



PROYECTO FIN DE CARRERA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA
RESIDUAL BASADO EN EL ACONDICIONADOR EH300 DE LA
EMPRESA ADVANCED LINEAR DEVICES**

Autora: Elisa Elías González
Tutores: Dr. Javier del Pino Suárez
D. Juan M. Sosa Navarro

Marzo 2010

Índice

- 1. Introducción**
- 2. Objetivo**
- 3. Estado del arte**
- 4. Descripción de la propuesta**
- 5. El módulo EH300**
- 6. El transductor electroacústico**
- 7. El conversor AC/AC**
- 8. El conversor AC/DC**
- 9. Resultados finales**
- 10. Conclusiones y líneas futuras**
- 11. Presupuesto**



1. **Introducción**
2. Objetivo
3. Estado del arte
4. Descripción de la propuesta
5. El módulo EH300
6. El transductor electroacústico
7. El conversor AC/AC
8. El conversor AC/DC
9. Resultados finales
10. Conclusiones y líneas futuras
11. Presupuesto



Introducción

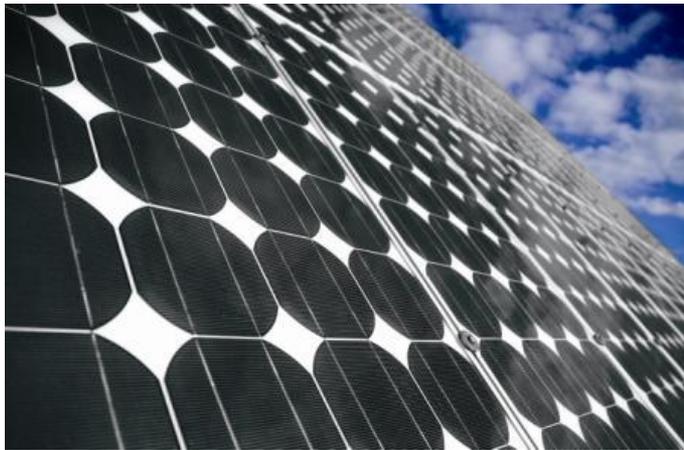
Energy Harvesting: Proceso de captura de cantidades ínfimas de energía a partir de una o más fuentes naturales, su acumulación y almacenamiento para un determinado uso posterior

- Historia
- Actualidad
- Tipos de energía
 - Solar
 - Mecánica
 - Eólica
 - Termoeléctrica
 - Sonora



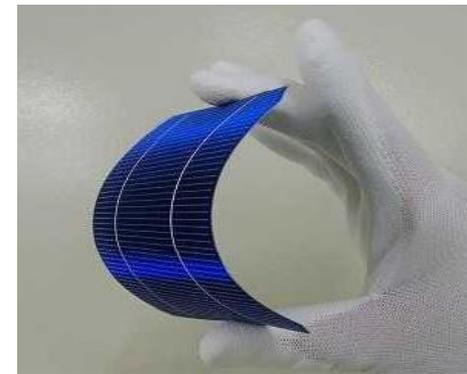
Introducción

Energía solar: Forma de obtención de energía a partir de células fotovoltaicas



- Placas solares

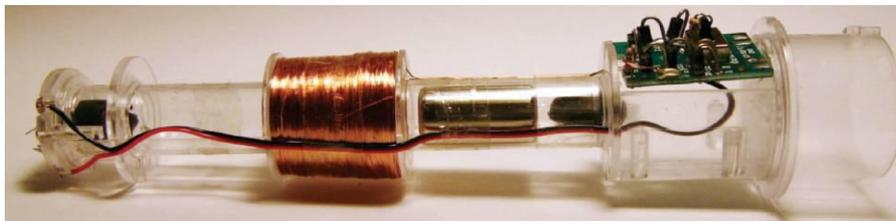
- Células de plástico flexible y resistente



Energía mecánica

Aprovechamiento del movimiento de una masa que vibra solidariamente con la perturbación exterior

- Reloj de péndulo
- Magnetización de la masa
- Materiales piezoeléctricos



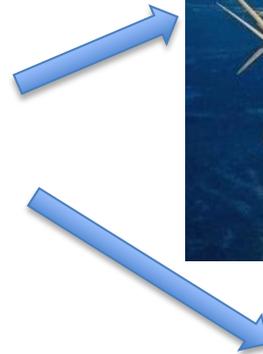
Masa magnetizada



Piezoeléctrico

Energía eólica

- Fuente → Fuerza del viento → Aerogeneradores



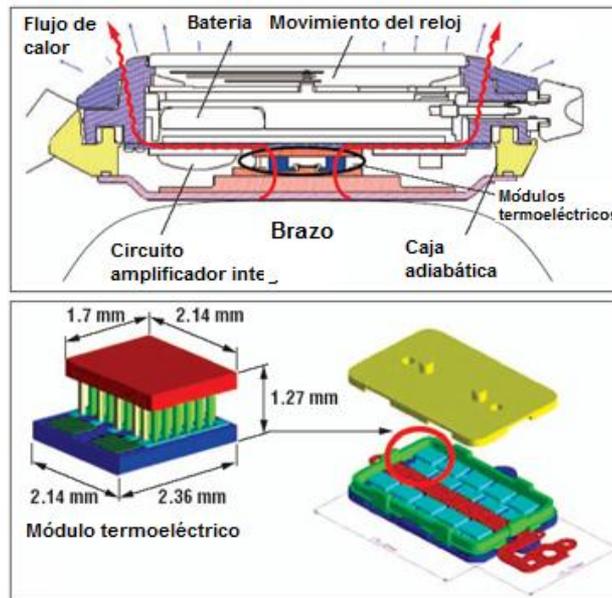
Velocidad del viento necesaria de 3 a 24 m/s



Introducción

Energía termoeléctrica

La diferencia de temperatura entre objetos y su entorno ofrece la oportunidad de extraer energía gracias a la transferencia de calor



Reloj Seiko Thermic
30 μ W para una diferencia de 5°C



Introducción

Energía sonora

El sonido consiste en una vibración del aire que se propaga en forma de ondas de presión

dB_{SPL} → Unidad de medida utilizada para el nivel de potencia y de intensidad del sonido

	Nivel de ruido (dB_{SPL})	Fuente
Green	0	Silencio.
Green	10	Pisada.
Green	20	Hoja de árboles en movimiento.
Green	30	Conversación en voz baja.
Green	40	Biblioteca
Green	50	Despacho tranquilo.
Green	60	Conversación.
Green	80	Tráfico de una ciudad.
Green	90	Aspiradora.
Yellow	100	Tubo de escape de una motocicleta.
Red	120	Concierto de rock.
Red	130	Martillo neumático.
Red	150	Despegue de un avión a reacción.
Red	180	Explosión de un artefacto.

Referencia de niveles acústicos dañinos

Comparación energética

Fuente de energía	Densidad de potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	Fuente de información
Solar (exterior)	15.000 – Sol directo	De fácil obtención.
	150 – Día nublado	
Solar (interior)	6 – Mesa de oficina	Experimentos.
Vibraciones	100 – 200	Shad Roundy et. al.
Ruido acústico	0,003 a 75 dB	Teórico
	0,96 a 100 dB	
Variación de temperatura diaria	10	Teórico
Gradiente de temperatura	15 a 10°Celcius	Stordeur & Stark, 1997
Inserciones piezoeléctricas en calzado	330	Starner 1996

Potencia eléctrica a partir de las diferentes fuentes de captación

Índice

1. Introducción
- 2. Objetivo**
3. Estado del arte
4. Descripción de la propuesta
5. El módulo EH300
6. El transductor electroacústico
7. El conversor AC/AC
8. El conversor AC/DC
9. Resultados finales
10. Conclusiones y líneas futuras
11. Presupuesto



Objetivo

Capacidad de activar la línea de salida del dispositivo EH300 a partir de una fuente de energía residual como es el sonido

- Captación de energía sonora y conversión en energía eléctrica
- Acondicionamiento de la energía eléctrica
- Almacenamiento y gestión de esta energía (EH300)



Índice

1. Introducción
2. Objetivo
- 3. Estado del arte**
4. Descripción de la propuesta
5. El módulo EH300
6. El transductor electroacústico
7. El conversor AC/AC
8. El conversor AC/DC
9. Resultados finales
10. Conclusiones y líneas futuras
11. Presupuesto



Estado del arte

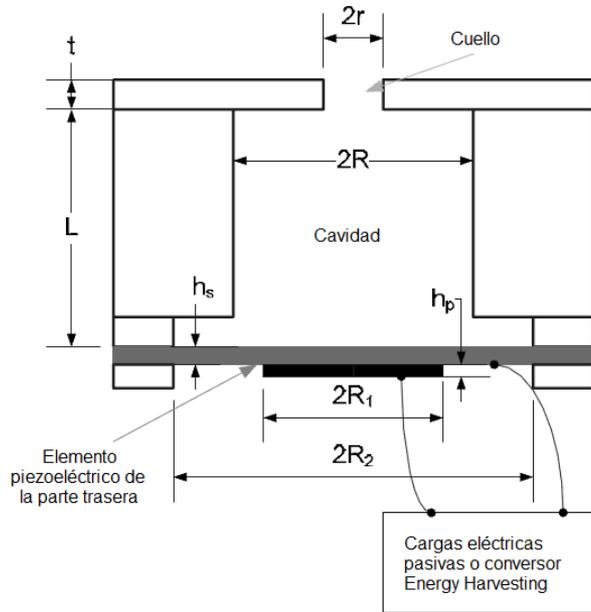
*“Acoustic Energy Harvesting using
an Electromechanical Helmholtz Resonator”*

