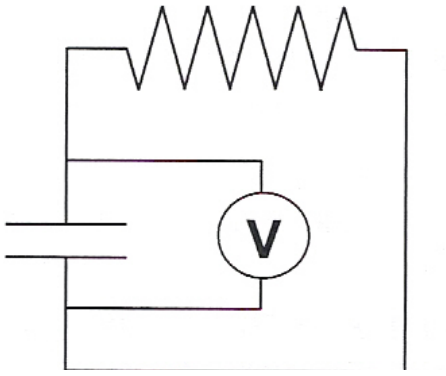
Experimento.

Carga: se pulsó el piezoeléctrico cada 1.5 segundos (2/3 [Hz]), durante 8 horas y 11 minutos.



Conseguimos una carga poco esperada. En un comienzo, el piezoeléctrico se pulsaba al máximo, llegando a los 22 Volts (y contando), pero una falla mecánica en el chispero, (T=100 aprox.) redujo la compresión, y la carga bajo a 21 Volts estabilizándose. Para finalizar la toma de muestras cambiamos el mecanismo de medición, pasando de un tester a un Fluke, solo para conseguir la variación con decimales (el tester trunca los valores, y estábamos estables con 20.7 Volts). Con el cambio de medidor, el voltaje comenzó a crecer, consiguiendo cierta estabilidad a los 440 minutos, pero luego, comenzó a crecer nuevamente. Finalizamos la toma de muestras a los 491 minutos, con el voltaje aún creciendo (pero con menos velocidad)

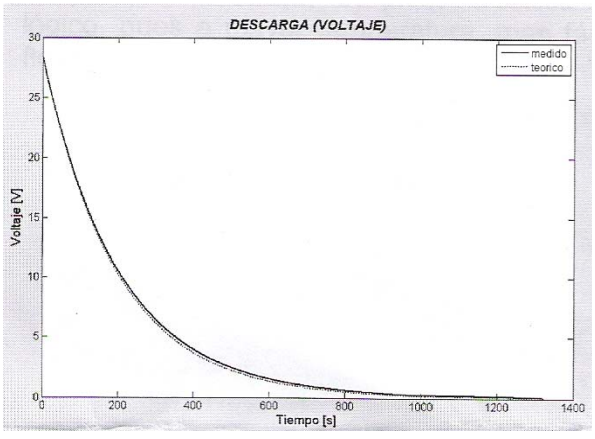
Se armó el siguiente circuito para medir la descarga (controlada) del condensador.

