

 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria

**INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN  
SISTEMAS ELECTRÓNICOS**

PROYECTO FIN DE CARRERA

**SISTEMA BIÓNICO DE ECOLOCACIÓN PARA INVIDENTES**

AUTOR:

D. EFRÉN FERRER RENOVELL

DIRECTOR:

D. ENRIQUE NAVARRO CAMBA

Tribunal:

Presidente:

Vocal 1º:

Vocal 2º:

Vocal 3º:

CALIFICACIÓN:.....

FECHA:



## **-Resumen**

En el presente trabajo se hace un estudio de las soluciones existentes para el problema de la navegación autónoma de los invidentes en entornos de su vida cotidiana, para ello se han buscado en diferentes fuentes tales como patentes, publicaciones científicas y noticias en otras fuentes diversas. Se analiza esta información y se extraen conclusiones relevantes para realizar un dispositivo de navegación para invidentes. Después se nombran los principios científicos y técnicos a tener en consideración para realizar un dispositivo de navegación para invidentes, así como se esboza una solución novedosa al problema planteado, basada en el control que tiene el usuario sobre la señal emitida, así como en como se comunica la máquina con el usuario (mecanorrecepción a través de las yemas de los dedos de la mano)

Posteriormente se propone un sistema de pruebas basado en PC que permite el desarrollo de la solución propuesta.

Primero de forma simulada con el algoritmo FDTD, Para después hacerlo de forma experimental con tarjetas de adquisición de datos y control para PC, combinadas con transductores de ultrasonidos de transmisión aérea.

El estudio está planteado de forma que la solución de desarrollo propuesta sirva para resolver una gran cantidad de problemas similares que involucra procesamiento digital de señal y/o control de procesos.

En cada uno de los apartados se incluyen todas las referencias consultadas para su realización.



## **-1.Tabla de Contenidos**

<b>-Resumen.</b>	<b>3</b>
<b>-1.Tabla de Contenidos.</b>	<b>5</b>
<b>-2.Introducción.</b>	<b>7</b>
<b>-2.1.Objetivos y Justificación de los mismos.</b>	<b>8</b>
<b>-2.2.Antecedentes y Estado del Arte.</b>	<b>11</b>
<b>-2.2.1.Patentes.</b>	<b>12</b>
<b>-2.2.2.Artículos científicos.</b>	<b>15</b>
<b>-2.2.3.Webs, Blogs y noticias en medios de masas.</b>	<b>27</b>
<b>-2.2.4.Antecedentes en la titulación ITTSE.</b>	<b>28</b>
<b>-2.3.Base Teórica, Puntos de Partida.</b>	<b>29</b>
<b>-2.3.1.Breve introducción a la Cibernética y la Biomimética.</b>	<b>30</b>
<b>-2.3.2.Fisiología Animal para la ecolocación.</b>	<b>32</b>
<b>-2.3.3.Física de ondas, Acústica, Psicoacústica,</b>	
<b>Electromagnetismo.</b>	<b>36</b>
<b>-2.3.4.Tecnología de ultrasonidos, SONAR, transducción,</b>	
<b>contramedidas.</b>	<b>44</b>
<b>-2.3.5.Proyectos hechos, "starter kits".</b>	<b>51</b>
<b>-3.Metodología, Desarrollo técnico o Proceso técnico.</b>	<b>55</b>
<b>-3.1.Análisis teórico y conclusiones.</b>	<b>56</b>
<b>-3.2.Análisis soluciones existentes y conclusiones.</b>	<b>61</b>
<b>-3.3.Análisis de soluciones posibles.</b>	<b>63</b>
<b>-3.3.1.Enunciar Ocurrencias.</b>	<b>64</b>
<b>-3.3.2.Definir criterios de selección.</b>	<b>67</b>
<b>-3.3.3.Desconsiderar soluciones inviables.</b>	<b>69</b>
<b>-3.3.4.Realizar selección.</b>	<b>70</b>
<b>-3.4.Expresar solución conceptual.</b>	<b>71</b>
<b>-3.5.Verificar viabilidad teórica de la solución conceptual.</b>	<b>74</b>
<b>-3.6.Discusión y Justificación.</b>	<b>78</b>
<b>-3.7.Referencias.</b>	<b>79</b>
<b>-4.Diseño Prototipo.</b>	<b>81</b>
<b>-4.1.Soluciones en el mercado para el prototipo.</b>	<b>82</b>
<b>-4.2.Posibles Soluciones de diseño del prototipo.</b>	<b>85</b>
<b>-4.3.Propuesta de prototipo funcional.</b>	<b>91</b>
<b>-4.4.Discusión acerca del prototipo.</b>	<b>94</b>
<b>-4.5.Referencias.</b>	<b>95</b>
<b>-5.Conclusiones.</b>	<b>97</b>
<b>-5.1.Viabilidad.</b>	<b>98</b>
<b>-5.2.Recomendaciones del Proyectista.</b>	<b>100</b>
<b>-6.Referencias.</b>	<b>101</b>
<b>-6.1.Fuentes.</b>	<b>102</b>
<b>-6.2.Información de interés para seguir investigando.</b>	<b>103</b>
<b>-Epilogo.</b>	<b>105</b>
<b>-Anexos.</b>	<b>107</b>
<b>-A.Métodos en detalle.</b>	<b>108</b>
<b>-B.Programas, Algoritmos en detalle.</b>	<b>109</b>
<b>-C.Datos adicionales.</b>	<b>117</b>



## **-2.Introducción**

Que es conveniente saber antes de empezar a desarrollar el proyecto

**-2.1.Objetivos y Justificación de los mismos**

**-2.2.Antecedentes y Estado del Arte**

**-2.3.Base Teórica, Puntos de Partida**

## **-2.1.Objetivos y Justificación de los mismos**

Tal y como aparece en el anteproyecto detallo a continuación los objetivos de este proyecto, así como una justificación de los objetivos.

**Objetivos** del proyecto detallados **en el anteproyecto.**

### ***1) Entender los procesos básicos que se dan en el sistema nervioso de los microchiropteras ecolocalizadores para su implementación en un sistema electrónico.***

Un sistema electrónico basado en una “solución” biológica, es llamado Biónico, y requiere de un conocimiento profundo del sistema que se quiere emular, por ello el primer objetivo detallado en el anteproyecto se trata de estudiar como la naturaleza resuelve los problemas, para tratar de, inspirados por sus métodos, solucionar nuestro problema particular de la forma más eficiente posible... En el título del proyecto se dice que nuestro problema particular se trata de aplicar la habilidad de los murciélagos (y de otros animales) para usar el sentido del oído, para orientarse, sin usar la ayuda de otros sentidos, tales como la vista, para realizar un sistema de ayuda a los humanos invidentes.

Desde hace tiempo se sabe que los microchiropteras, comúnmente llamados murciélagos, tienen la capacidad de utilizar las ondas mecánicas (sonido en este caso) para orientarse en la oscuridad y conseguir su alimento, esto ha interesado desde su conocimiento a los ingenieros, ya que por su peculiaridad, permitiría aplicar esta cualidad a infinidad de sistemas electrónicos de la vida cotidiana.

### ***2) Usar los conocimientos adquiridos durante los estudios de ITTSE para diseñar un sistema análogo al de ecolocalización de los microquirópteros.***

Ya que el proyecto, se va a presentar para la consecución de el título de ingeniero técnico en sistemas electrónicos, voy a utilizar los conocimientos que conservo de mis estudios para aplicarlos en el diseño de un sistema biomimético, basado principalmente en el estudios fisiológicos realizados hasta la fecha y a los cuales he podido tener acceso, de los murciélagos que usan la ecolocalización. Es sabido que hay otros seres que usan la ecolocalización, entre ellos los humanos, pero me concentraré en el sistema de los murciélagos, por ser los que usan el sentido del oído de forma conocidamente eficiente.



### ***3) Proyectar sistema de prueba basado en ordenador personal y verificar el funcionamiento del mismo.***

El Proceso de ensayo de una solución teórica, es básico en cualquier proyecto que quiere convertirse en una realidad. Por ello basamos el sistema de pruebas en un ordenador personal, que es una de las maquinas de propósito general más extendidas del mundo conocido, y dado que hoy en día tienen una capacidad suficiente para computar algoritmos de casi cualquier tipo, este sistema ha de ser capaz de resolver una gran cantidad de problemas, no solo el del proyecto que nos ocupa ahora.

### ***4) Adaptar diseño para orientarlo a una aplicación práctica: Ayuda a los invidentes.***

Con el sistema de pruebas se puede llegar a una solución general basada en ordenador personal, que permita localizar por ecos, de forma similar a la que lo hace un organismo vivo, pero esto puede ser que no sea más que una demostración del principio.

El propósito de un proyecto es normalmente, llegar a una solución de un problema real, (solución tecnológica...) por esto, es necesario, modificar el diseño original, en el que la solución es muy general, de forma que se pueda aplicar a un problema real, que en el caso de los ultrasonidos, y la ecolocalización, puede ser el de servir como ayuda para la adaptación al entorno de los invidentes, además de otros muchos problemas que se podrían solucionar, partiendo del principio del proyecto, pero elegimos esta aplicación porque consideramos, que era de implementación relativamente sencilla, comparada con las otras aplicaciones.

**Pero los objetivos de este documento son:**

-Ser una futura referencia autocontenida, para el hipotético desarrollo del producto, para personas con conocimientos iguales, equivalentes o superiores a los que se consideran en la titulación de ITTSE

Con este documento se tienen una guía de referencia técnica garantizada, para empezar a desarrollar el producto propuesto.

También pretende ser un documento que permita valorar la viabilidad de este proyecto. Por parte sobre todo de técnicos.

**Cuales NO son los objetivos de este documento:**

Este documento no pretende ser un documento legal para realizar un hipotético contrato con terceras partes, se trata de un estudio de Investigación y viabilidad técnica, dejando la hipotética tarea de otros estudios de viabilidad económica, social y legal, para los respectivos expertos en estos temas.

Así como este documento tampoco es un documento en el que se estudie la producción industrial del hipotético producto.

## **-2.2.Antecedentes y Estado del Arte**

### **-2.2.1.Patentes.**

### **-2.2.2.Artículos científicos.**

### **-2.2.3.Webs, Blogs y noticias en medios de masas.**

### **-2.2.4.Antecedentes en la titulación ITTSE**

Voy a describir cuales han sido los antecedentes de mi proyecto, a los que he podido tener acceso, así como el estado a día de hoy de las investigaciones de las que tengo conocimiento.

Destacar que voy a hacer referencia a los dispositivos y noticias que hacen referencia a estudios para la mejora de la movilidad y autonomía espacial, de los invidentes, y que no es el objeto de este apartado centrarse únicamente en los estudios realizados en referencia a sistemas biónicos de ecolocación.

Primeramente voy a clasificar las fuentes que he utilizado en tres grandes categorías:

Patentes, Documentos científicos y publicaciones en medios de comunicación destinados al publico en general (periódicos, blogs, etc...) Primeramente destacar que en función de la fuente de la que procede la información la noticia tiene un tratamiento u otro, por ejemplo, en el caso de los artículos científicos el lenguaje usado se podría calificar de científico, y la estructura de la información es similar en todos ellos, lo mismo se puede decir de las patentes, en las cuales lo que se pretende es describir un dispositivo de forma que cuando alguien fabrique algo que se parezca mucho, se puedan reclamar derechos de propiedad intelectual, por ello la descripción que se hace es la de un dispositivo, no así como en el caso de los documentos científicos en los cuales se demuestra un método, una teoría o el resultado de una investigación. Cuando la noticia procede de un periódico, en muchos casos se puede notar que tiene fines propagandísticos, y a veces incluso con la intención de confundir, ya que los periódicos son escritos para un publico determinado, y suelen tener unos objetivos marcados por su linea editorial e ideológica... Eso no significa que la información no pueda ser veraz, pero tiene una interpretación de la realidad que depende del publico al que se dirija, esto es aplicable a cualquier fuente en general.