*“Demonstration of a wireless, self-powered,
electroacoustic liner system”*

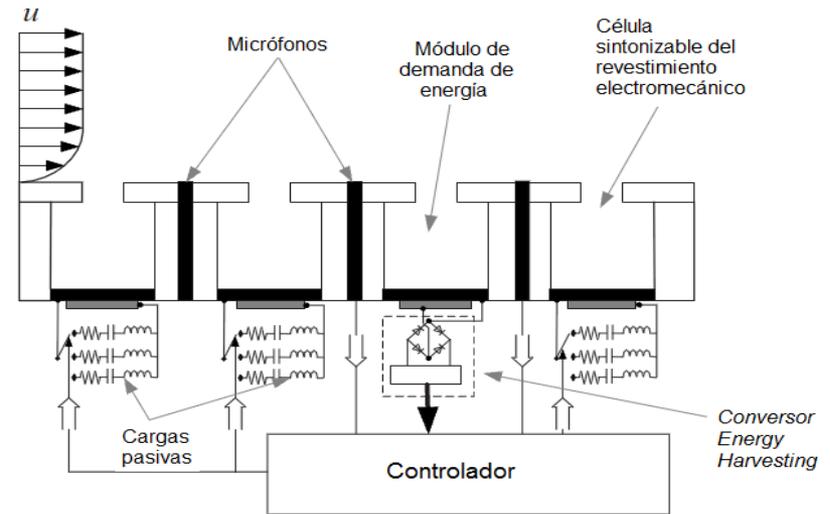
Fei Liu et. Al., Universidad de Florida



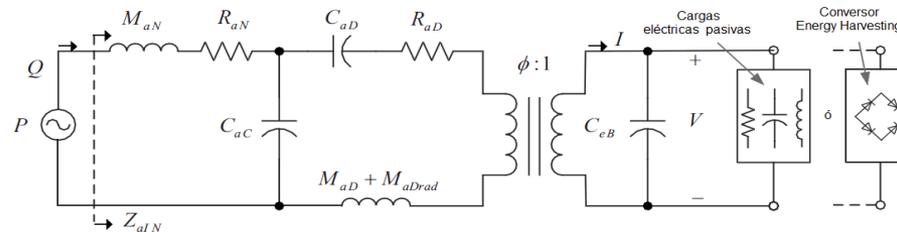
Estado del arte



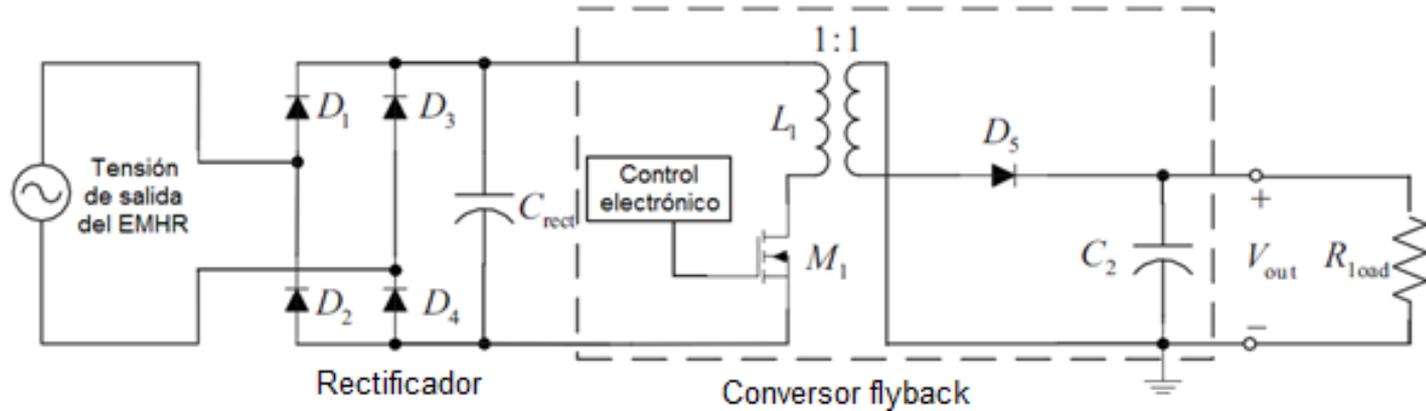
Esquema básico del EMHR



Esquema de un revestimiento activo autoalimentado



Modelo eléctrico del EMHR y posible conexionado

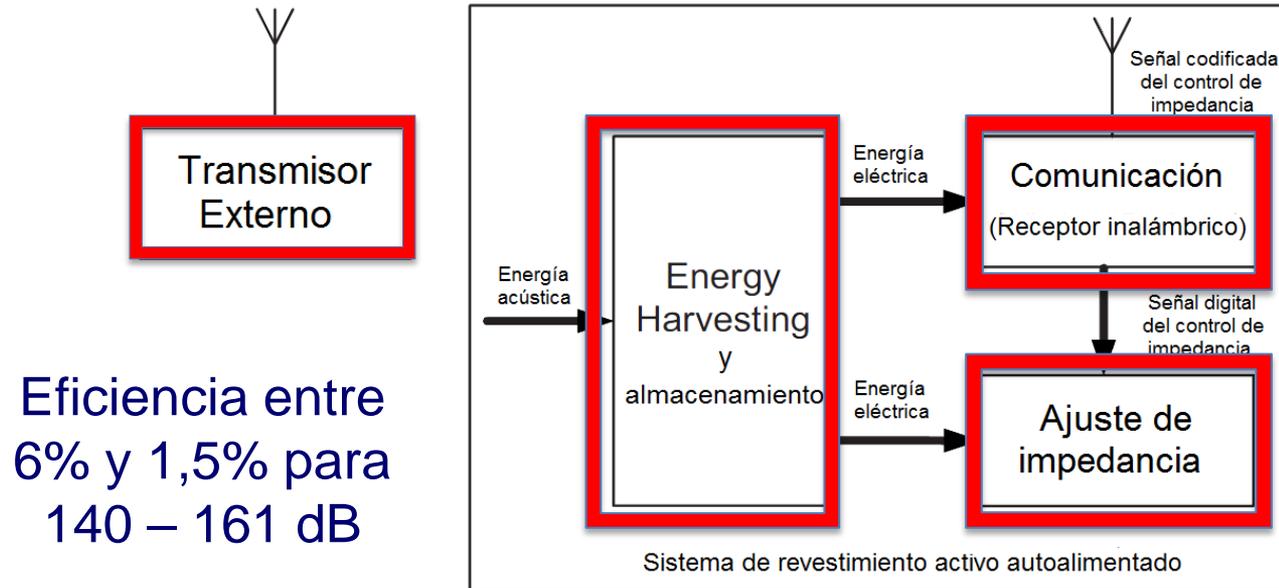


Modelo eléctrico completo

- EMHR
- Rectificador
- Conversor flyback
- Carga

Estado del arte

Sistema de revestimiento activo autoalimentado para la recepción de datos inalámbrico

