



**Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama 2012)**  
Madrid del 26 al 30 de noviembre de 2012

Grupo de trabajo GT-15

# Alimentación de redes de sensores mediante recolección de energía cinética ambiental

**Jesús Alpuente Hermosilla**



Universidad  
de Alcalá

- 01. Presentación**
- 02. Objetivos**
- 03. Desarrollo**
- 04. Resultados**
- 05. Conclusiones**

## Definición de “*Energy Harvesting*”:

Proceso de captación de la energía del entorno para convertirla en energía eléctrica utilizable.

- **Fuentes de energía:** solar, térmica, eólica, gradientes de salinidad, cinética,...
- Uso en sistemas de alimentación de bajo consumo ( $< 1W$ ).

## Sistemas de generación actuales:



### Vibración/Movimiento (electrostático/piezoeléctrico/electromagnético)

- Origen: Humano/Industrial
- Eficiencia: depende de la fuente
- Densidad de potencia ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ): 4 / 100



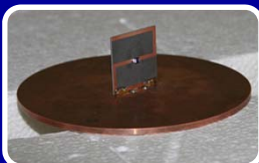
### Variación de temperatura (termoeléctrico/piroeléctrico)

- Origen: Humano/Industrial
- Eficiencia: 0.1% / 3%
- Densidad de potencia ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ): 25 / 1-10



### Luz ambiente (fotovoltaico)

- Origen: Interior/Exterior
- Eficiencia: 10-24%
- Densidad de potencia ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ): 10 / 10000



### Radiofrecuencias

- Origen: GSM
- Eficiencia: 50%
- Densidad de potencia ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ): 0.1

# Sistemas de acumulación (eficiencia):



### Supercondensador

- 98%



### Baterías

- >99% (Alcalina, Li-Ion, Li-Po)
- 70-90% (NiCd, Plomo-ácido)
- 66% (NiMH)



### Micro pilas combustible

- 50-70% (PEMFC)
- 20-30% (DMFC)

## Agradecimientos:

Proyecto desarrollado en el marco del Plan Avanza 2 (*TSI-020100-2010-358*), cofinanciado por el MICT.

- Avanzit Tecnología
- Tecnoidea
- Fundación CIDET

## Objetivos fundamentales:





## Estudio del estado de la tecnología:

- **En pocos países investigan EHS.**
- **Sobre sistemas basados en vibraciones:**
  - Potencias  $> 1\text{mW}$  implican estructuras complejas.
  - Potencias  $< 2\text{ mW}$  en todos los casos.
  - Predominan dispositivos piezoeléctricos comerciales.
  - Investigaciones sobre generadores electrostáticos (2004-2011).

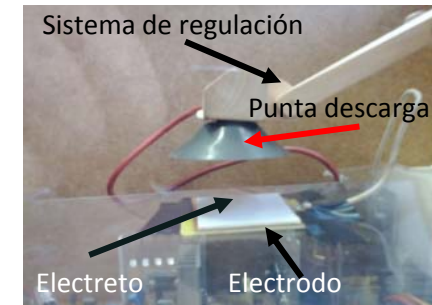
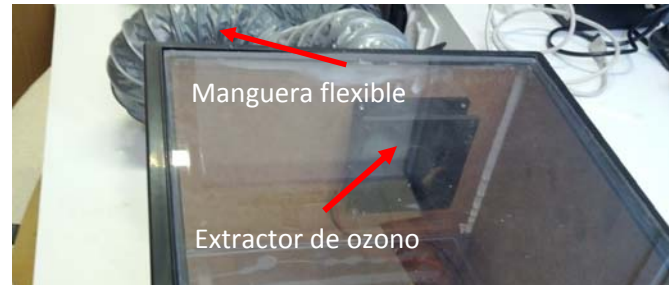
## Condiciones iniciales de diseño.

- Frecuencia de resonancia de unos 32 Hz (humano) ó 300 Hz (máquinas).
- Uso de electreto: teflón
  - 0.1 mC/m<sup>2</sup>
  - Descarga en 300 años.
  - Buena estabilidad química y térmica.
  - Fácil accesibilidad.
  - Mínimo rozamiento.

- **Otras condiciones:**
  - **Facilidad de fabricación.**
    - Tolerancias macroscópicas.
  - **Escalabilidad.**
    - No piezoeléctricos (rotura).
    - No electromagnéticos (no plano)
  - **Sintonía a diversas frecuencias (posible).**
  - **Robustez.**
  - **Bajo coste.**
    - **Materiales reciclables y sostenibles.**