### -2.2.1.Patentes

Title	Publication date
BLIND APPROACH NAVIGATION DEVICE	12/10/43
A new or improved blind aid	10/01/68
Distance ranging equipment	21/08/68
IMPROVEMENTS IN OR RELATING TO GUIDING DEVICES	02/08/72
DETECTION APPARATUS	19/06/74
ULTRASONIC MOBILITY AIDS	02/01/75
ULTRASONIC TRANSMITTER AND/OR RECEIVER	19/04/78
ULTRASONIC WAVE TRANSMITTER AND RECEIVER FOR HEARING AID FOR BLIND WALK	31/07/85
MULTIPLE OBSTACLES INDICATABLE WALK AID APPARATUS FOR BLIND MAN	09/05/86
Apparatus and method as an orientation aid to the blind and those with impaired vision using the ultrasound pulse echo method	19/06/87
Method of processing the signal delivered by a radar system for detecting the approach of an individual, and radar device implementing this method	21/08/87
ULTRASONIC BINAURAL SENSORY AID FOR A BLIND PERSON	10/07/89
Orientation aid for blind persons	03/05/90
Electronic orientation aid for blind - provides stereo acoustic signal corresponding to detected frequency characteristic or frequency spectrum	31/05/90
Mobility Aid for Blind Persons	10/09/94
Frequency-sensitive control of beamwidth an acoustic transducers	26/06/96
WALKING AID FOR BLIND PERSON	17/02/98
WAVE RECEIVING ARRAY	12/05/00
Route navigation method, especially for blind or visually impaired people, detects user position and sends information from central database server to user	07/06/02
GPS urban navigation system for the blind	31/12/02
Blind person's stick has navigation system with ear piece link	06/03/03
Blind aid stick has ultrasonic sensors with acoustic and vibration output	17/04/03
Navigation and communication aid for the blind	14/01/04
Wireless navigation aid for blind people	31/03/04
Object related speech output unit for blind people has stick with reader for codes on objects and speech output to allow navigation around hazards.	26/08/04
Blind aid for recognizing obstacle, has ultrasonic distance warning devices combined with vibration motors that transmits signals to user, to enable direction and distance moderate location of obstacle based on its alignment and sensitivity	18/01/07
Stereo ultrasonic blind person aid device	06/06/07
MANAGEMENT AND NAVIGATION SYSTEM FOR THE BLIND.	20/07/07
NAVIGATION SYSTEM FOR THE BLIND PERSON AND MOBILE DEVICE THEREWITH	31/08/07
Electronic voice walking aid for blindmen against burn, scald, broken and bumped	30/04/08
Navigation device and navigation system for blind and visually impaired people and a navigation method	11/06/08
Sterosonic ultrasonic blindman-helping tool	18/06/08
ECHOLOCATION DEVICE	17/07/08
Blind man navigation method and system based on computer vision	18/02/09
Ultrasonic electric torch	08/04/09

Tabla I

Primeramente haré un análisis por separado de la información encontrada en cada una de las fuentes.

En cuanto a las patentes como se puede observar, están ordenadas cronológicamente.

En muchos casos hay una descripción completa, pero solo puedo leerla si conozco el idioma del país en el que se ha publicado la patente, por ejemplo si la patente es de un país en el que el idioma oficial es el inglés, como es el caso de USA o UK, entonces puedo leer el documento original (si está disponible).

Si es una patente española, el documento original estará escrito en castellano, en cuyo caso también podré leer el documento original. Pero si la patente se registró en un país como Japón, el documento original estará en japonés, lo que implica que solo tendré acceso al resumen, que en todos los casos en los que esté disponible estará en inglés.

Centrándome en la información que he obtenido de la oficina de patentes, puedo decir que no puedo hacer un estudio en profundidad de los dispositivos descritos, por los motivos expuestos en el párrafo anterior, pero si me puedo hacer una idea de lo relativamente antigua que es la invención, y de como han habido continuas mejoras de las invenciones desde que ha pasado el tiempo, por ejemplo la primera patente que he encontrado de un dispositivo para ayudar a los invidentes ha sido la del año 43 y la última ha sido este mismo año, lo que significa que en este campo hay mucho por hacer aún.

Las soluciones son de lo más variadas, pero se puede decir que las que a mi me interesan (las basadas en ultrasonidos) la mayoría están basadas en el cambio de frecuencia de la señal recibida para hacerla audible a las personas, solución que ocupa prácticamente toda la sensibilidad auditiva ( muy importante para los ciegos).

Otra solución bastante repetida es la que se basa en la transducción de la onda mecánica aérea, en una vibración mecánica en el dispositivo, la cual es captada por el sujeto, y puede ser interpretada como la proximidad al objeto que genera el eco, o como una reproducción de la señal recibida como eco sonoro a una vibración perceptible por el sujeto para su libre interpretación.

La base de datos de las patentes es muy extensa, y principalmente está destinada a reclamar la propiedad intelectual y los derechos de fabricación así que es posible que existan invenciones "duplicadas" en diferentes países ya que diferentes países tienen diferentes leyes, por ejemplo, una patente puede tener un ámbito nacional solamente, y por ello puede tener una replica en otro país.

La información que tengo hasta la fecha acerca de las patentes, es que por ejemplo en USA, tienen una validez de 20 años, lo que implica que pasado este tiempo, se puede fabricar libremente el dispositivo descrito sin pagar derechos de autor.

En el caso de las patentes internacionales, creo que el caso es ligeramente diferente, ya que se paga una cuota anual para mantener los derechos de autor vigentes, lo que implica que si no se paga la cuota la patente expira, y está disponible para cualquiera sin tener que pagar derechos de autor.

Comentar que el tema de la propiedad intelectual es un tema controvertido, y que hay muchos puntos de vista e intereses contrapuesto, lo que implica que siempre será un tema controvertido, pasando al ámbito de la política, con las consecuencias que ello tiene. Volveré a comentar el tema en algún apartado...

### **-2.2.2.Artículos científicos.**

01	-A Bat-Like Sonar System for Obstacle Localization	04/07/92
02	-Bat-Like Sonar for Guiding Mobile Robots	??/08/92
03	-Sensor ultrasónico para ciegos	??/01/96
04	-Auditory perception of objects by blind persons, using a bioacoustic high resolution air sonar	09/02/00
05	-Bioacoustic spatial perception by humans: A controlled laboratory measurement of spatial resolution without distal cues.	27/10/00
06	-The use of Doppler in Sonar-based mobile robot navigation: inspirations from biology	18/03/03
07	-A Neuromorphic VLSI Model of Bat Interaural Level Difference Processing for Azimuthal Echolocation	01/01/07
08	-Biomimetic Sonar System Performing Spectrum-Based Localization	10/05/07
09	-Using bat-modelled sonar as a navigational tool in virtual environments	13/06/07
10	-Object Recognition with FM Sonar; An Assistive Device for Blind and Visually-Impaired People	31/03/09

**Tabla II**

La información de las publicaciones científicas a las que en este apartado hago referencia han sido seleccionadas porque describen algún tipo de dispositivo que usa los ultrasonidos o la ecolocación.

Las fuentes de revistas científicas siempre son más descriptivas que las otras fuentes, por este motivo, me he dedicado a leer con más detenimiento esta fuente información, ya que los conocimientos que aquí se expresan, están enfocados a la transmisión de conocimiento, o a la exposición de los resultados de una investigación, lo que implica que el conocimiento de esta información es optimo para poder diseñar un sistema similar, al expuesto en los artículos.

Haré una breve descripción de cada uno de los artículos que he seleccionado para su estudio, y las consecuencias que para mi proyecto tiene cada uno.

El artículo es de la revista IEEE transactions on systems, man, and cybernetics.

En este artículo se describe un sonar activo de gran haz o rayo, que mimetiza la configuración de los murciélagos ecolocalizadores, para aplicaciones de sensado para robots. Se usa una detección en dos dimensiones (rango o distancia al objeto y acimut o ángulo de desviación respecto a la dirección del haz)

Para la estimación del rango se hace uso del método "time of flight" TOF en inglés, que se puede traducir en el tiempo que tarda en ir y volver la señal de sonar al objetivo a localizar (tiempo de vuelo)

Básicamente usa una configuración con un transmisor y dos receptores situados a los lados de a modo de orejas, que envían un pulso modulado en frecuencia. Para ello se emplea un DSP controlado por un IBM PC, un conversor A/D bidireccional y un circuito de transmisión, otro de recepción y el array de 3 transductores.

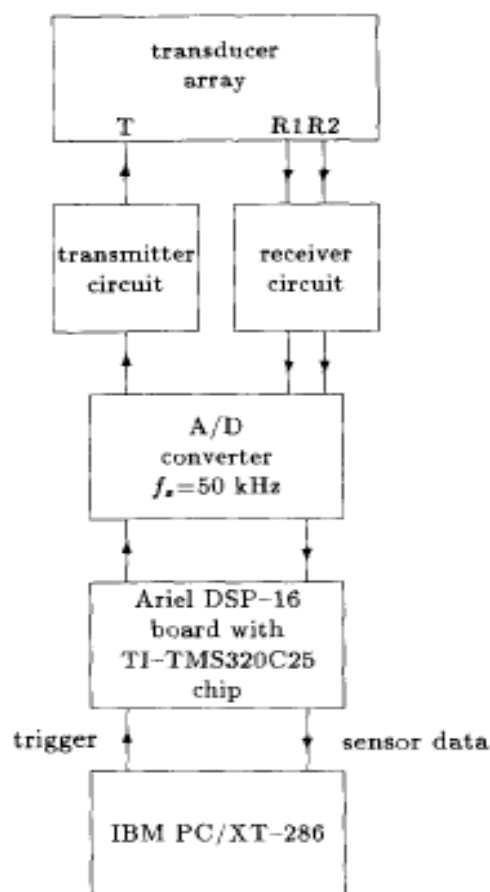


Fig. 7. Block diagram of system configuration for obstacle localization.

Figura 1



De la revista IEEE control systems

Es un trabajo similar en la concepción al anteriormente descrito, ya que se usa una detección bidimensional (rango y acimut)

Es claramente inspirado en el sistema de los murciélagos, e intenta imitarlo de forma precisa.

Los resultados del trabajo se muestran tanto en las simulaciones como de forma experimental montando el dispositivo en un robot móvil que puede seguir un objetivo en un plano 2D (el suelo en este caso) decidiendo que dirección tomar. No entraré en muchos mas detalles pero el diseño es muy similar al anterior PC--> DSP--> A/D--> Transductores.

La principal diferencia es que en este caso verifican experimentalmente los resultados de las simulaciones.

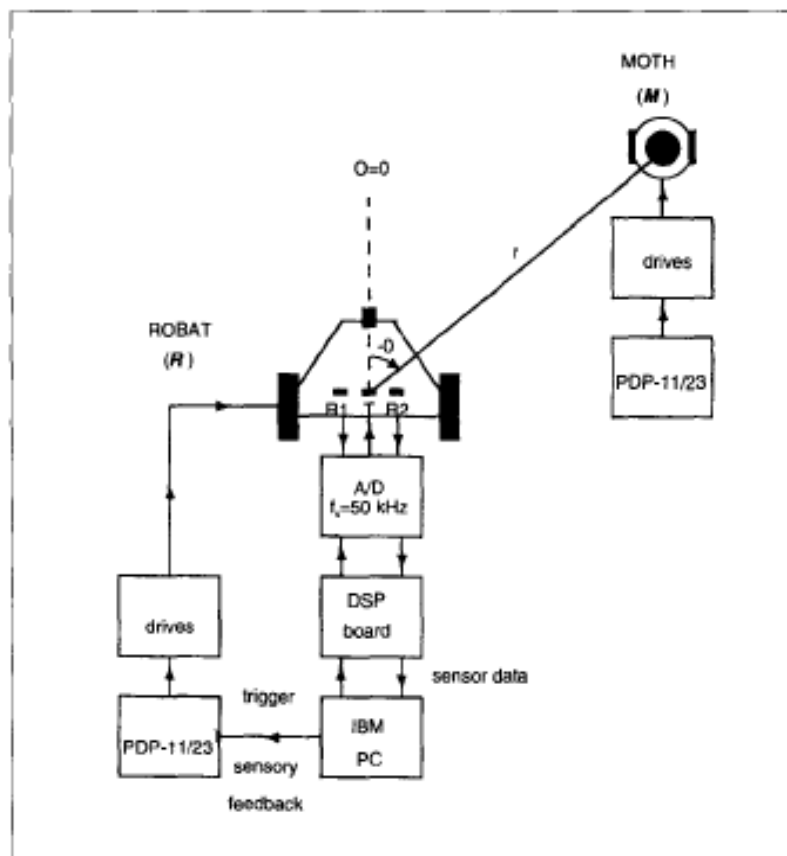


Fig. 11. Block diagrams of the robots.

Figura 2

03	-Sensor ultrasónico para ciegos	??/01/96
----	---------------------------------	----------

Publicado en la versión española de la revista "Cientific American" llamada Investigación y Ciencia.

Se trata de un trabajo financiado por el CSIC en el instituto de automática industrial

En este trabajo pese a haberse inspirado probablemente en el concepto de ecolocación de los murciélagos, no trata de emular la configuración biológica para conseguir su objetivo. Si no que se trata de una configuración "propia" optimizada para la tarea de servir como guía a los invidentes.

Se trata de un sistema con tres pares de sensores (tres receptores y tres emisores) que cubren un angulo de 180º especifica que trabajan a una frecuencia central de 40Khz y que todas las fases de conversión A/D muestreo y procesamiento están realizadas por un microcontrolador, que genera una salida audible para el invidente, que puede ser interpretada para reconocer el entorno después de un proceso de aprendizaje. Nombra también una posible interfaz de salida alternativa de tipo vibrotactil, ya que esta, dejaría libre el sentido de la audición del invidente para usos cotidianos, de vital importancia para el sujeto ya que en este caso este sentido es extremadamente importante para el.

04	-Auditory perception of objects by blind persons, using a bioacoustic high resolution air sonar	09/02/00
----	---	----------

Este trabajo se publicó en "Acoustical society of America"

En este trabajo se usa un método que no necesariamente es biomimético, pero como todos puede tener una inspiración procedente de la biología.

Se trata de un sistema de transductores ultrasónicos, montados en una cinta para colocarse a la cabeza, el cual hace un cambio en frecuencia de la señal recibida en los transductores de recepción, para hacerla audible. La señal que se emite por los transductores se trata de una CTMF (continuous transmission frequency) Lo que es igual a una señal continua modulada en frecuencia, Para ello se utilizan varias configuraciones de transducción.