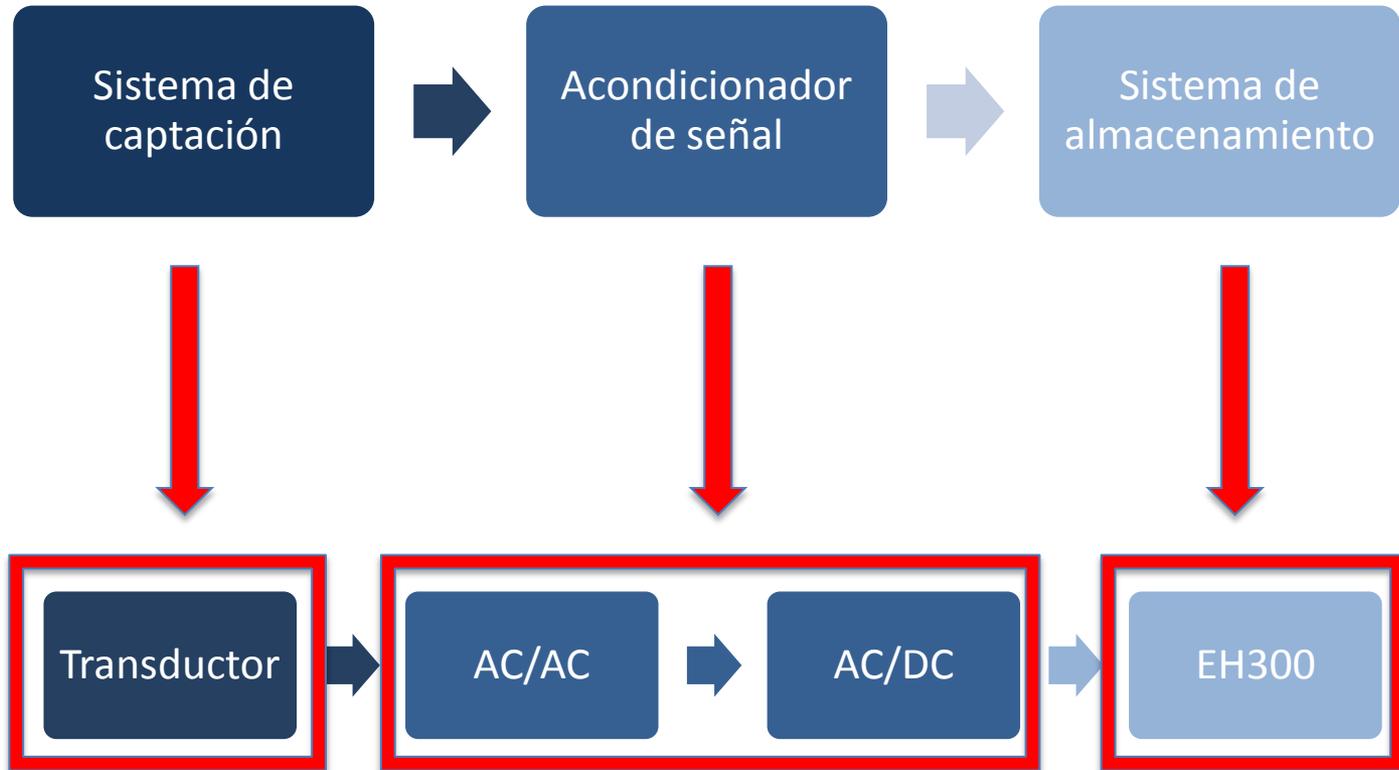


Índice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Estado del arte
- 4. Descripción de la propuesta**
5. El módulo EH300
6. El transductor electroacústico
7. El conversor AC/AC
8. El conversor AC/DC
9. Resultados finales
10. Conclusiones y líneas futuras
11. Presupuesto



Descripción de la propuesta



Índice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Estado del arte
4. Descripción de la propuesta
- 5. El módulo EH300**
6. El transductor electroacústico
7. El conversor AC/AC
8. El conversor AC/DC
9. Resultados finales
10. Conclusiones y líneas futuras
11. Presupuesto



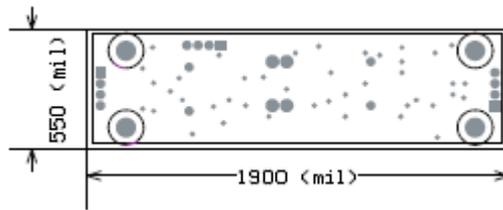
El módulo EH300

- Funciones específicas
- Captura de energía
 - Almacenamiento
 - Acondicionamiento
 - Administración
- Funcionamiento
- 0 - 500 V (DC o AC)
 - 200nA - 400mA

Elemento	Descripción general
EH300	4,6mJ suministra cada módulo/ Rango de operación de 1,8V a 3,6V
EH300A	30mJ suministra cada módulo/ Rango de operación de 1,8V a 3,6V
EH301	8,3mJ suministra cada módulo/ Rango de operación de 3,1V a 5,2V
EH301A	55mJ suministra cada módulo/ Rango de operación de 3,1V a 5,2V

Módulos de la serie EH300/301

El módulo EH300



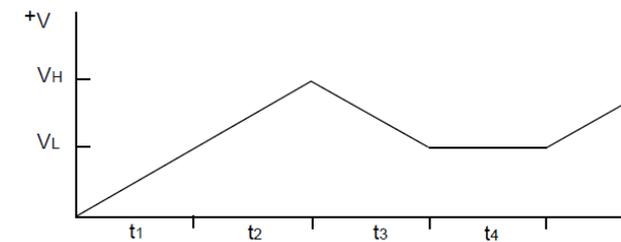
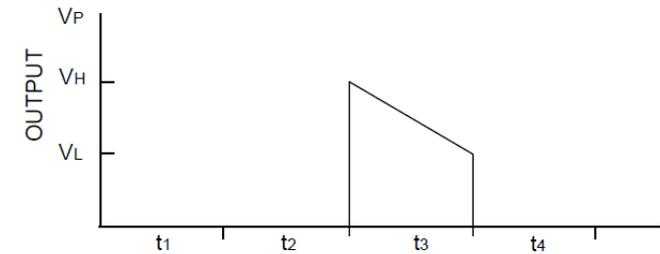
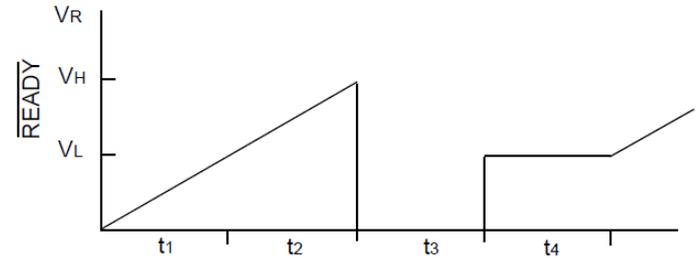
Dimensiones



Distribución de los pines

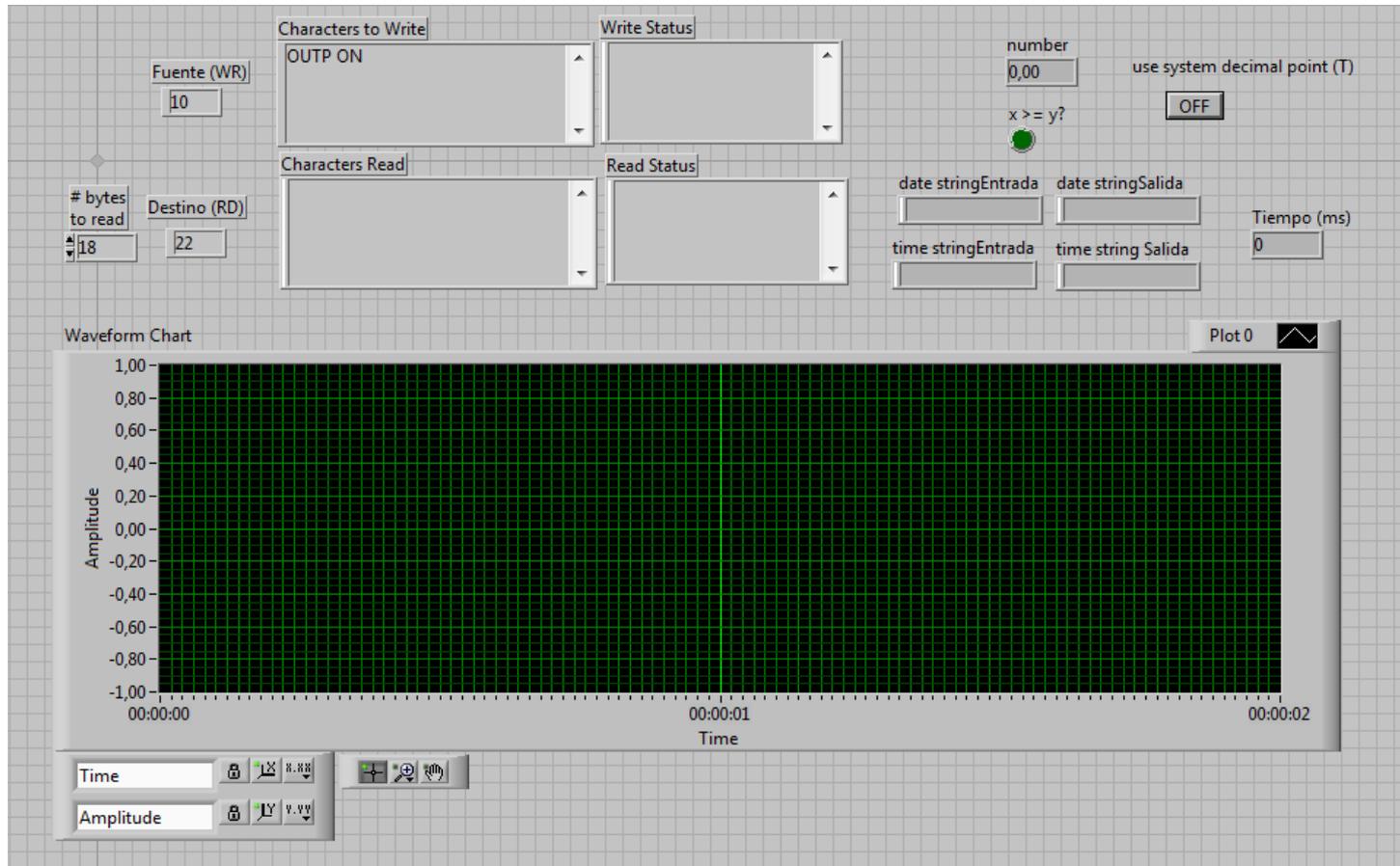


Vista cenital



Esquema de funcionamiento

El módulo EH300



Diseño LabVIEW

El módulo EH300

Tiempos de activación de la salida del dispositivo

	100Hz	500Hz	1KHz	10KHz
Senoidal 5Vp	1,8"	1,8"	1,3"	1,3"
Cuadrada 5Vp	<1"	<1"	<1"	<1"
Rampa 5Vp	4,3"	3,6"	3,5"	2,6"
Senoidal 4Vp	1'25"	15,3"	8,5"	2,2"
Cuadrada 4Vp	43"	10"	6"	1"