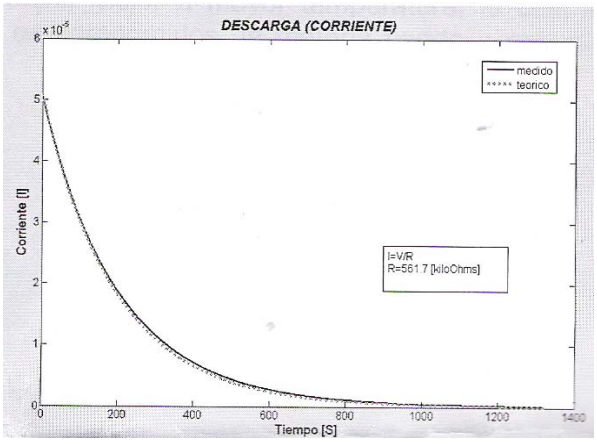


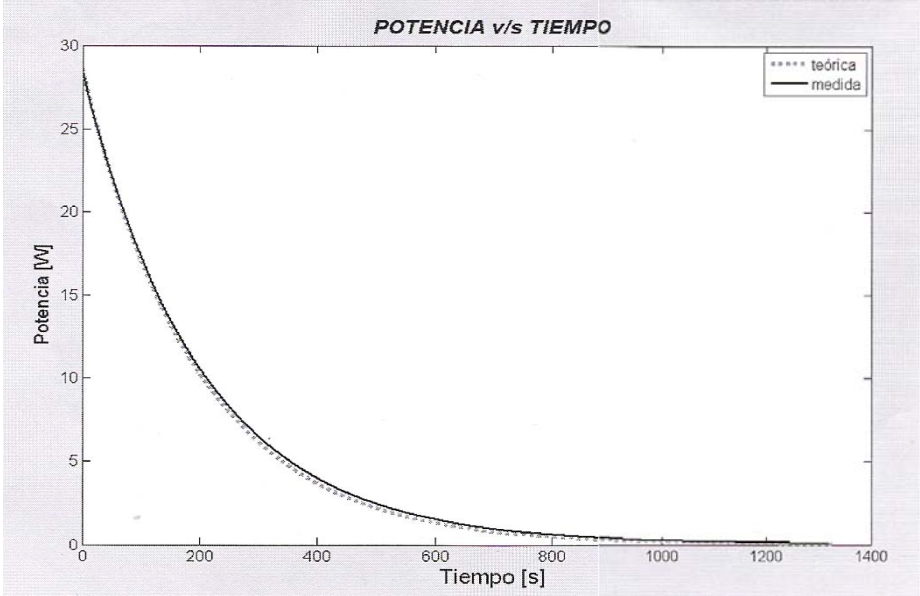
R = 561.7 kΩ

C = 350 μF

Se obtuvieron los siguientes resultados:







De la experiencia se puedo concluir:

- La potencia almacenada no es despreciable, pero la frecuencia es muy alta (comparándola con las pulsaciones esperadas sobre el mecanismo final).
- Todas las mediciones fueron manuales, por lo tanto solo hay cierto nivel de confianza.
- Se debe tener especial cuidado en la confección de la maquina, pues se debe aprovechar la máxima compresión del piezoeléctrico, ya que la diferencia energética es considerable.
- Se debe tener en cuenta que es la "energía" producida por solo 2 piezoeléctricos (cilíndricos de 15 mm. De largo y 6 mm. De diámetro).
- Aparentemente, los piezoeléctricos trabajan mejor a mayor temperatura, lo cual es lógico, ya que bajo esa condición es más fácil comprimirlos, la materia tiende a ser mas flexible.

(Profesor: Esto ya se lo habíamos mostrado, pero no sabíamos si incluirlo como parte del informe final, o junto con los anexos, nosotros lo consideramos parte de la metodología de trabajo)

3.3 Diseño Propuesto. (Aún esta sujeto a cambios)

En el proyecto se busca crear un generador energético utilizando el efecto piezoeléctrico, por medio de experimentos e investigaciones, ya sabemos que con una deformación física de estos materiales, se liberara cierta energía, el reto es almacenarlo, pero dado que podríamos hacerlo de diferentes modos, dependiendo el uso (ordenarla en un condensador, para prontamente utilizarla, o almacenar en una batería), proponemos separar este "generador" del mecanismo "acumulador", el cual consistirá en un circuito de mayor o menor complejidad, dependiendo del uso, y de la eficiencia.

El Generador constará principalmente de: Pulsadores, Rectificador y Terminales. Básicamente será una prensa, que por medio de palancas, comprime los cerámicos, todos los piezoeléctricos serán conectados a un rectificador, y éste, estará conectado a los terminales (positivo y negativo).

Para los pulsadores, proponemos un bloque de plástico resistente a la presión, con un orificio que contenga al piezoeléctrico, envuelto en una goma (así, la deformación, no limitada por el plástico, no destruirá la piedra), un pistón, presionado por la palanca (y esta presionada por el peldaño / prensa), presionará el piezoeléctrico, guiado por el orificio.