## Carga del electreto.

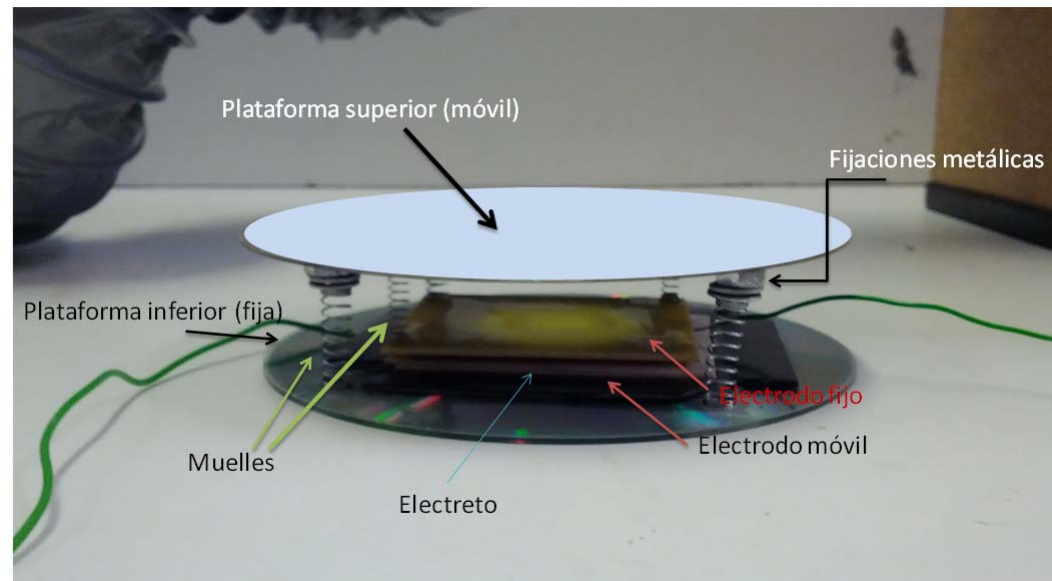
- **Por corona de descarga.**



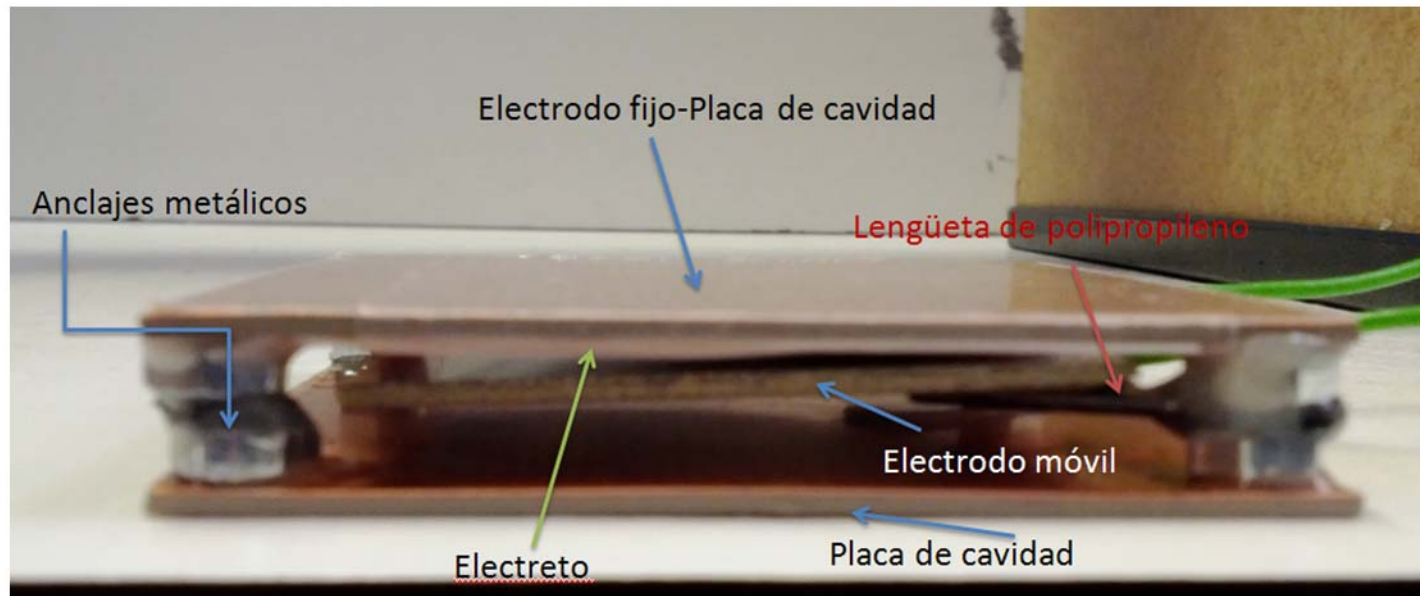
- **Por emisión secundaria de electrones y rayos X blandos.**

## Prototipos desarrollados.

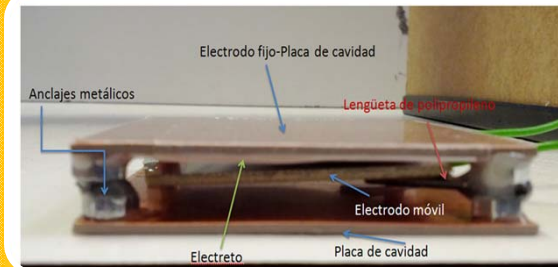
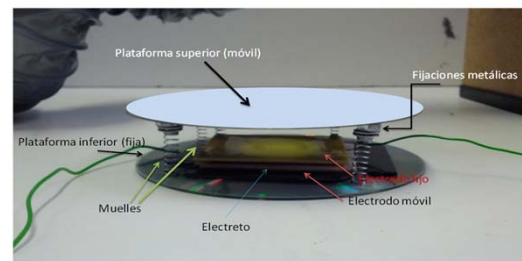
- **Generador basado en muelles.**