Hay una fase de procesamiento de señal tanto en la emisión (generación de la señal CTMF) como en la recepción (filtrado de la señal de interés)

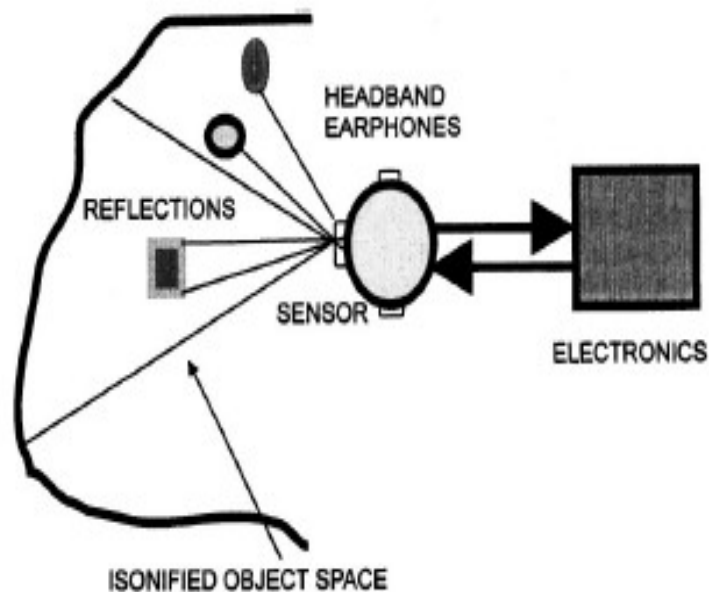


FIG. 1. Basic schematic diagram of the vision substitute, depicting a wide-angle radiation field and a wide-angle field of reception of multiple echoes of complex structure, operating from on the head of a user.

Figura 3

05	-Bioacoustic spatial perception by humans: A controlled laboratory measurement of spatial resolution without distal cues.	27/10/00
----	---	----------

Este artículo se publicó en la revista Acoustical Society of America, igualmente que el anterior, además de ser el mismo autor del anterior trabajo, por ello el dispositivo usado para el experimento es prácticamente el mismo, pero en este trabajo el autor se centra en experimentar con diferentes modos de percepción y diferentes sujetos, al igual que el anterior trabajo este tipo de dispositivos requieren de un proceso de aprendizaje que suele ser largo.

06	-The use of Doppler in Sonar-based mobile robot navigation: inspirations from biology	18/03/03
----	---	----------

Publicado en Information Sciences

Hace referencia a como se pueden usar los mismos sistemas de detección de los murciélagos (modulación en frecuencia (FM) y frecuencia continua (CF)) en un dispositivo biónico comercial llamado RoBat con la disposición típica de dos sensores como receptores y un transductor central como emisor, para la navegación de robots móviles, haciendo uso principalmente de el efecto Doppler.

El rango es calculado con el método TOF (Time-Of-Flight) tiempo de vuelo.

Como novedad respecto a otros artículos se puede decir que se introduce el uso de redes neuronales artificiales (básicamente es un algoritmo de aprendizaje) para la discriminación de frecuencias.

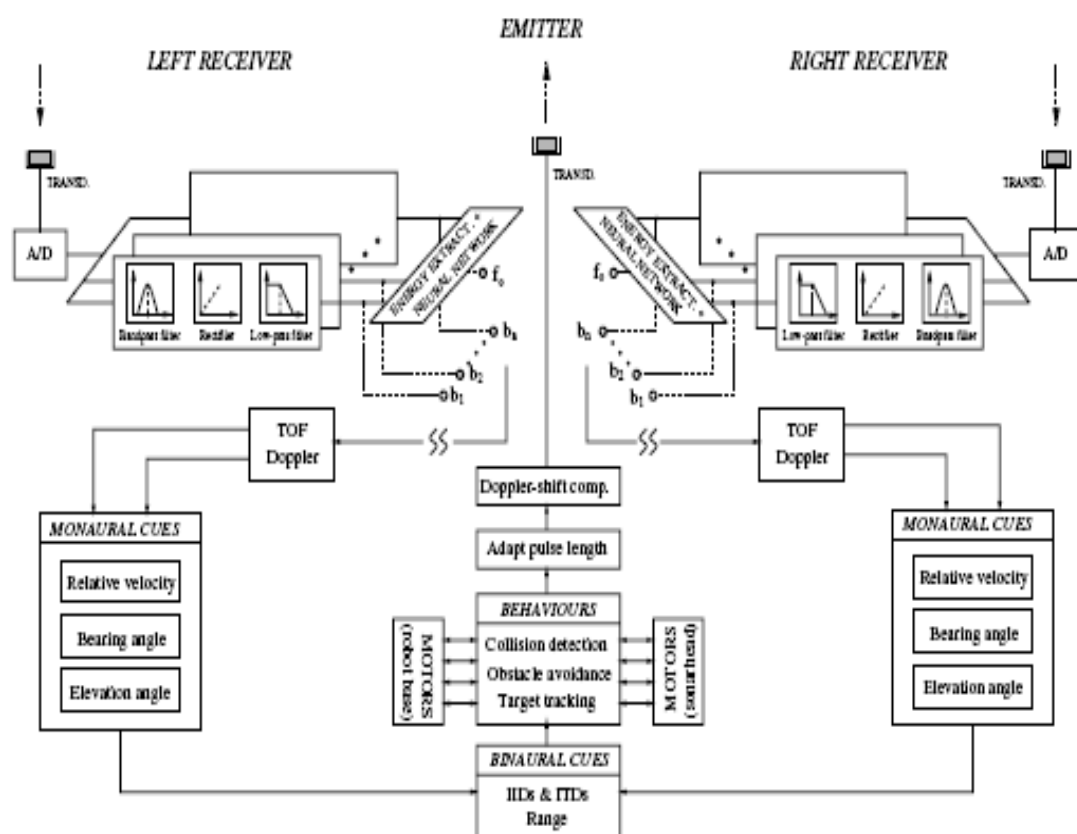


Fig. 2. Block diagram of RoBat's modular architecture. The signal processing module together with the TOF and Doppler estimation modules coming from each of the two receivers are connected to a binaural module in charge of the motor and emission tasks (see text).

Figura 4

07	-A Neuromorphic VLSI Model of Bat Interaural Level Difference Processing for Azimuthal Echolocation	01/01/07
----	---	----------

En este artículo publicado en IEEE Transactions on circuits and systems, se pretende hacer un modelo circuital en la escala de integración VLSI, (**Very Large Scale Integration** integración en escala muy grande. ) del sistema de procesamiento "Interaural Level Difference" ILD (diferencias de nivel interaural) de los murciélagos

Se trata de un circuito neuromorfológico que emula el funcionamiento de parte del sistema de ecolocación de los murciélagos (ILD)

Se trata de un circuito de tecnología CMOS, que controla tres transductores, (dos como micrófonos ultrasónicos, y uno como emisor de ultrasonidos) que genera señales similares a las que se supone que genera la coclea (oído interno de los mamíferos) del murciélago en el proceso de detección de diferencias de nivel interaural, proceso que es básico para la localización de objetos en el espacio.

La detección se hace por extracción de la envolvente de la señal emitida (de forma de pulso Gausiano)

Después hace referencia a como se hace el diseño del circuito CMOS así como dedica unos párrafos a exponer los resultados del trabajo.

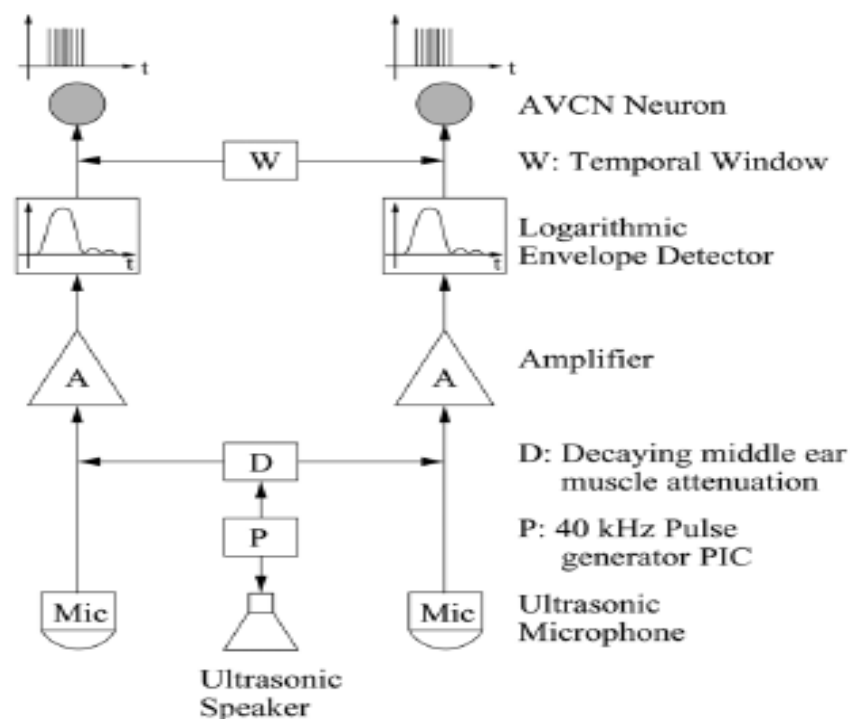


Fig. 8. Block diagram showing the subsystem for the sonar front-end. Information flows from the bottom to the top. Short ultrasonic sounds emitted from the speaker produce echoes from objects and are detected and amplified. The amplitude is extracted from the signal and converted to a pulse train as a simplified model of the cochlea and a population of AVCN cells.

Figura 5

Publicado en IEEE Transactions on Robotics.

Igualmente que los anteriores en este documento se expone el trabajo realizado con un sistema de sonar biomimético, el cual se expone a un entorno realista (no un entorno de laboratorio) para después comparar los resultados con patrones espectrales.

Como casi todos los dispositivos estudiados, hace una detección 2D. El tipo de señal que emiten son barridos en frecuencia descendentes desde 59Khz hasta 31Khz modulados linealmente. De forma que se parezca lo máximo al en el que lo hacen los murciélagos.

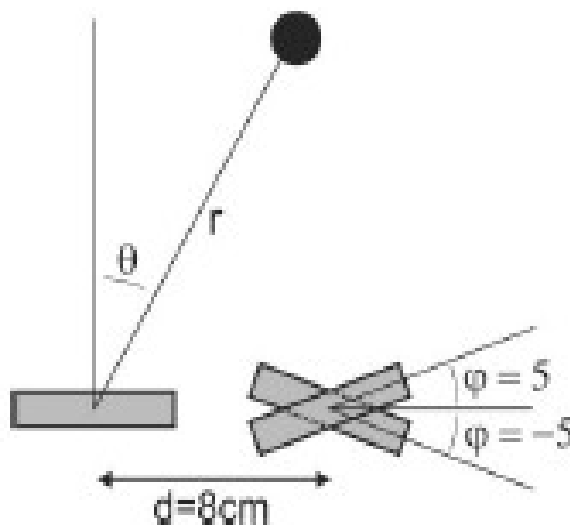


Fig. 1. Top view of the transmitter–receiver configuration.

Figura 6

09	-Using bat-modelled sonar as a navigational tool in virtual environments	13/06/07
----	--	----------

## Revista Human-Computer studies

En este artículo se hace un estudio de como se puede enseñar a un grupo de personas a localizar un objeto virtual en un espacio virtual solo con las señales generadas por el ordenador a modo de eco procedente del objeto a detectar, de forma que se asemeje a como lo haría un murciélago

La generación tanto de las señales como de sus ecos se hace con un ordenador, que calcula todas las señales que se deben hacer audibles para el sujeto, el cual usa su sentido de la audición para encontrar el objeto en el entorno virtual, después de un entrenamiento

El tipo de señales usadas en este experimento son moduladas en frecuencia.