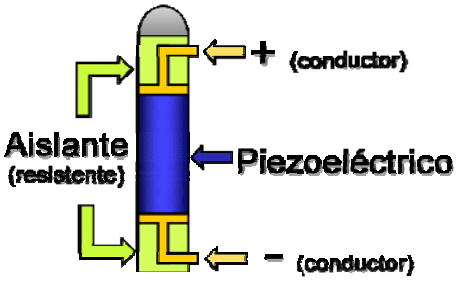


Figura 4

Una buena disposición de palancas, con 1 sólo eje, permitirá presionar varios piezoeléctricos con una sola bajada del peldaño, además, como contamos con 2 tipos de piezoeléctricos, basta con alejar o acercar el piezoeléctrico del eje (y disminuyendo o aumentando el largo del pistón) para calibrar las fuerzas manteniendo la palanca a la misma altura, y con ello el peldaño / prensa.

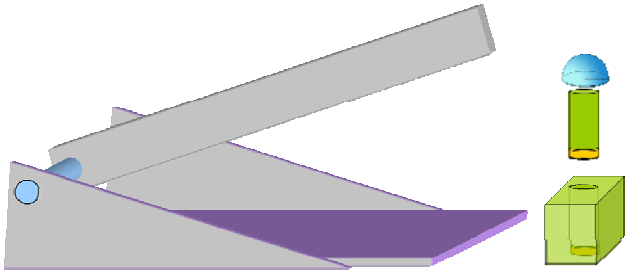


Figura 5

La figura 6 corresponde a la caja, donde la tapa podrá bajar / subir, libremente, guiada por unos rieles, que permiten sólo movimiento vertical, y que devuelven la prensa a su posición original por medio de resortes. Constará también, de barras de seguridad, que no permitirán mayor descenso que uno calculado, evitando presiones muy altas y daño en los cerámicos, esta caja será la encargada de bajar las palancas que presionaran los piezoeléctricos.

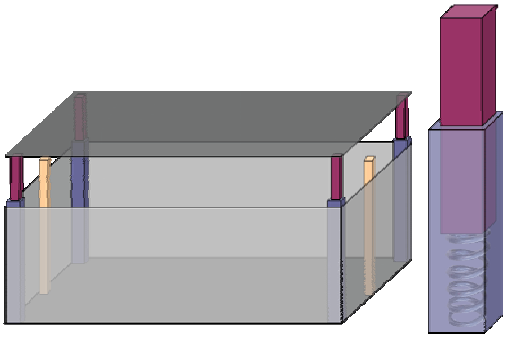


Figura 6

La figura 7 muestra la configuración final:

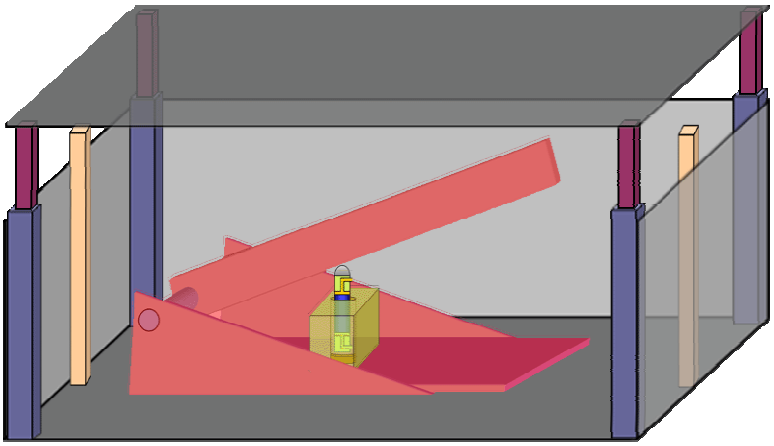


Figura 7

4. Validación y Pruebas.

(aun no hemos llegado a esta parte.)

5. Conclusiones.

(tampoco podemos extraer conclusiones todavía)

6. Bibliografía

- http://www.piezo.com/tech4history.html

- http://www.americanpiezo.com/piezo_theory/piezoelectric_constants.html

PDF (SPARKLER PIEZOCERAMICS *General Information*, www.sparklerceramics.com)
PDF (FIERROPERM PIEZOCERAMICS CATALOG, www.ferroperm-piezo.com)