Señales periódicas

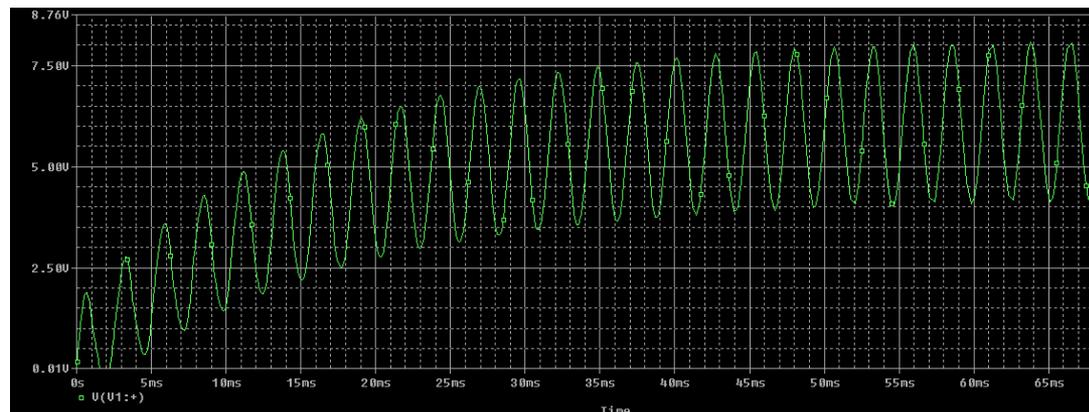
Vin(V)	Tiempo (m'seg")
3	Tras 30" carga a 3,3V
4	3'52"
5	Inmediato
6	Inmediato

Señales continuas

El módulo EH300

Vin (Vpp)	Voffset(V)	Tiempo de activación(m'seg'')	
		Frec. 380Hz	Frec. 450Hz
3	0	1'17''	56''
	1	36''	30''
	2	2''	2''
	3	1''	1''
2,5	0	2'37''	2'13''
	1	1'55''	1'36''
	2	21''	18''
	3	1''	1''
2	3	2''	2''
	4	1''	1''
1,5	3	25''	20''
	4	1''	1''

Señal periódica con nivel de continua

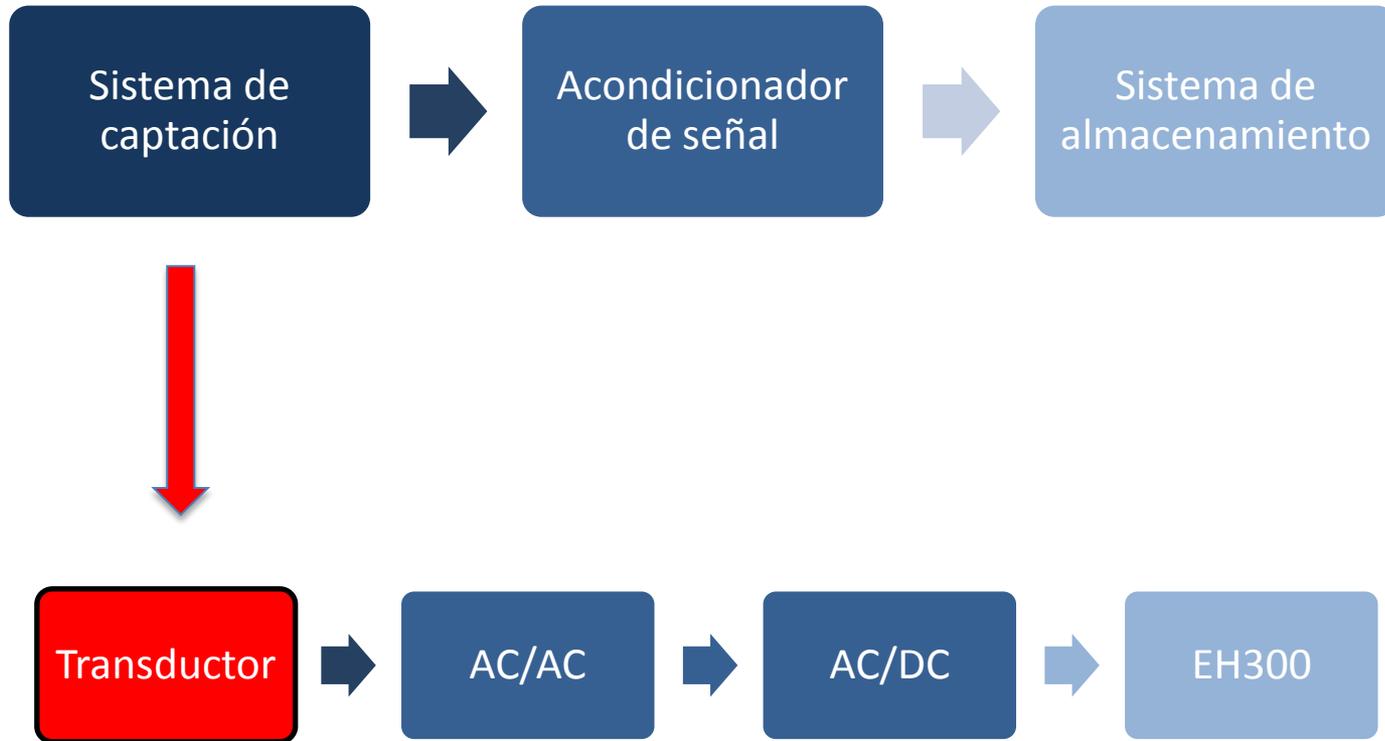


Índice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Estado del arte
4. Descripción de la propuesta
5. El módulo EH300
- 6. El transductor electroacústico**
7. El conversor AC/AC
8. El conversor AC/DC
9. Resultados finales
10. Conclusiones y líneas futuras
11. Presupuesto



El transductor electroacústico



El transductor electroacústico

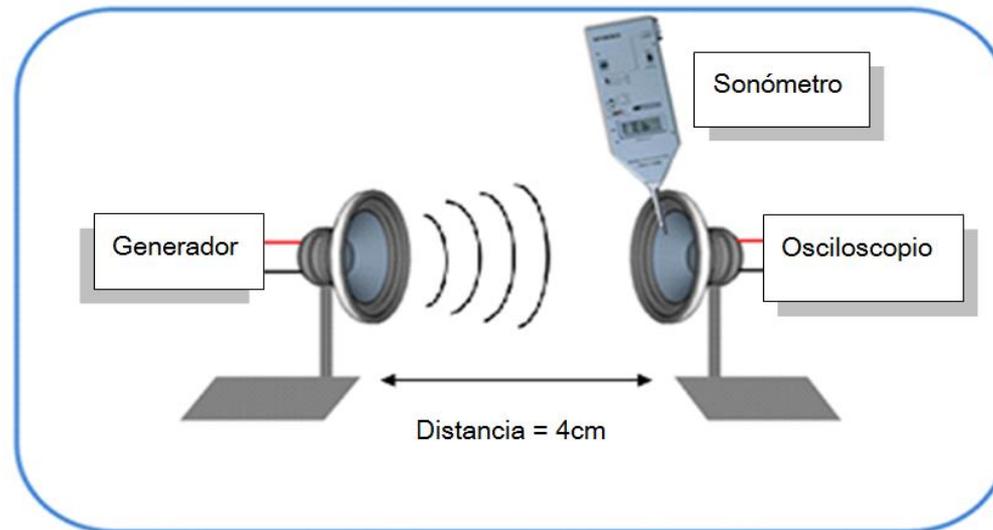
Transformación de sonido en electricidad

- Micrófono
 - Necesidad de alimentación externa excepto el de bobina móvil
 - Alta impedancia
- Altavoz
 - No necesita alimentación externa
 - Baja impedancia
 - Geometría

El transductor electroacústico

Respuesta en frecuencia del altavoz

Altavoz convencional 16Ω y $0,3W$



Condiciones de trabajo para el cálculo de la FRF

El transductor electroacústico

Tono generado con
señal senoidal

Frecuencia (Hz)	Receptor (mVpp)	dB _{SPL}
340	140	109,9
350	200	111,8
360	296	112,5
370	400	112,1
380	432	110,6
390	336	109
400	256	108
410	192	107,2
420	144	106,6
430	112	106,1

Respuesta en frecuencia

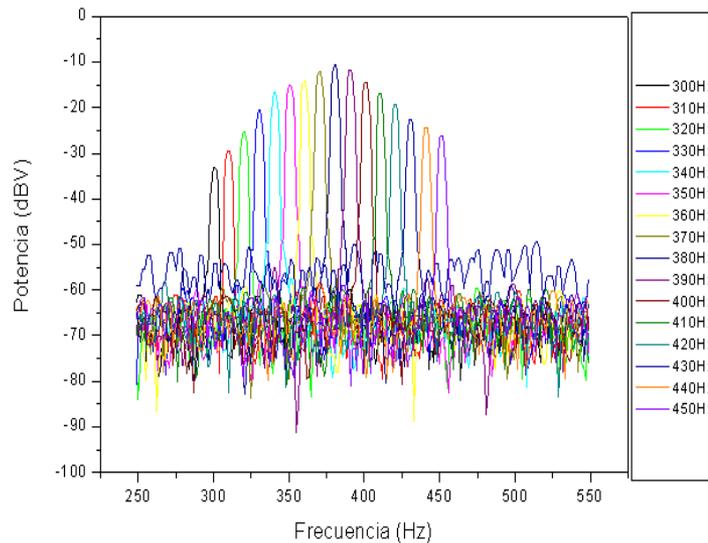
Tono generado con
señal cuadrada

Frecuencia (Hz)	Receptor (mVpp)	dB _{SPL}
340	176	113,8
350	264	115,2
360	368	115,4
370	488	114,5
380	500	113
390	384	111,8
400	296	111,3
410	208	110
420	160	111
430	128	111,4