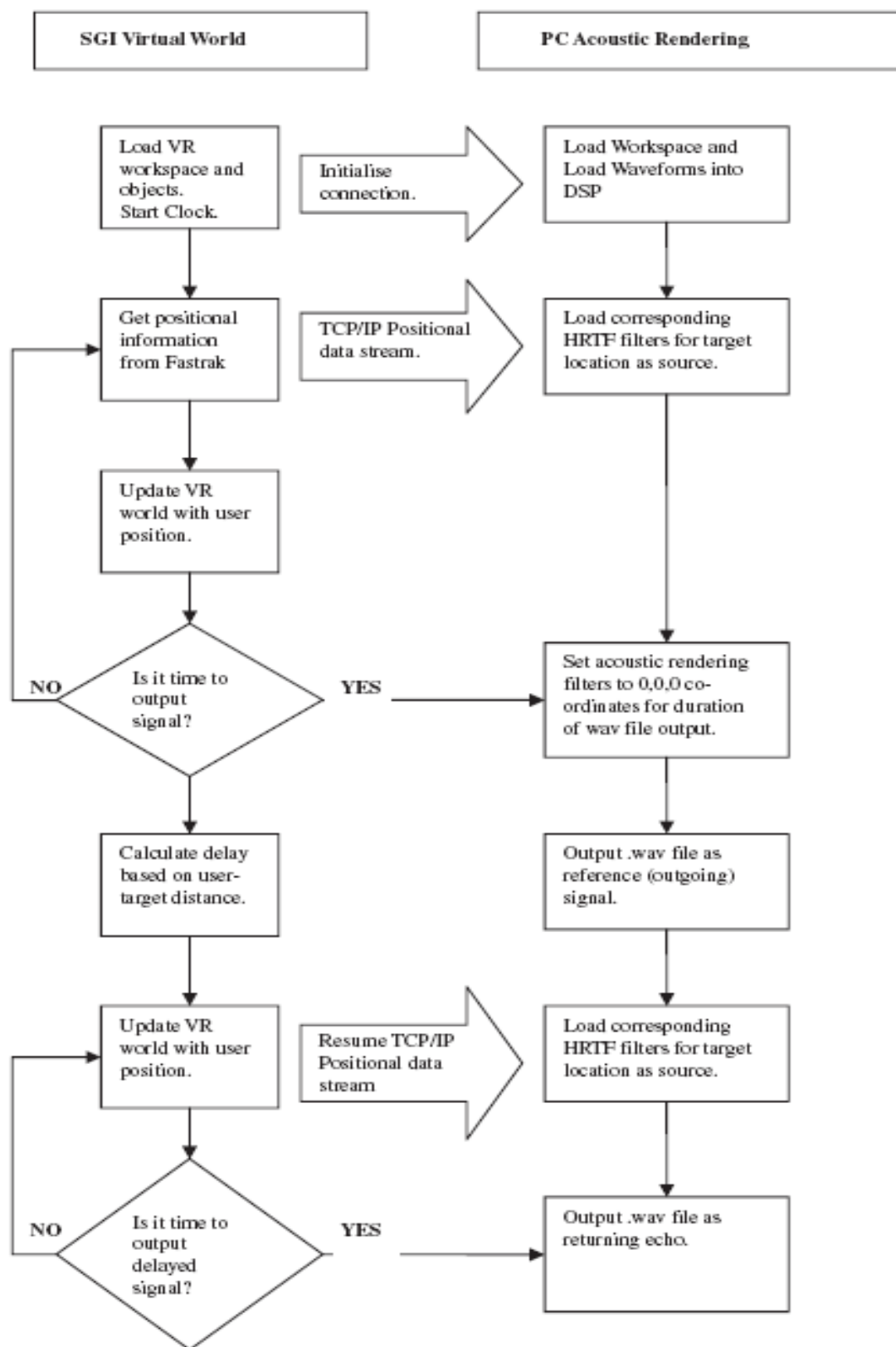


Fig. 1. Process flow diagram of the system used to monitor and generate the sonar virtual world.

Figura 7

10	-Object Recognition with FM Sonar; An Assistive Device for Blind and Visually-Impaired People	31/03/09
----	---	----------

Este es uno de los documentos que se puede considerar como "Estate-Of-The-Art" (Estado del Arte) Y en el se describe un sistema de SONAR para asistencia para los ciegos. El método usado es similar a alguno de los descritos anteriormente, concretamente al CTMF (continuous transmission frequency), pero a diferencia de sistemas anteriores, en este sistema se hace uso de un procesador de señales para interpretar la señal y dar una posible salida al sistema vía sintetizador de voz, es como si se guiara a un robot pero con la peculiaridad de que no es a un robot al que hay que guiar si no a un invidente, el cual recibe la información por vía auditiva pero pre-procesada, es como si el dispositivo le diera instrucciones como los actuales GPS, sintetizando texto generado por el aparato, a voz. Para ello usa métodos típicos como la correlación, y la autocorrelación.

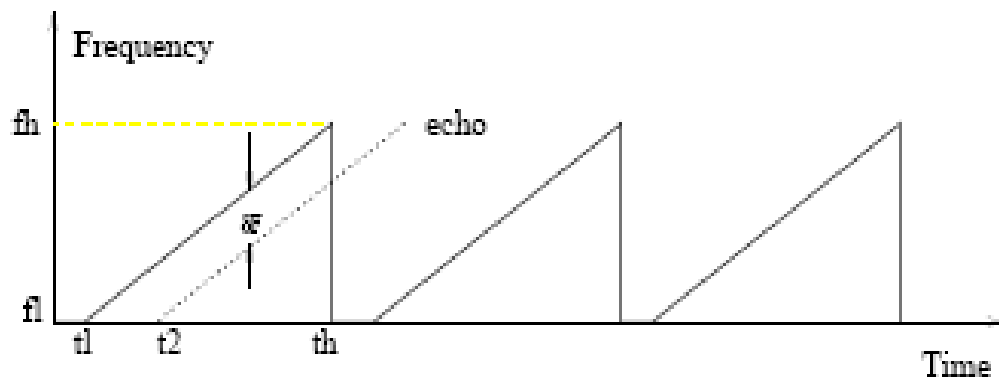


Figure 1: Frequency pattern of the FM sonar  
The dotted line shows the frequency of the received echo if an object is placed in front of the sonar.

Figura 8

### **-2.2.3.Webs, Blogs y noticias en medios de masas.**

-Sistema que emula a los murciélagos <a href="http://www.chiroping.org/stateArt.html">http://www.chiroping.org/stateArt.html</a>	01/05/07
-Zapatos y anteojos para ciegos: son sensibles a los obstáculos <a href="http://www.taringa.net/posts/offtopic/935646/tecnologia-para-ciegos.html">http://www.taringa.net/posts/offtopic/935646/tecnologia-para-ciegos.html</a> (blog post)	26/10/07
-GAFAS CON SONIDO Y "MAQUINAS PARA VER": GRANDES AVANCES PARA AYUDAR A LOS CIEGOS <a href="http://humorvitreo-optica.blogspot.com/2009/01/gafas-con-sonido-y-maquinas-para-ver.html">http://humorvitreo-optica.blogspot.com/2009/01/gafas-con-sonido-y-maquinas-para-ver.html</a>	30/01/09
-Gente con poderes: Ben Underwood <a href="http://felizonia.blogspot.com/2009/03/gente-con-poderes-ben-underwood.html">http://felizonia.blogspot.com/2009/03/gente-con-poderes-ben-underwood.html</a>	27/03/09
-Ojos cibernéticos para ciegos (recorte de prensa) <a href="http://www.elpais.com/articulo/Comunidad/Valenciana/Ojos/ciberneticos/ciegos/elpepiespval/20090130elpval_15/Tes/">http://www.elpais.com/articulo/Comunidad/Valenciana/Ojos/ciberneticos/ciegos/elpepiespval/20090130elpval_15/Tes/</a>	31/03/09
-El ser humano puede orientarse como los murciélagos y los cetáceos <a href="http://incitechoyc.blogspot.com/2009/06/el-ser-humano-puede-orientarse-como-los.html">http://incitechoyc.blogspot.com/2009/06/el-ser-humano-puede-orientarse-como-los.html</a>	29/06/09
-Un robot con algoritmos de visión humanos <a href="http://www.facebook.com/note.php?note_id=98366347701&amp;ref=mf">http://www.facebook.com/note.php?note_id=98366347701&amp;ref=mf</a>	05/07/09
-Peepo, un GPS para perros lazarillo <a href="http://www.gizmodo.es/2009/07/21/peepo-un-gps-para-perros-lazarillo.html">http://www.gizmodo.es/2009/07/21/peepo-un-gps-para-perros-lazarillo.html</a>	21/07/09
-Baston inteligente <a href="http://www.elmundo.es/elmundo/2009/08/05/navegante/1249469266.html">http://www.elmundo.es/elmundo/2009/08/05/navegante/1249469266.html</a>	05/08/09
Transforman imágenes en sonido <a href="http://www.facebook.com/note.php?note_id=101027647701&amp;ref=mf">http://www.facebook.com/note.php?note_id=101027647701&amp;ref=mf</a>	01/12/09

Tabla III

Igual que en los anteriores casos, las noticias están ordenadas cronológicamente, como se puede observar.

Las noticias se concentran en los últimos años, por los motivos que he expuesto antes, y que ahora repito.

Las noticias suelen tener en muchos casos fines propagandísticos, y por este motivo caducan rápidamente, a veces informan de proyectos que están en marcha, y que no han sido publicados, o trabajos que pueden desembocar en una patente, en otros casos rescatan invenciones o descubrimientos del pasado, y los hacen parecer novedosos.

Por estos motivos, a mi entender, hay que ser mucho más crítico cuando se lee una noticia de este tipo, que en los casos anteriores.

En este apartado también menciono alguna página web en la que se describe algún dispositivo de interés, sin tener esta publicación carácter de noticia o "novedad", pero que aparece publicado en este formato.

#### **-2.2.4. Antecedentes en la titulación ITTSE de la ETSE de la Universitat de València**

Bridgemaster RADAR	23
Diseño y estudio de la optimización de la precisión de un detector de distancia por ultrasonidos. (destacado por su similitud con el proyecto que me preocupa.)	163
Aplicación de métodos bioacústicos para la detección temprana del picudo rojo de la palmera (anunchophorus ferrugimus)	314

Tabla IV

De los más de 300 proyectos en la titulación ITTSE de la universidad de Valencia, Destaco 3 que por su titulo pueden contener información de interés para mi proyecto.

He tenido la oportunidad de ojear los tres documentos en la biblioteca del seminario del departamento de ingeniería electrónica.

-El numero 23, se trata de un radar para un puente de mandos de lo que parece un buque, la impresión que me dio es que se trataba de la construcción en un puente de mandos de un radar de navegación, no habían muchos datos del funcionamiento del aparato. Pero esta es una impresión con un análisis superficial.

-El numero 163 me llamó la atención por las similitudes que tenía con mi proyecto en su concepción, pues se analizan tanto los dispositivos que hay para la generación de ultrasonidos, como los métodos mecánicos que existen para el análisis de señales procedentes de un eco. Tiene un programa con MATLAB para el análisis de las señales procedentes del eco producido por el objeto a detectar. Pero la finalidad de este proyecto es la de hacer un sensado del entorno para un robot móvil.

-El numero 314 se trata de un proyecto de bioacústica, pero en este caso, se trata de medir el sonido que emiten unos insectos parásitos de una especie de palmeras, para hacer un diagnóstico temprano de la posible plaga. La parte de interés para mi proyecto de puede decir que es en la que se hace un diseño de la recepción de sonido, pues posee todas las partes que han de componer un sistema de grabación de audio.

## **-2.3.Base Teórica, Puntos de Partida**

- 2.3.1.Breve introducción a la Cibernética y la Biomimética.**
- 2.3.2.Fisiología Animal para la ecolocación.**
- 2.3.3.Física de ondas, Acústica, Psicoacústica, Electromagnetismo.**
- 2.3.4.Tecnología de ultrasonidos, SONAR, transducción, contramedidas.**
- 2.3.5.Proyectos hechos, "starter kits".**

### -2.3.1. Breve introducción a la Cibernética y la Biomimética.

#### **Cibernética**, breve introducción:

Una de las definiciones que me parece la más adecuada para este proyecto de la cibernética, se trata de la del fundador de la sociedad americana de cibernética, Warren S. McCulloch, y dice así "Control and Communication in the Animal and the Machine" Control y comunicación en el animal y la maquina.

Con esta frase es suficiente para entender cual es el interés para el proyecto, pues el objetivo de este proyecto es diseñar un sistema capaz de comunicarse con una persona de forma eficiente, así como que la persona genere un "control" sobre el dispositivo (maquina) para controlar su funcionamiento de forma que genere una señal lo más optima posible para el propósito del usuario (animal) (Control y comunicación en el animal y la maquina)

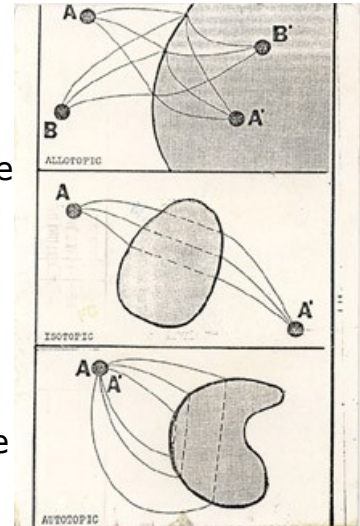


Figura 8

#### **Biomimética**, breve introducción:

Este concepto me lo indicó mi director de proyecto, ya que yo tenía la idea de lo que quería hacer, pero no sabia de la existencia de la palabra que lo definiera, en concreto la llamada Biónica o Biomimética, trata de resolver problemas de ingeniería (como es este caso) mediante de la observación de como la naturaleza ha resuelto problemas similares o iguales. Dado que los problemas de ingeniería, en cuanto tienen relación con la interacción física con el mundo, suelen converger en sus soluciones a las que funcionan en muchos sistemas biológicos.