- **Generador basado en palanca.**



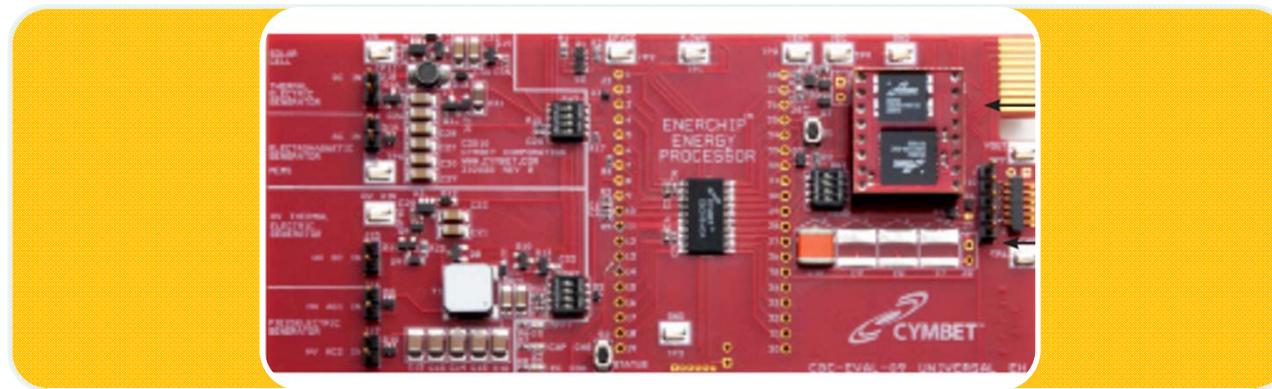
## Medidas realizadas *(Fluke Scopemeter Color 199C).*



$V_{m\acute{a}x} = 47.2/38.4 \text{ V}$   
 $V_{m\acute{i}n} = -21.6/-16.0 \text{ V}$   
 $V_{ef} = 3.7/4.2 \text{ V}$   
 $V_{cc} = -200 \text{ mV}$   
 $f = 4.489/6.341 \text{ Hz}$   
 (25/19 armónicos)

$V_{m\acute{a}x} = 26.0 \text{ V}$   
 $V_{min} = -9.6 \text{ V}$   
 $V_{ef} = 3.0 \text{ V}$   
 $V_{cc} = 100 \text{ mV}$   
 $f = 5.63 \text{ Hz}$   
 (25 armónicos)

# Acondicionamiento, almacenamiento y gestión de la energía *(EnerChip EP Universal Energy Harvester Eval Kit CBC-EVAL-09 Cymbet Co.)*



Vout=3.6 V (2uA cargada)

Capacidad: 100 uAh

Autodescarga anual: 2.5%

Recarga al 80%: 10-50 min

Ventrada=14. 7-57 Vpp

Precarga a 3.6 V: 5 horas

“Encendido LED 1 s a intervalos de 30 s” ⇒ Transmisión de pulsos desde nodos de sensores inalámbricos.



## Prototipo basado en muelles.

- **Uso en recolectores grandes (fuertes impactos).**
- **Resonancias amplias a 32 Hz y subarmónicos.**
- **Extracción de energía a frecuencias bajas (movimientos humanos).**
- **Ensanchamiento de pulsos mediante múltiples modos de vibración (cavidad).**
- **Simulaciones concuerdan con resultados.**

## Prototipo con electrodo en forma de palanca.

- Escalable a tamaños menores que su equivalente con muelles.
- Fácilmente apilable.
  - Aumento de tensión (serie) o corriente (paralelo).
- Ensanchamiento de pulsos con láminas flexibles de propileno.

## Común a ambos prototipos.

- Pulsos de tensión reproductibles y de anchura temporal razonable.
- Método de fabricación y materiales con buena relación coste/rendimiento.
- Sistemas accesibles a todo tipo de mercados y aplicaciones.
- Sistemas compatibles con entrenador comercial.

## Aplicaciones

- **Extracción de energía (cuerpo humano /amortiguamiento vibración de máquinas/...).**
  - Alimentación de pequeños dispositivos.
  - Alimentación de sensores biomédicos.
  - Alimentación de redes de sensores o luminarias de emergencia no continuas.
- **Uso como sensores.**
  - Pavimentos inteligentes.
  - Redes de sensores sísmicos autoalimentadas.
  - Alarma y seguridad autoalimentada.



**Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama 2012)**  
Madrid del 26 al 30 de noviembre de 2012

Grupo de trabajo GT-15