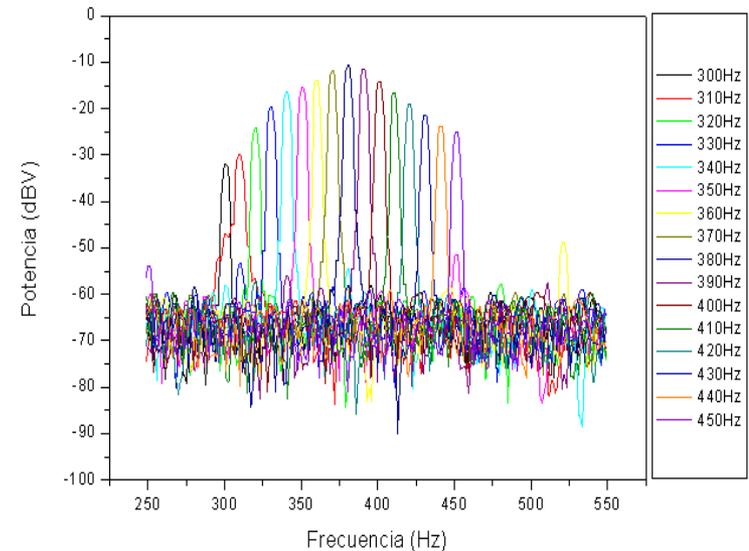
Respuesta en frecuencia

El transductor electroacústico

Transformada rápida de Fourier



Tono generado con señal senoidal



Tono generado con señal cuadrada

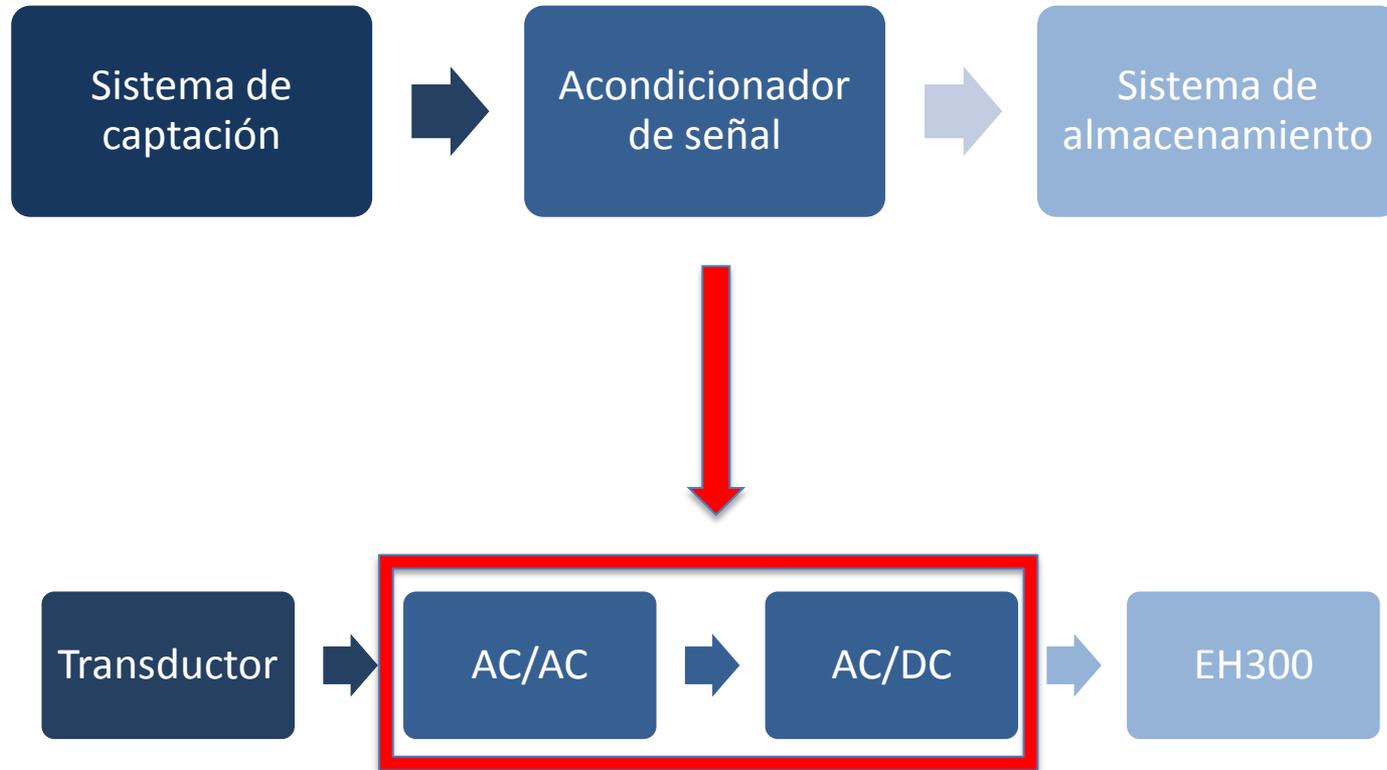
Frecuencia óptima de trabajo → 380Hz

Índice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Estado del arte
4. Descripción de la propuesta
5. El módulo EH300
6. El transductor electroacústico
- 7. El conversor AC/AC**
8. El conversor AC/DC
9. Resultados finales
10. Conclusiones y líneas futuras
11. Presupuesto



Descripción de la propuesta



El conversor AC/AC

Conversores de potencia

- DC/DC
- DC/AC
- AC/AC
- AC/DC

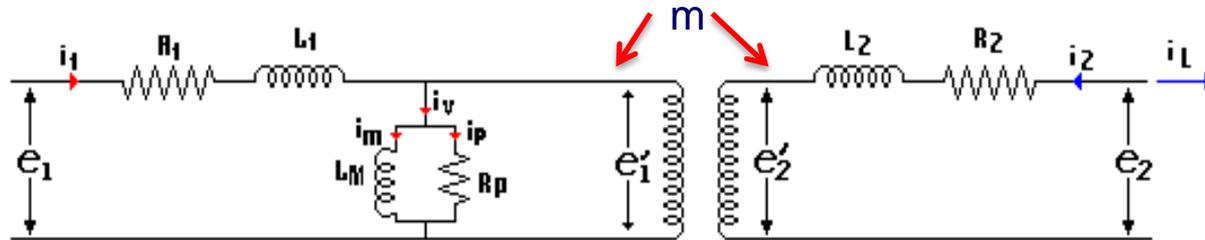
Transforman señal alterna en señal alterna

- Transformadores
- Autotransformadores



El conversor AC/AC

Amplificar la señal que se obtiene del altavoz



Circuito equivalente al transformador real

Relación de transformación $\rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{e_1}{e_2} = m$

- Pérdidas \rightarrow
- En el **cobre**: Devanados y autoinducción de fugas.
 - En el **hierro**: Corriente magnetizante y corriente de pérdidas

El conversor AC/AC

Transformador CROVISA C210 $\rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{e_1}{e_2} = \frac{220V}{12V} = 18,3$

Entrada(Vpp)	Salida(Vpp)	Factor
0,1	1,44	14,4
0,2	2,8	14
0,3	4,2	14
0,4	5,8	14,5
0,5	7,12	14,2
0,6	8,56	14,3
0,7	10	14,3
0,8	11,4	14,3
0,9	13	14,4
1	14,4	14,4
1,1	15,8	14,4
1,2	17,2	14,3