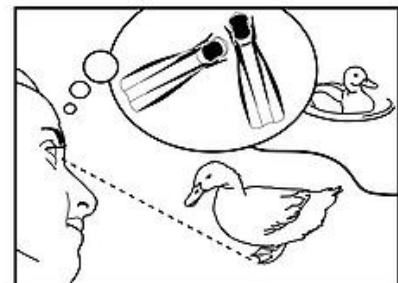


Figura 9

-La Biología inspira a los inventores desde hace mucho tiempo. 1793 Lazzaro Spallanzani, Aporta la primera evidencia de el uso del sonido para orientarse en la oscuridad por parte de los murciélagos su experimento cae en el olvido por "incomprendido" por la sociedad de su época. 1938 Donald Griffin recupera los datos de Lazzaro y demuestra experimentalmente la emisión de Ultrasonidos por parte de los Murciélagos

Se piensa que el RADAR y el SONAR están inspirados por estos descubrimientos.

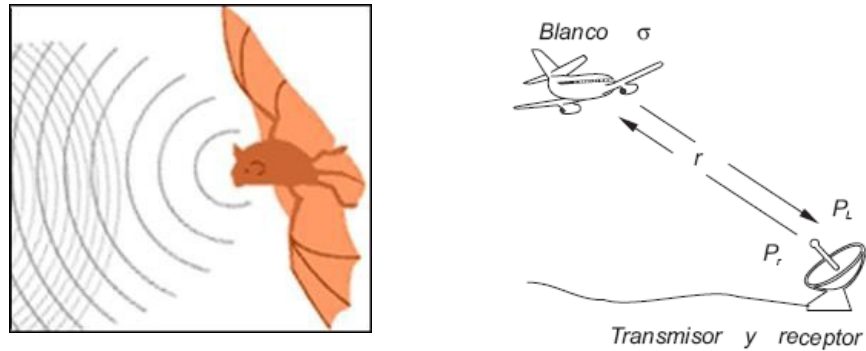


Figura 10

### Referencias **2.3.1**

Biomimicry - Look to Nature for Inspiration <a href="http://feedproxy.google.com/~r/HackedGadgets/~3/orJAr77y164/">http://feedproxy.google.com/~r/HackedGadgets/~3/orJAr77y164/</a>	
Biomimetic company <a href="http://www.festo.com">http://www.festo.com</a>	
<a href="http://www.cyberneticians.com">http://www.cyberneticians.com</a>	
AN INTRODUCTION TO CYBERNETICS (CHAPMAN & HALL LTD 1957)	
Fisiología Animal (Ed. Akal)	01/01/92

### -2.3.2.Fisiología Animal para la ecolocación.

#### **Fisiología**, Breve introducción:

La fisiología estudia a los seres vivos en los niveles funcionales más básicos, para entender los comportamientos más complejos que estos producen, para el caso del proyecto que aquí expongo, la fisiología es fundamental para entender como funciona un sistema biológico de interacción con el medio. Sobre todo la parte que se ocupa de interpretar el entorno.

Se podría decir que la fisiología estudia los seres vivos como si de sistemas físicos se tratara. Lo que la hace optima para la forma de pensar de un ingeniero de sistemas.

Dentro de la fisiología, hay categorías, como en casi todas las ciencias, para el problema que nos ocupa nos centraremos en la fisiología animal. Ya que los ejemplos conocidos de conductas ecolocalizadoras, se encuentran entre los animales, citaré por ejemplo a los murciélagos (chiropteras), ballenas y familiares (cetáceos), y algunas aves.

En cuanto al los documentos citados en este apartado, voy a destacar 2 de ellos, que por su importancia en este proyecto, son interesantes.

From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats	01/08/03
---	----------

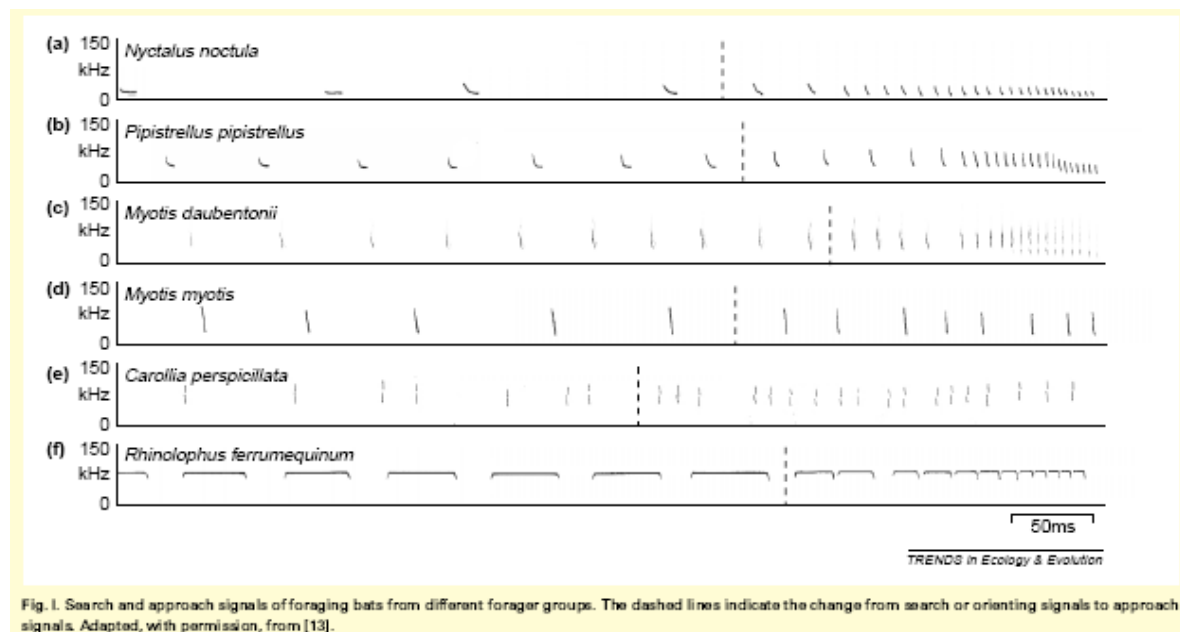
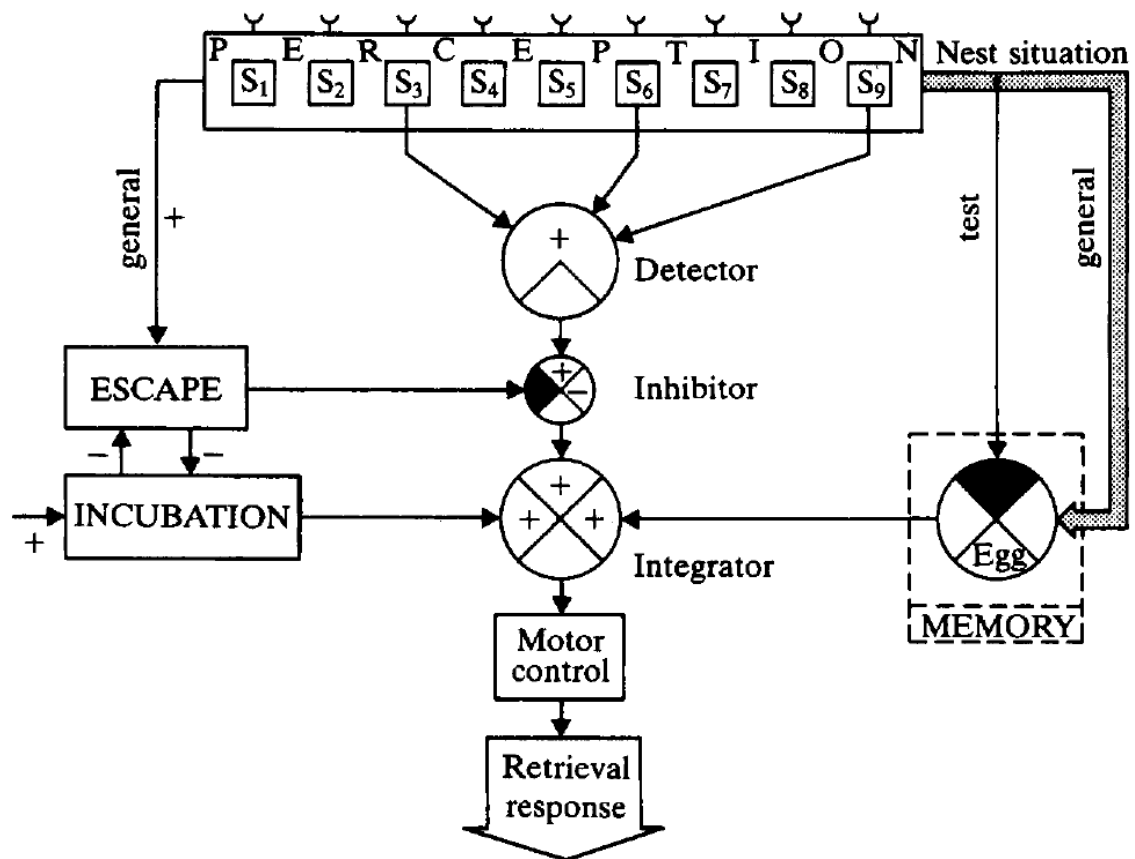


Figura 11

En esta publicación científica habla de un concepto interesante para el proyecto, ya que habla de que las señales de ecolocalización no son características de una especie en concreto, si no que diferentes especies



convergen al mismo tipo de señales en función de su habitat, dieta y forma de conseguir su alimento.  
Este concepto es clave desde mi punto de vista para conseguir un sistema de ecolocalización eficiente.

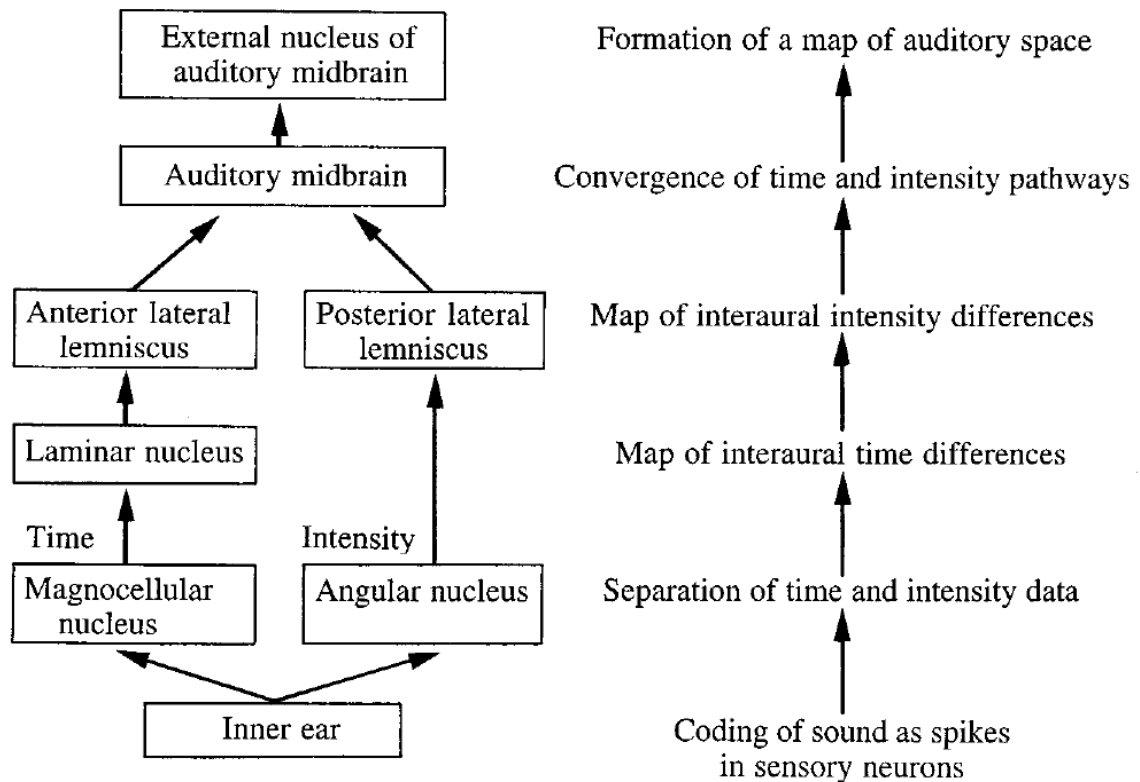


*Figure 1.3* Releasing mechanism for egg retrieval in the herring gull: a flow diagram based on experiments with egg models. The boxes represent major systems or operations and the circles indicate sites where summation of inputs occurs. Visual perception (top) is represented as a series of selectors ( $S_1$  to  $S_9$ ) that respond to particular features of the stimulus. Some of these feed on to a specific detector for egg recognition, which in turn feeds on to the motor control for egg retrieval. This response is maintained during the period of incubation but may be overridden by other factors such as the need to escape (left) or the bird's memory based on experience with real eggs (right). (Redrawn after Baerends, 1985.)

Figura 12

En este libro se hace un simil entre el sistema nervioso y los sistemas de control. (teoria del control) permitiendo hacer un analisis de sistemas fisiológicos con la teoría del control de ingeniería.

Además habla de los mapas de sensado, funciones de neuronas que respondes solo a estímulos complicados, y estudia el sistema auditivo con su relación con la ecolocalización, las especializaciones del mismo para el cálculo de la distancia, posición de la fuente de sonido y el análisis del efecto doppler.



*Figure 6.6* A simplified flow diagram showing how the neuronal map of auditory space is synthesised in the brain of the barn owl. The boxes on the left represent successive regions of the brain, and the process that takes place in each region is shown on the right of the corresponding box. The arrows indicate the flow of information along pathways (left) and along the sequence of computational steps (right). Note the separation of the time and intensity pathways. (Modified after Konishi, 1992, 1993.)

Figura 13

En el gráfico anterior se muestra un modelo del sistema neuronal de ecolocalización de los búhos (los búhos usan un sistema de sonar pasivo sin retro-alimentación), este es uno de los pocos modelos de funcionamiento interno que he podido encontrar.

### Referencias 2.3.2

Sensorimotor model of bat echolocation and prey capture.	03/06/94
Target flutter rate discrimination by bats using frequencymodulated sonar sounds: Behavior and signal processing models.	30/11/97
The sonar beam pattern of a flying bat as it tracks tethered insects.	30/12/99
Vocal control of acoustic information for sonar discriminations by the echolocating bat, <i>Eptesicus fuscus</i> .	22/04/99
From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats	01/08/03
The absence of spatial echo suppression in the echolocating bats <i>Megaderma lyra</i> and <i>Phyllostomus discolor</i>	09/11/05
Neurophysiological study on sensorimotor control mechanism in superior colliculus of echolocating bat.	24/12/06
Libros	
Neurobiología (Editorial Labor)	01/01/85
Fundamentos de Fisiología Animal (Ed. LIMUSA)	01/01/89
Fisiología Animal (Ed. Akal)	01/01/92
Nerve cells and animal behaviour ( Cambridge University Press. )	01/01/99
The Biomedical Engineering Handbook, 2Nd Ed Crc Press	01/01/00
La Gran Enciclopedia de los Mamiferos (Ed. LIBSA)	01/01/06
Webs	
Catalogue of Life <a href="http://www.catalogueoflife.org">http://www.catalogueoflife.org</a>	
Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology <a href="http://www.springerlink.com/content/100424/">http://www.springerlink.com/content/100424/</a>	
Ecos en la oscuridad <a href="http://www.cienciahoy.org.ar/lnentero/hoy77/ecos.htm">http://www.cienciahoy.org.ar/lnentero/hoy77/ecos.htm</a>	
Portal da ONG Ação Ambiental Morcego Livre <a href="http://www.morcegolivre.hpg.ig.com.br/morcegos1.html">http://www.morcegolivre.hpg.ig.com.br/morcegos1.html</a>	
Bat Conservation International <a href="http://www.batcon.org/">http://www.batcon.org/</a>	

### -2.3.3.Física de ondas, Acústica, Psicoacústica, Electromagnetismo.

Dado que el problema a solucionar está relacionado con la ecolocación, es necesario estudiar ciertos conceptos básicos de física:

**Física de ondas**, Breve introducción:

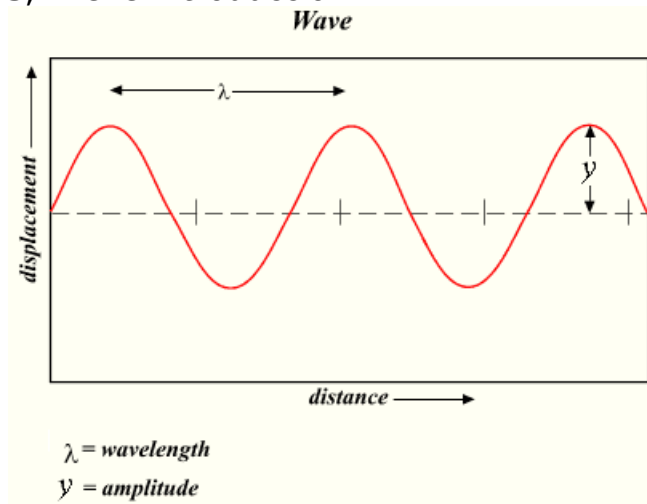


Figura 14

La ecolocación, no es un hecho solo en la acústica (ondas de presión) , se puede extender a todo tipo de ondas, como las ondas electromagnéticas, ondas de densidad.

Por ello es necesario, extraer la información común a todas ellas, que se describe en la física de ondas, en la cual hay unos fenómenos que se repiten en todo tipo de ondas, destacaré aquí alguno, que es de especial interés para el trabajo que aquí nos ocupa:

-Efecto Doppler: Efecto por el cual una onda cambia de frecuencia debido a la diferencia de velocidad y posición entre el observador y la fuente.

Además las ondas se pueden describir matemáticamente de forma común, hablamos de:

- Armónico sinusoidal: Unidad básica que compone una onda, matemáticamente hablando. (considerando la transformada de Fourier)
- Amplitud: representa el valor de la magnitud física.
- Longitud de onda: Representa la distancia en el espacio, entre dos puntos iguales de la misma onda
- Periodo: Tiempo que tarda una onda en repetirse en el tiempo.
- Frecuencia angular: Es la inversa del periodo matemáticamente hablando, pero para frecuencias angulares (ondas sinusoidales)
- Velocidad: Velocidad con la que se desplaza una onda.

## Acústica, breve descripción:

La acústica, hablando en términos físicos, es la rama de la física que se encarga de estudiar en concreto las ondas que se propagan de forma mecánica a través de un medio. Por lo tanto si no hay medio no hay propagación.

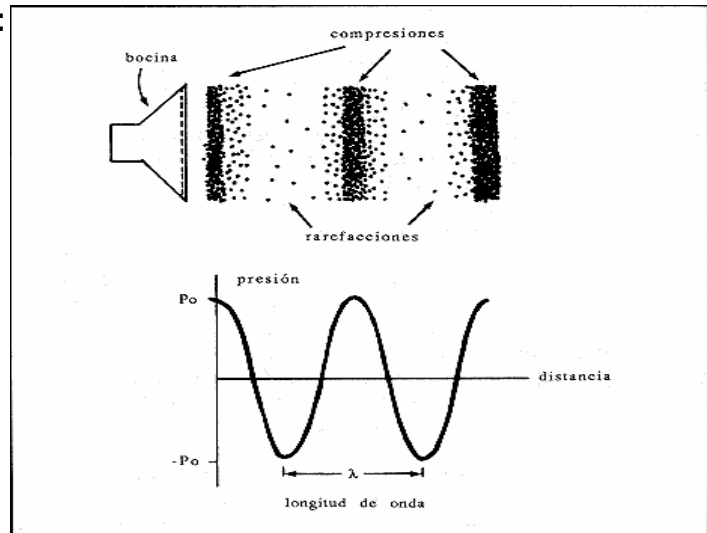


Figura 15

Esta parte de la física tiene un especial interés en este proyecto por el hecho de que el sistema biológico que queremos emular, utiliza una transmisión aérea, ya que el aire es el fluido por el que todos los seres humanos estamos envueltos en nuestra vida cotidiana, y es el único medio en el que un invidente puede realizar tareas de ecolocación, de forma natural. (sin ayuda de ningún otro sistema tecnológico)

Fluido	Coefficiente Atenuación
Helium	52.5
Hydrogen	16.9
Nitrogen	133.0
Oxygen	165.0
Air	137.0
carbon dioxide	140.0
water, at 0 °C (32 °F)	0,57
water, at 20 °C (68 °F)	0,25
water, at 80 °C (176 °F)	0,08
mercury, at 25 °C (77 °F)	0,06
methyl alcohol, at 30 °C (86 °F)	0,3

Coefficientes de atenuación para diferentes fluidos.

Tabla V

## Psicoacústica, Breve introducción:

Es una parte de la acústica, (definida en este caso como la transmisión y recepción del sonido) que estudia la percepción psicológica de los

sonidos por parte de los seres vivos, especialmente por parte de los humanos, que es donde se puede estudiar con mayor precisión. En el caso de muchos seres vivos se ignora completamente como perciben el sonido, ya que pueden realizar tareas que son desconocidas para los humanos, pero hay estudios recientes que muestran que la percepción del sonido se puede educar, y que por ello las normas establecidas en psicoacústica son altamente variables dependiendo de que sujeto se trate, ya que por ejemplo los invidentes tienen la capacidad de percibir el sonido de forma especial, y los neurólogos han descrito actividad en el área visual del cortex cerebral en sujetos invidentes, lo que indica que procesan y perciben el sonido de forma diferente.

De todos modos aquí describiré algunos ejemplos de fenómenos descritos en psicoacústica tales como el efecto haas, la percepción binaural (de importancia crítica en la ecolocación) o el enmascaramiento de sonidos.

Como comentario, se puede añadir que la psicoacústica se usa en la compresión de audio.

#### Percepción Binaural:

Es el tipo de escucha que permite la ecolocación, y la determinación de la procedencia de un sonido, es crítico para cualquier fenómeno de posicionamiento en el espacio de una fuente de sonido. Básicamente consiste en que la información que llega a cada uno de los oídos es ligeramente diferente en función de su procedencia, el cerebro es capaz de interpretar estas diferencias de fase, intensidad, etc. para determinar la procedencia de un sonido.

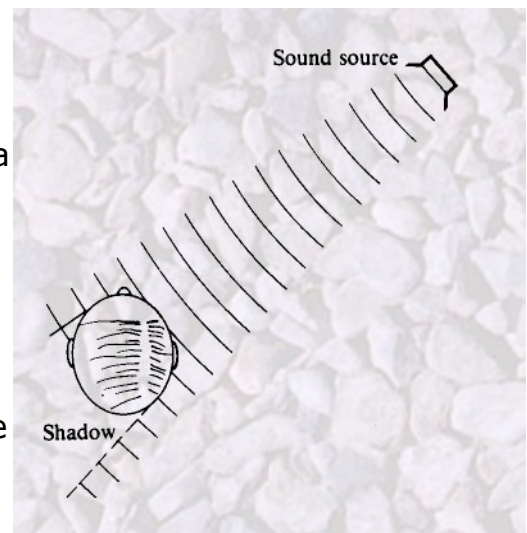


Figura 16

#### Efecto Haas:

Fenómeno por el cual los sonidos que llegan al cerebro en intervalos menores de 50ms se perciben como una reverberación o eco único, no pudiendo discriminar la procedencia del sonido en este caso.

A continuación la definición en la enciclopedia wikipedia por si es más clara:

El efecto Haas describe cómo, a nivel de percepción si varios sonidos independientes llegan a nuestro cerebro en una intervalo inferior a 50 ms (milisegundos), éste los fusiona y los interpreta como uno sólo. Esto se debe a que el cerebro deja de percibir la dirección y entiende los sonidos posteriores como un eco o reverberación del primero.

Esta interpretación el cerebro la hace de dos modos distintos:

1. Si el retardo llega en un intervalo inferior a 5 ms, el cerebro localiza el sonido en función de la dirección que tuviera el primer estímulo, aunque los otros provengan de direcciones diametralmente opuestas.
2. Si el retardo está entre los 5 y los 50 ms, el oyente escucha un único sonido, pero de intensidad doble y localiza a la fuente a medio camino entre todas.

Para que el retardo (efecto Haas) no determine en nuestro cerebro la dirección del sonido (es decir, para se perciba el sonido como proveniente de un punto central), la señal retrasada debe tener más nivel que la primera.

#### Enmascaramiento sonoro:

Se trata del fenómeno psicológico por el cual. Los sonidos de intensidad menor no son percibidos si tienen una frecuencia similar al sonido de mayor intensidad, y están relativamente cerca en la dimensión temporal.

## Estudio comparativo entre la acústica y el electromagnetismo

Dada la especialidad a la que se dirige este documento (telecomunicación) es especialmente interesante realizar un estudio comparativo entre la acústica y el electromagnetismo, y el tratamiento tecnológico que tienen en la actualidad.

**Acústica** (ver definición en apartados anteriores)

### Electromagnetismo

Tratamiento de los campos eléctricos y magnéticos como una unidad, basándose en las ecuaciones vectoriales de Maxwell.