Relación de transformación del transformador

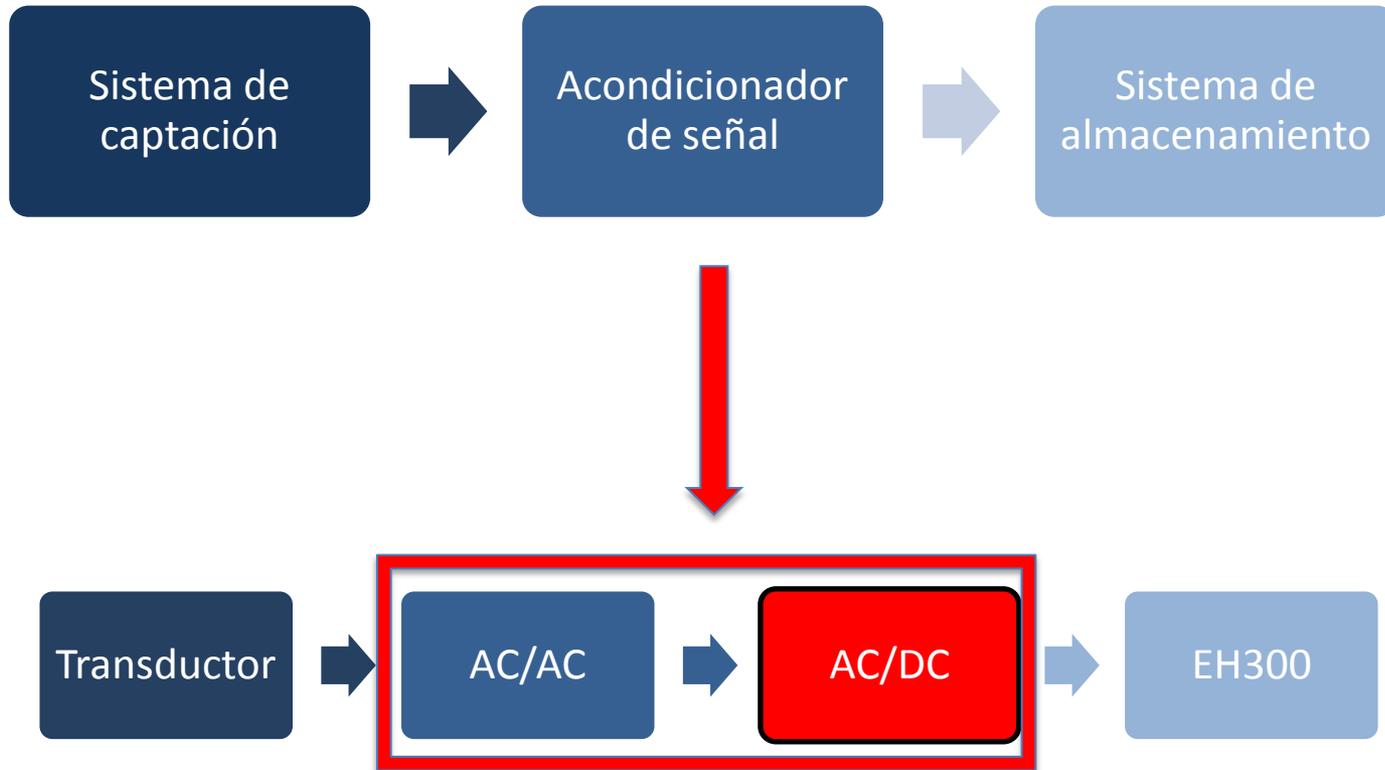


Índice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Estado del arte
4. Descripción de la propuesta
5. El módulo EH300
6. El transductor electroacústico
7. El conversor AC/AC
- 8. El conversor AC/DC**
9. Resultados finales
10. Conclusiones y líneas futuras
11. Presupuesto

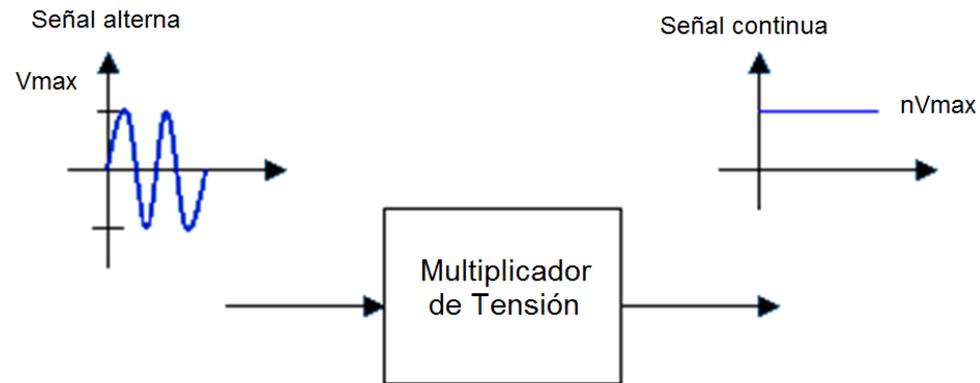


Descripción de la propuesta



El conversor AC/DC

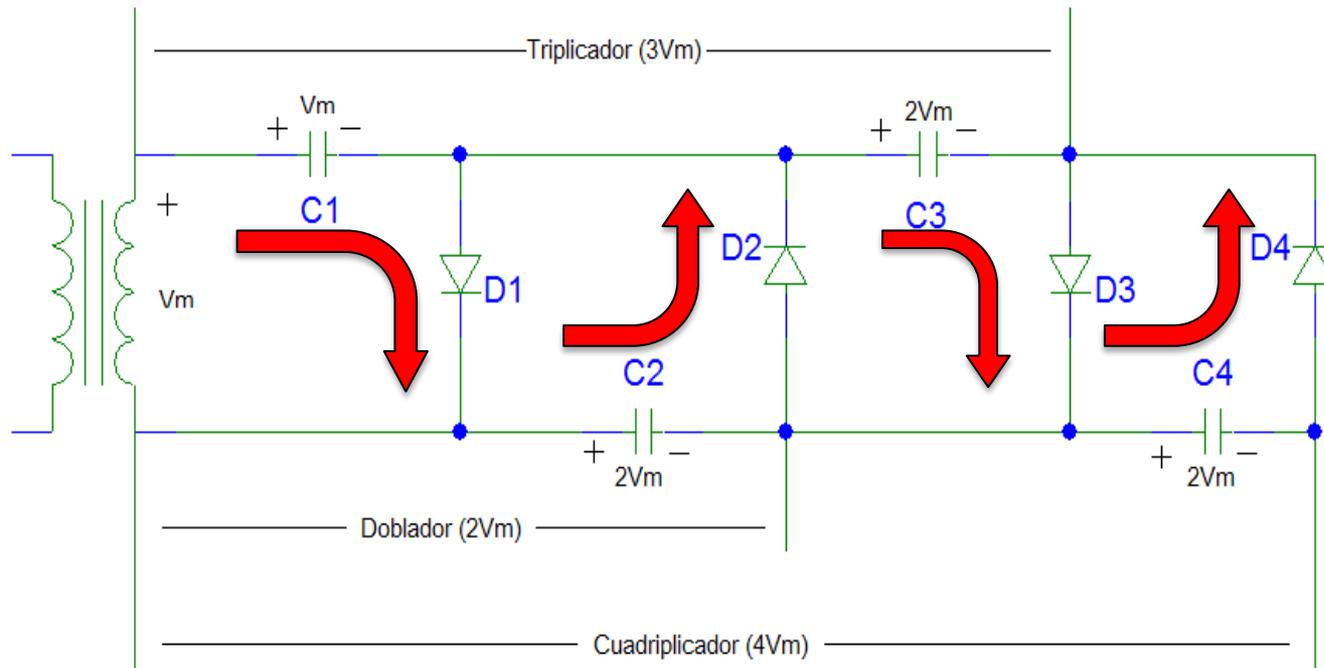
Transforma la señal alterna en señal continua



- Rectificador de media onda
- Rectificador de onda completa
- Doblador, triplicador o cuádruplicador de voltaje

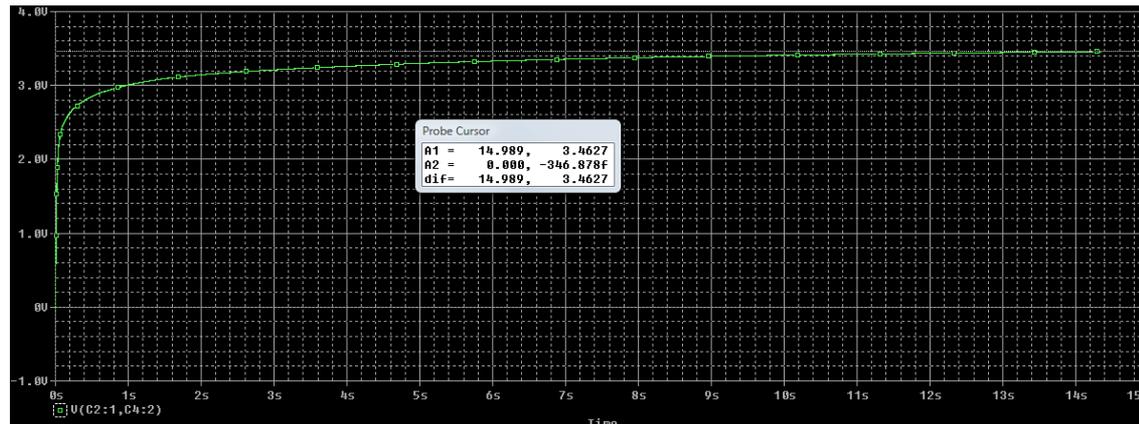
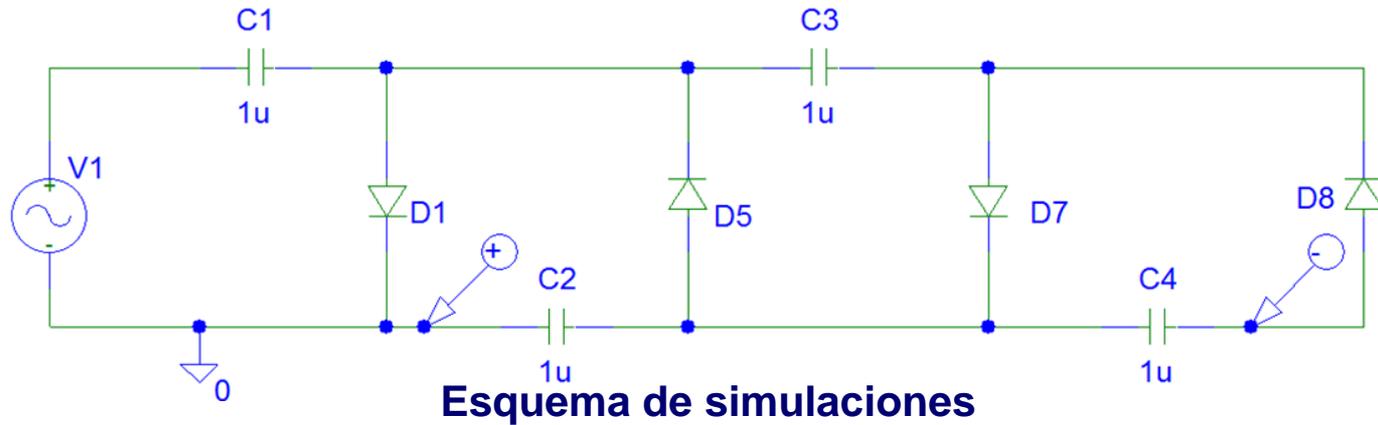
El conversor AC/DC

Cuadriplicador de voltaje



El conversor AC/DC

Simulaciones:



Ejemplo de simulación: 2Vpp y 380Hz

El convertor AC/DC

Resultados obtenidos de las simulaciones

Vin(Vpp)	Vmax(V)	VoutTeorico(V)	VoutSim(V)	Factor de multiplicación
1,4	0,7	2,8	2,3	3,2
2,8	1,4	5,6	5	3,6
4,2	2,1	8,4	7,8	3,7
5,8	2,9	11,6	10,1	3,5
7,1	3,6	14,2	13,4	3,8
8,6	4,3	17,1	16,4	3,8
10	5	20	19,3	3,8
11,4	5,7	22,8	22,1	3,9
13	6,5	26	25,3	3,9
14,4	7,2	28,8	28,1	3,9
15,8	7,9	31,6	30,9	3,9
17,2	8,6	34,4	33,7	3,9

El conversor AC/DC

- Montaje →
- Condensadores cerámicos de valor $1\mu\text{F}$
 - Diodos Schottky MBR1100, ON Semiconductor



Diodo 0,6V umbral	Diodo Schottky 0,2V umbral
0,534V	1,5V

Tensión de salida del multiplicador para una tensión de entrada de 1V_{pp} para dos tipos de diodos

El convertor AC/DC

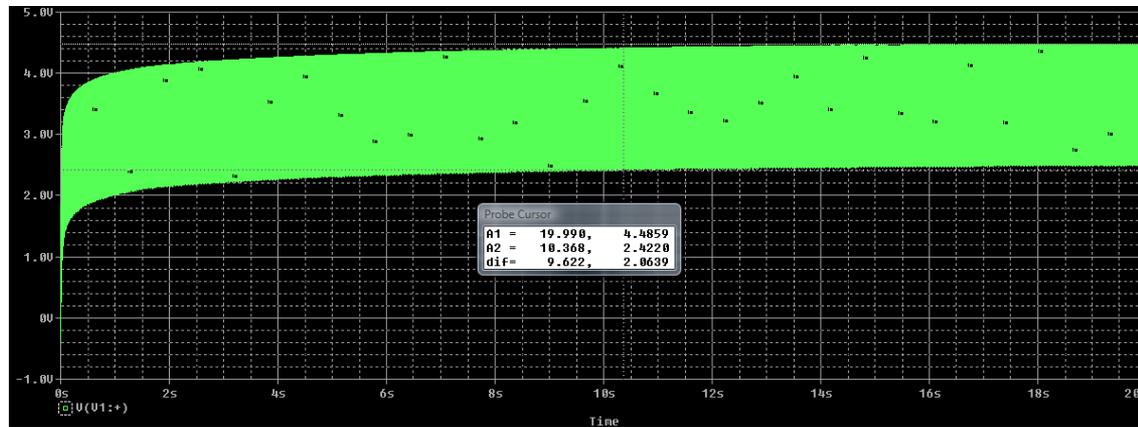
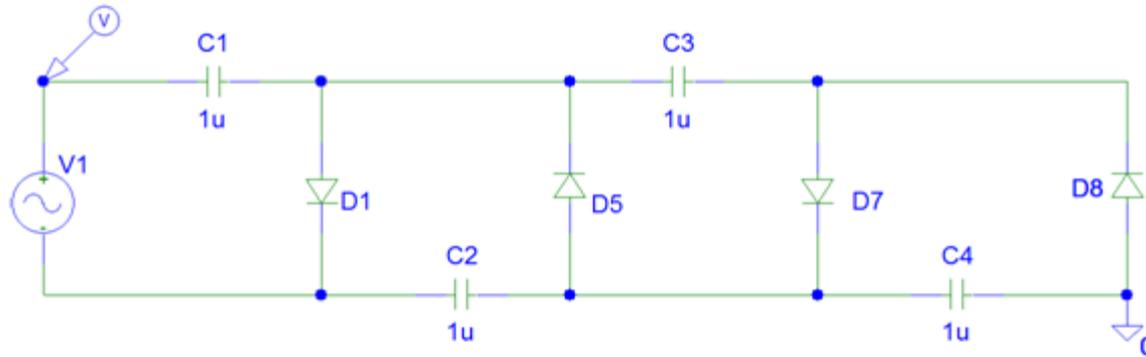
Resultado de las medidas sobre el circuito

Vin(Vpp)	Vmax(V)	VoutMedido(V)	Factor de multiplicación
1,4	0,7	2,3	3,3
2,8	1,4	5	3,6
4,2	2,1	7,7	3,7
5,8	2,9	10,8	3,7
7,1	3,6	13,3	3,7
8,6	4,3	16,1	3,8
10	5	18,9	3,8
11,4	5,7	21,7	3,8
13	6,5	24,7	3,8
14,4	7,2	27,4	3,8
15,8	7,9	30,1	3,8
17,2	8,6	32,8	3,8



El conversor AC/DC

Configuración de salida AC + DC



El convertor AC/DC

Resultados obtenidos de las simulaciones

Vin(Vpp)	Vout(Vpp)	Voffset(V)	Vmax(V)	Factor Multiplicación
1,4	1,4	2,3	3	3,3
2,8	2,8	5	6,4	3,6
4,2	4,2	7,7	9,8	3,7
5,8	5,8	10,8	13,7	3,7
7,1	7,12	13,3	16,86	3,7
8,6	8,56	16	20,28	3,7
10	10	18,9	23,9	3,7
11,4	11,4	21,6	27,3	3,8
13	13	24,6	31,1	3,8
14,4	14,4	27,3	34,5	3,9
15,8	15,8	30,9	38,8	3,9
17,2	17,2	33	41,6	3,8

El convertor AC/DC

Resultados de las medidas sobre el circuito

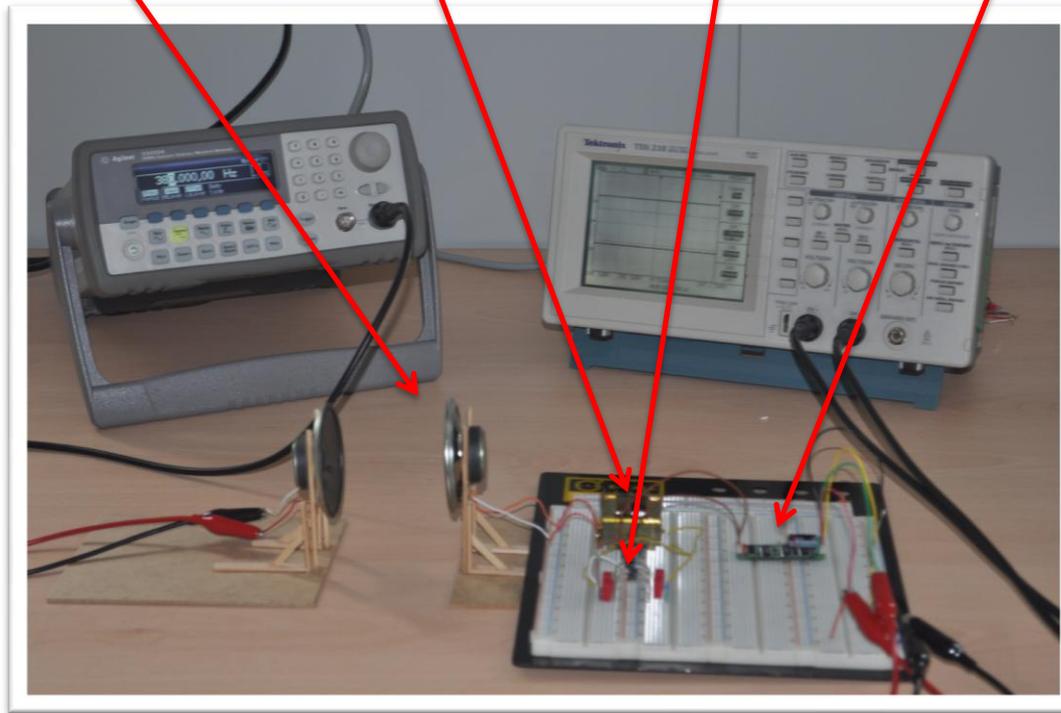
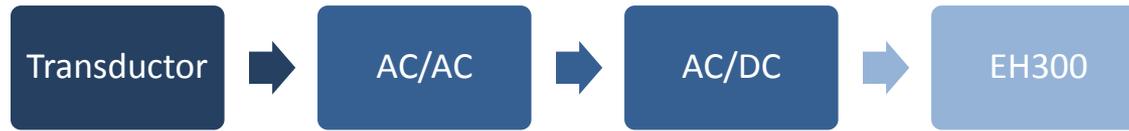
Vin(Vpp)	Vout(Vpp)	Voffset(V)	Vmax(V)	Factor Multiplicación
1,4	1,4	2,2	2,9	3,2
2,8	2,8	4,9	6,3	3,5
4,2	4,2	7,5	9,6	3,6
5,8	5,8	10,5	13,4	3,6
7,1	7,1	13,1	16,7	3,7
8,6	8,6	15,7	20	3,7
10	10	18,7	23,7	3,7
11,4	11,4	21,5	27,2	3,7
13	13	24,4	30,9	3,8
14,4	14,4	27,8	35	3,8
17,2	15,8	30,1	38	3,5
17,8	17,8	36,9	45,8	4,1