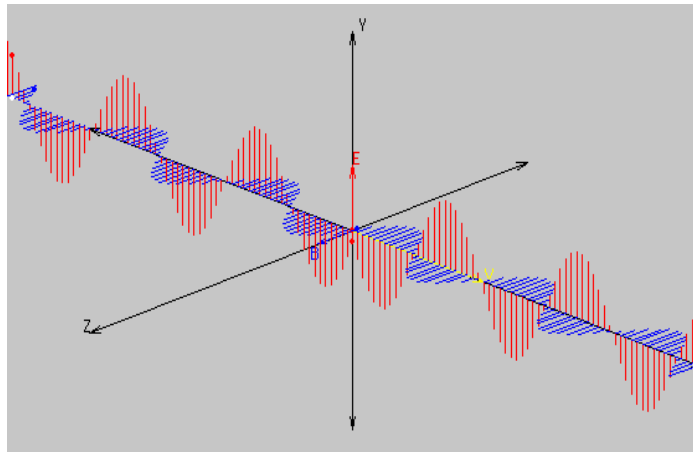


Figura 17

### Similitudes

- Se pueden describir matemáticamente como ondas, lo que implica un tratamiento matemático similar (Decibelio, espectro, Fourier, Doppler, Frecuencia, etc...)
- A las frecuencias electromagnéticas correspondientes a la banda de microondas las longitudes de onda son comparables a las de los sonidos y Ultrasonidos, lo que implica un tratamiento tecnológico similar
- Longitud de onda es comparable en determinadas bandas. Lo que influye en la forma de los emisores (Bocinas y antenas de Bocinas)

Onda electromagnética en el vacío (10Ghz)

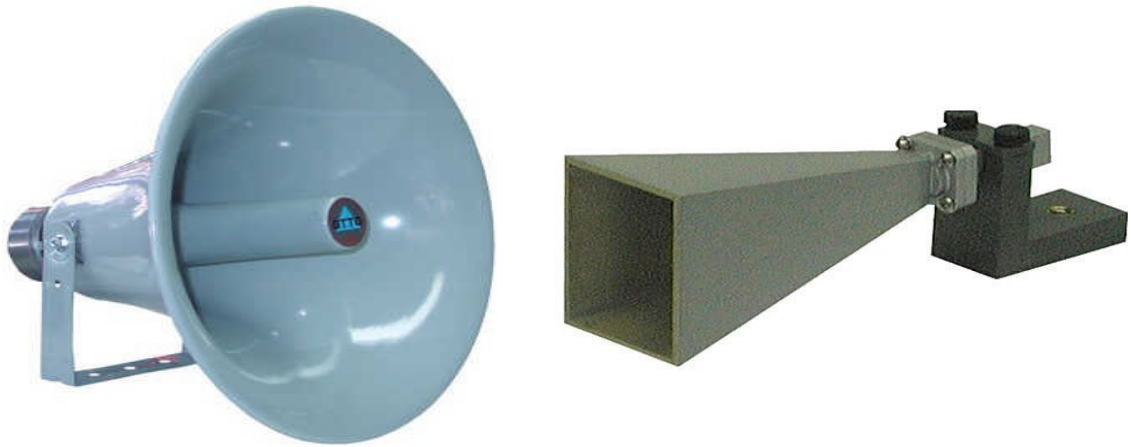
$$\lambda = c/f \approx (300 \cdot 10^6 \text{ m/s}) / 10 \cdot 10^9 \text{ Hz} = 0,03\text{m}$$

Onda sonora en el aire (10Khz)

$$\lambda = v/f \approx (300 \text{ m/s}) / 10000 \text{ Hz} = 0,03\text{m}$$



## Similitudes



Bocina y antena de bocina  
Figura 18

## Más Similitudes, Diagramas de Radiación

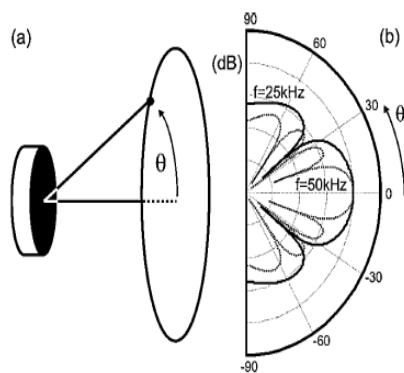


Fig. 4. (a) Radially symmetric piston transducer ( $\phi = 3$  cm) and (b) its radiation pattern  $|H_p(f; \theta)|$  for  $f = 25$  kHz (solid curve) and  $f = 50$  kHz (dotted curve). Notice the notches, which appear at different angles for different frequencies.

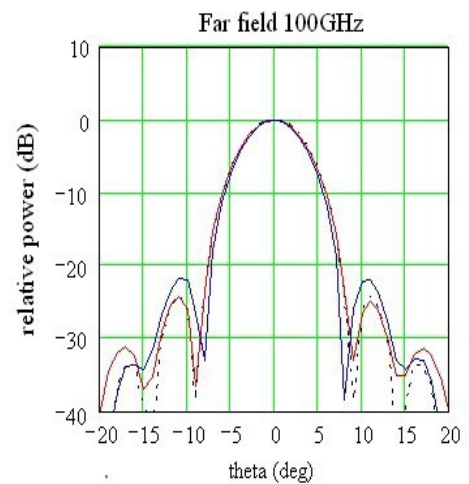


Figura 19

## **Diferencias**

- Ondas de presión tienen una alta dependencia del medio en el que se propagan.
- Las ondas electromagnéticas dependen de dos magnitudes físicas vectoriales (campo eléctrico y campo magnético, mientras que las mecánicas solo dependen de una (presión)
- Hay "vacíos" descriptivos en el electromagnetismo que no existen en el tratamiento tecnológico de las ondas acústicas.

### Referencias 2.3.3

Webs	
Onda (física) <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Onda_(física)">http://es.wikipedia.org/wiki/Onda_(física)</a>	
Acoustics and sounds, speech general overview <a href="http://www.educypedia.be/electronics/acoustics.htm">http://www.educypedia.be/electronics/acoustics.htm</a> (mirar "related subjects" en el link)	
Propagación de ondas <a href="http://mit.ocw.universia.net/1.138J/OcwWeb/Civil-and-Environmental-Engineering/1-138JWave-PropagationFall2000/CourseHome/index.htm">http://mit.ocw.universia.net/1.138J/OcwWeb/Civil-and-Environmental-Engineering/1-138JWave-PropagationFall2000/CourseHome/index.htm</a>	
Sound physics <a href="http://www.britannica.com/EBchecked/topic/555255/sound/63976/Attenuation">http://www.britannica.com/EBchecked/topic/555255/sound/63976/Attenuation</a>	
Apuntes de Pak <a href="http://users.alliedmods.net/~faluco/apuntespak/">http://users.alliedmods.net/~faluco/apuntespak/</a>	
Ondas, acústica, electricidad, magnetismo de Falstad <a href="http://fisica-quimica.blogspot.com/2009/07/ondas-acustica-electricidad-magnetismo.html">http://fisica-quimica.blogspot.com/2009/07/ondas-acustica-electricidad-magnetismo.html</a>	
Psicoacústica <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Psychoacoustics">http://en.wikipedia.org/wiki/Psychoacoustics</a>	
libros	
Bioacústica recreativa (Ed. MIR Moscú)	1983
Ondas en nuestro alrededor (Ed. MIR Moscú)	1981
ACOUSTICS, (Acoustical Society of America) 1993	
FUNDAMENTALS OF ACOUSTICS, Fourth Edition, Ed. John Wiley & Sons 2000	
FUNDAMENTALS OF ACOUSTICS AND NOISE CONTROL, Technical University of Denmark 2007	
Fundamentals of Acoustics, Ed. ISTE 2006	
Ingeniería Acústica	
Vibraciones y ondas	
Alta Fidelidad (Ed. ceac)	1991
Manual de Transductores (Ed. ceac)	1991
Handbook for sound engineers (Focal Press)	2002

#### -2.3.4.Tecnología de ultrasonidos, SONAR, transducción, contramedidas.

Tecnología para la aplicación de los ultrasonidos:

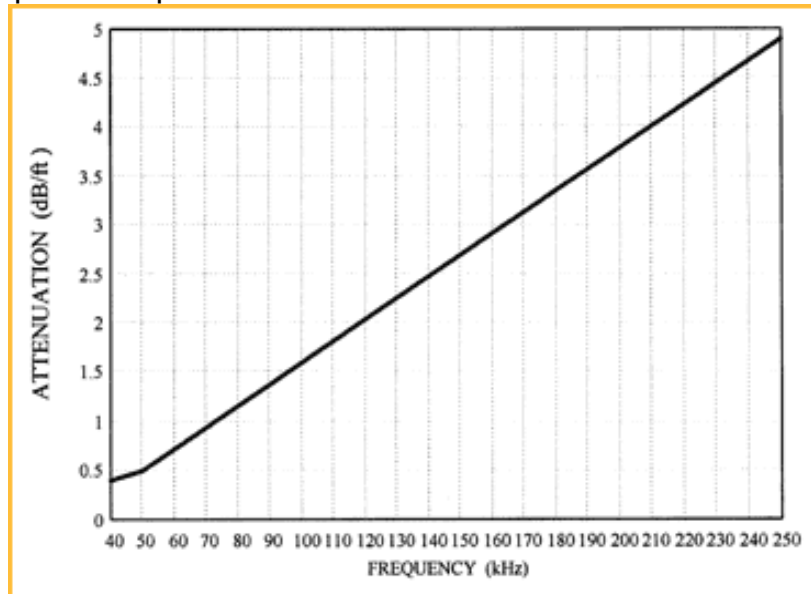


Figura 20

Si bien es cierto que hay animales que usan la ecolocación aérea a frecuencias audibles (pájaros) en el caso de nuestro problema (dispositivo para ciegos) es bastante importante que el sistema a construir no ocupe los recursos auditivos del invidente, ya que este tipo de personas usan de forma extraordinaria el sonido en su vida cotidiana, por lo que ocuparle el canal auditivo para tareas de orientación, podría impedirles utilizar el sistema propuesto en todos los escenarios de su vida cotidiana.

Por ello es necesario introducir el tratamiento específico que los ultrasonidos tienen en las ciencias físicas.

Muy interesantes y muy clarificadores los siguientes artículos:

**[Part 1: Acoustic Considerations](#)**

**[Part 2: Optimizing Sensor Selection](#)**

encontrados en la referencia:

<a href="#">AIR / ULTRASONIC ARTICLES</a> <a href="http://www.massa.com/air_articles.htm">http://www.massa.com/air_articles.htm</a>	
--	--

También es interesante de leer el siguiente link:

**[Overview for Applying Ultrasonic Technology](#)**

encontrado en la referencia:

Technical Information for the design and operation of Airmar's ultrasonic transducers and T1 Development Board. <a href="http://airmartechnology.com/airmar2005/ex20/UAProducts/UAMain.asp?LinkID=4&amp;NewID=">http://airmartechnology.com/airmar2005/ex20/UAProducts/UAMain.asp?LinkID=4&amp;NewID=</a>	
--	--

## **RADAR y SONAR**, Breve introducción:

RADAR: Radio Detection And Ranging, "detección y medición de distancias por radio"

SONAR: SOund NAvigation And Ranging, 'navegación y medición de distancias por sonido'

El RADAR (Activo) (que usa una emisión de ondas electromagnéticas propia, para la detección) las Frecuencias de uso depende de la aplicación. La interacción de las Ondas Electromagnéticas con la materia depende de la frecuencia de las mismas.

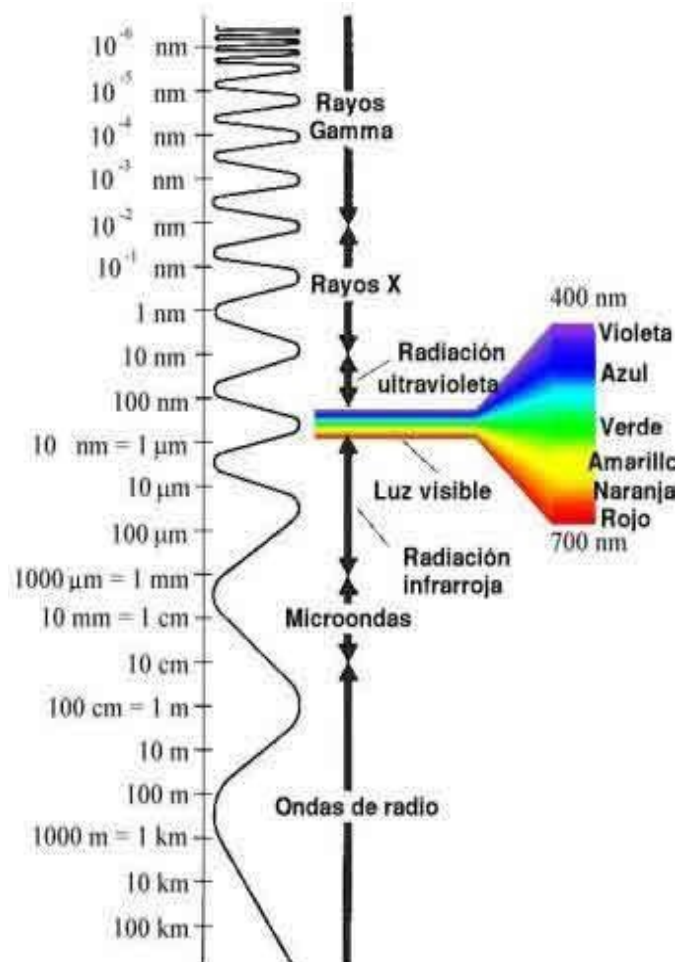
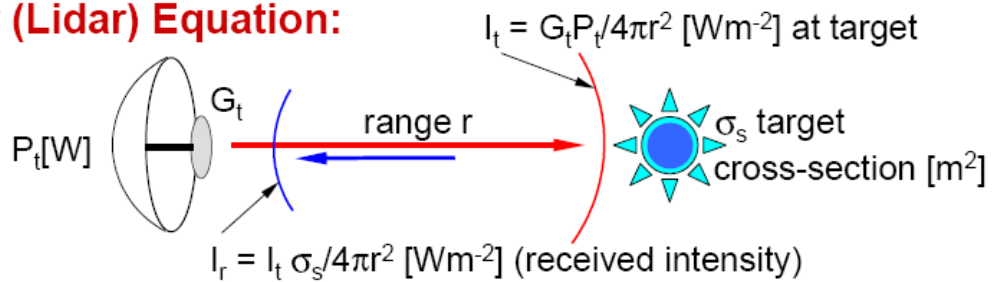


Figura 21

## Radar (Lidar) Equation:



$$P_r = A_r I_r = A_r I_t \sigma_s / 4\pi r^2 = A_r G_t P_t \sigma_s / (4\pi r^2)^2 \text{ where } A_r = G_r \lambda^2 / 4\pi$$

Therefore:

$$P_r = P_t \sigma_s (G_t \lambda / 4\pi r^2)^2 / 4\pi [W]$$

“Radar Equation”

Ecuación 1

El SONAR (activo)

Es un acrónimo del inglés que significa Sound Navigation And Ranging, que traducido sería algo así como “navegación y medición de distancia por sonido”

Se trata de un proceso tecnológico conocido por el cual se realizan de forma automática procesos de detección y navegación, usando las ondas acústicas (mecánicas o de presión). Es utilizado en navegación marítima principalmente, ya que en el medio acuático, la transmisión y recepción del sonido es mucho más eficiente que en un medio aéreo, por el alcance de las señales, así como la velocidad de propagación que es mucho más alta que en el aire, como también es mucho menor la atenuación, haciendo la potencia de emisión menos crítica.