Índice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Estado del arte
4. Descripción de la propuesta
5. El módulo EH300
6. El transductor electroacústico
7. El conversor AC/AC
8. El conversor AC/DC
- 9. Resultados finales**
10. Conclusiones y líneas futuras
11. Presupuesto

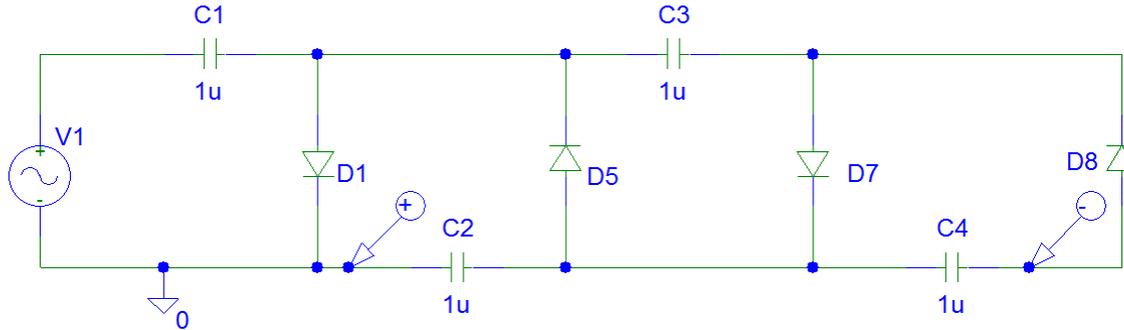


Resultados finales

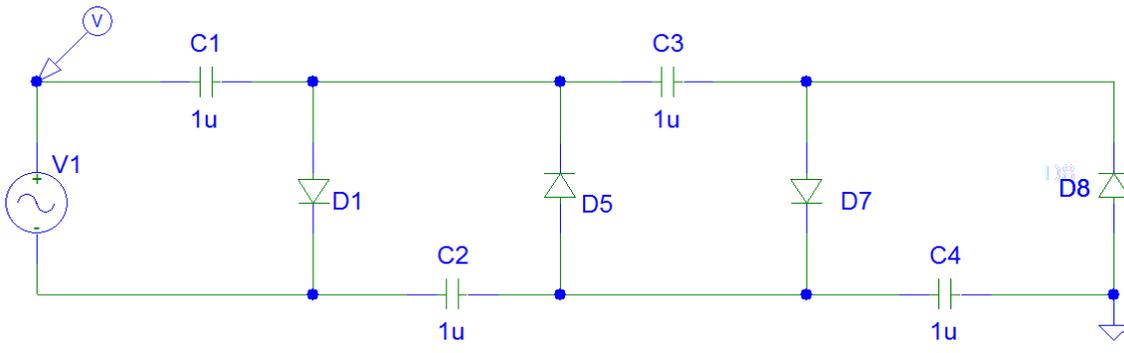


Sistema final de pruebas

Resultados finales



Primera configuración (salida DC)



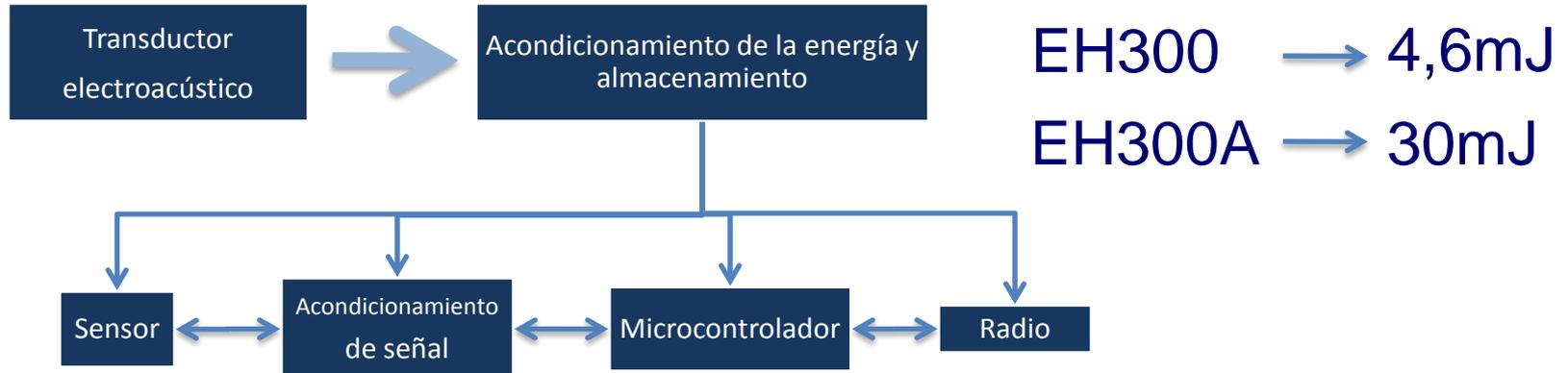
Segunda configuración (salida AC + DC)

Resultados finales

D(cm)	Señal cuadrada				Señal senoidal			
	Vin(mVpp)	dB	Tiempo 1ºconfig	Tiempo 2ºconfig	Vin(Vpp)	dB	Tiempo 1ºconfig	Tiempo 2ºconfig
1	1140	120,4	1'	1'12"	984	117,6	1'11"	1'24"
2	872	117,2	1'24"	1'39"	752	114,6	1'44"	1'59"
3	736	116,3	1'46"	2'4"	624	113,7	2'12"	2'32"
4	520	113,4	2'57"	3'23"	440	110,9	3'58"	4'22"
5	336	110,4	7'17"	7'24"	280	107,5	14'10"	12'04"

Tabla de resultados finales

Resultados finales



Elemento	Tensión (V)	Corriente (A)	Tiempo (s)	Energía (J)
Sensor y circuito de polarización	5	175μ	1,2	1,05m
Conversor A/D	3	250μ	1,2	0,9m
Microcontrolador (inactivo)	3	30μ	1	90μ
Microcontrolador (activo)	3	8m	0,5	12m
Radio	3	20m	0,1	6m
Total				20,04mJ

Índice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Estado del arte
4. Descripción de la propuesta
5. El módulo EH300
6. El transductor electroacústico
7. El conversor AC/AC
8. El conversor AC/DC
9. Resultados finales
- 10. Conclusiones y líneas futuras**
11. Presupuesto



Conclusiones y líneas futuras

Conclusiones:

- Se ha conseguido activar la salida del módulo EH300 a partir del sonido
- Nivel mínimo de presión sonora necesario 107,5dB, equivalente a el generado por una motocicleta
- Funcionamiento en ambientes muy ruidosos. Prueba con martillo hidráulico

Conclusiones y líneas futuras

Líneas futuras:

- Miniaturización y optimización de los elementos.
 - Altavoz
 - Transformador
 - Conversor AC/DC
- Desarrollo de una PCB para la integración completa del sistema.
- Aprovechamiento de la energía mecánica de las vibraciones.



Índice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Estado del arte
4. Descripción de la propuesta
5. El módulo EH300
6. El transductor electroacústico
7. El conversor AC/AC
8. El conversor AC/DC
9. Resultados finales
10. Conclusiones y líneas futuras
- 11. Presupuesto**



Presupuesto

Costes	Total (€)
Costes de recursos humanos	209,15
Costes de herramientas software	51,15
Costes de ingeniería	35.712
Costes de equipos informáticos	18
Costes de medidas	38,35
Otros costes	505,65
Subtotal	36.534,3
IGIC (5%)	1.826,7
PRESUPUESTO TOTAL	38.361€





PROYECTO FIN DE CARRERA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA
RESIDUAL BASADO EN EL ACONDICIONADOR EH300 DE LA
EMPRESA ADVANCED LINEAR DEVICES**

Autora: Elisa Elías González
Tutores: Dr. Javier del Pino Suárez
D. Juan M. Sosa Navarro

Marzo 2010