La velocidad de propagación tiene una alta dependencia del Medio en el que se transmite, así como la temperatura de este. Las frecuencias de uso dependen de la aplicación y la atenuación es función de la frecuencia no solo del medio.

Usos:

Navegación, Industria, Medicina, (ecografía, etc.. )

Para este proyecto es importante considerar los trabajos hechos hasta la fecha sobre dispositivos de sonar, ya que, hay partes del mismo que se pueden aprovechar para el sistema que nos ocupa. Esto último se puede decir también para el RADAR (Radio Detection And Ranging)

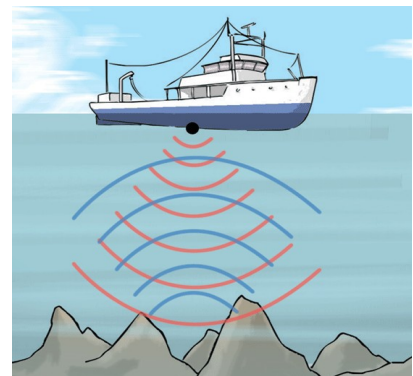
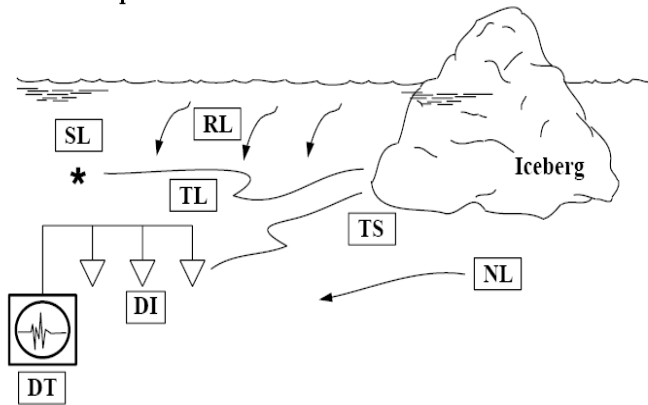


Figura 22

## Active Sonar Equation



$$SL - 2TL + TS - \left( \frac{NL - DI}{RL} \right) = DT$$

## Parameter definitions:

- SL = Source Level
- TL = Transmission Loss
- NL = Noise Level
- DI = Directivity Index
- RL = Reverberation Level
- TS = Target Strength
- DT = Detection Threshold

Ecuación 2

Hay que dedicar un párrafo a la **atenuación** de los ultrasonidos, ya que en comparación con frecuencias de sonido menores, estos, tienen una alta atenuación, en el aire, haciendo la potencia de emisión crítica para determinar un alcance mínimo.

También es interesante nombrar que a frecuencias ultrasónicas la potencia de la señal es mayor, ya que está obligando a las moléculas de aire a moverse más veces por segundo, lo que implica una mayor energía. Que una onda de menor frecuencia pero de la misma amplitud.

Acerca de la **transducción** hay que comentar que dado que lo que al final se pretende es hacer un dispositivo electrónico, y la intención es utilizar los ultrasonidos, es necesario conocer de las técnicas actuales que existen para la transducción electro-acústica y viceversa.

Nombro brevemente, las que conozco: Electrodinámica, Electrostática, Electromagnéticos, Piezoeléctrico y plasma.

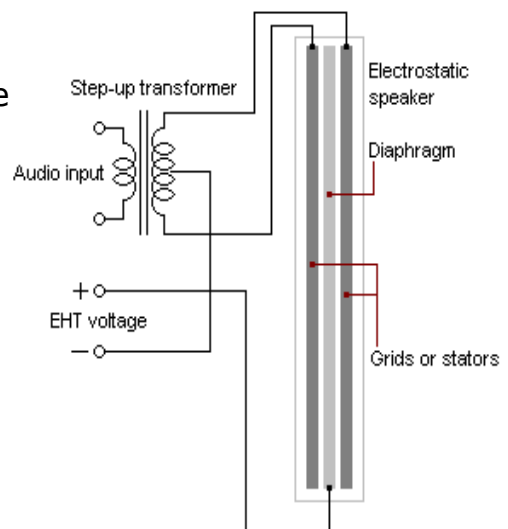


Figura 23

La información está extraída del link:

Transducción  
<http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/transductor.htm>

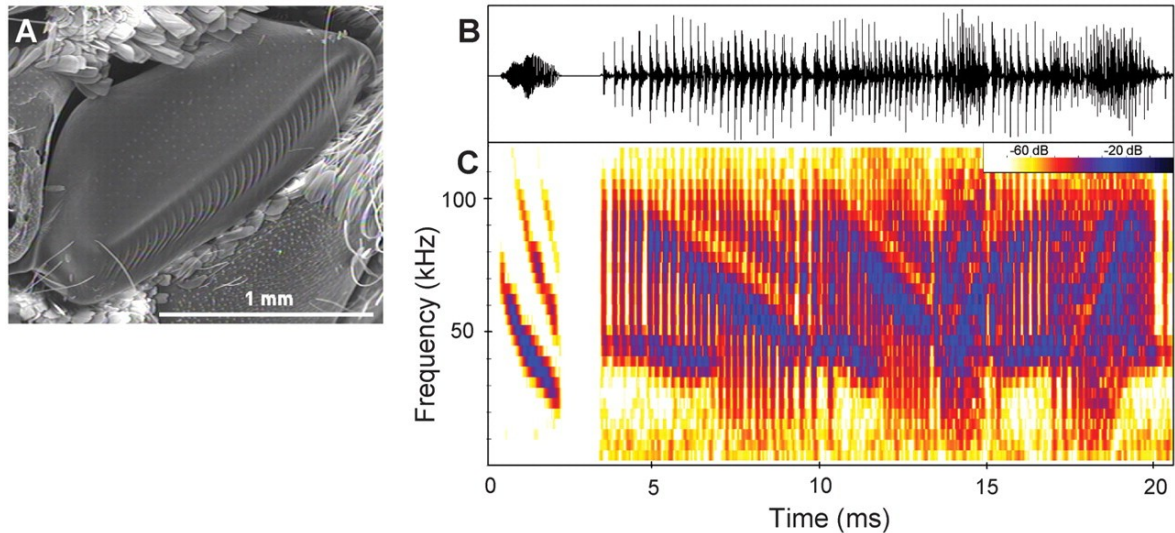
En cuanto al tipo de variables a considerar, depende de como enfoquemos el problema, por ejemplo, en cuanto a que sistema de coordenadas utilicemos por ejemplo para las simulaciones, o si son coordenadas cartesianas o esféricas. Por lo demás las variables serán las típicas del calculo diferencial, y de la acústica, igualmente que para la notación ha de usarse la típica de la acústica.

El estudio matemático que se hará tiene relación con los diferentes métodos que existen para el estudio computacional de la propagación de ondas, pero destacaremos por recomendación del director del proyecto el método de las diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD).

Destacar que la información con la que me he documentado, indica que los sistemas biológicos ecolocalizadores que existen en la naturaleza, trabajan rozando las limitaciones físicas existentes en la actualidad, por lo que según esta documentación sería complicado optimizar los métodos empleados por los sistemas biológicos actuales.



También he encontrado alguna información de sistemas de **contramedidas** en la naturaleza, en el contexto de la ecolocación, lo que indica que el diseño en si, no es perfecto para la tarea de navegar en todos los contextos, ya que podrían existir interferencias en algunos entornos muy concretos, que limitarían la capacidad de un hipotético sistema de percepción del entorno.



En el gráfico, (A) el órgano productor de sonido de las polillas para las contramedidas de los quirópteros, (B) (C) una secuencia de audio, grabada cuando se producían las contramedidas entre el quiróptero y la polilla.

Figura 24

Destacar que a altas frecuencias los ultrasonidos tienen una gran atenuación (comparado con las frecuencias audibles) lo que significa que las interferencias que se producen en la banda de los ultrasonidos, son menores que en cualquier otro sistema de menor frecuencia.

### Referencias **2.3.4**

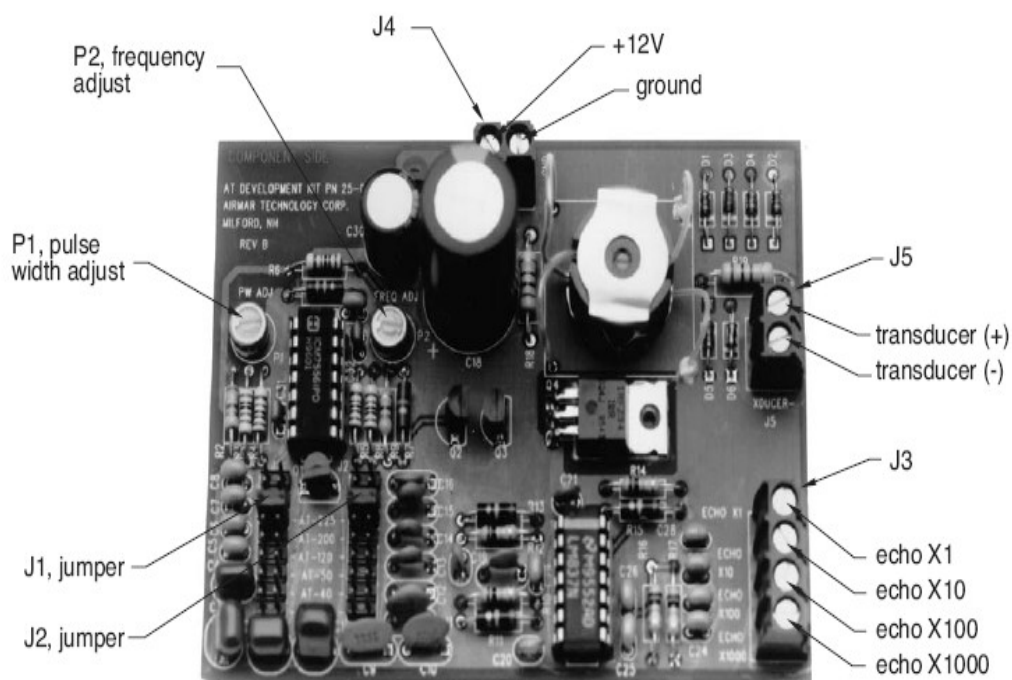
Radar/Sonar Acceleration Estimation With Linear-Period Modulated Waveforms	14/01/90
Human uses of ultrasound: ancient and modern	2000
<a href="http://www.massa.com/air_articles.htm">AIR / ULTRASONIC ARTICLES http://www.massa.com/air_articles.htm</a>	
Technical Information for the design and operation of Airmar's ultrasonic transducers and T1 Development Board. <a href="http://airmartechonology.com/airmar2005/ex20/UAProducts/UAMain.asp?LinkID=4&amp;NewID=">http://airmartechonology.com/airmar2005/ex20/UAProducts/UAMain.asp?LinkID=4&amp;NewID=</a>	
Transducción <a href="http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/transductor.htm">http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/transductor.htm</a>	
<a href="http://neofronteras.com/?p=2791">Cómo desviar las ondas sísmicas http://neofronteras.com/?p=2791</a>	
<a href="http://neofronteras.com/?p=2790">Polillas que interfieren la ecolocación http://neofronteras.com/?p=2790</a>	

### -2.3.5. Proyectos hechos, "starter kits".

Hay que comentar que como hemos visto en el capítulo de antecedentes y estado del arte, han habido muchas iniciativas similares a lo largo de la historia. Por lo que no es de extrañar que existan empresas que se dediquen a comercializar los llamados "starter kits" que equivale a decir, mini proyectos de iniciación, para diferentes aplicaciones, por ejemplo en el caso de los ultrasonidos existen circuitos diseñados para la tarea del desarrollo de aplicaciones con ultrasonidos, ya sean industriales o de cualquier otro tipo.

Destacar que existen "starter kits" tanto como para aplicaciones de ultrasonidos industriales, como para aplicaciones de bioacústica. Para estimular y grabar animales que utilizan una gama de frecuencias diferente a la de los humanos.

No he encontrado ningún "starter kit" específico para la aplicación que nos ocupa, pero destaco que los anteriormente descritos podrían adaptarse para los propósitos del proyecto.



Ejemplo de "starter kit"  
Figura 25

Esquema del "starter kit" del ejemplo (documentos originales en CD/DVD del proyecto)

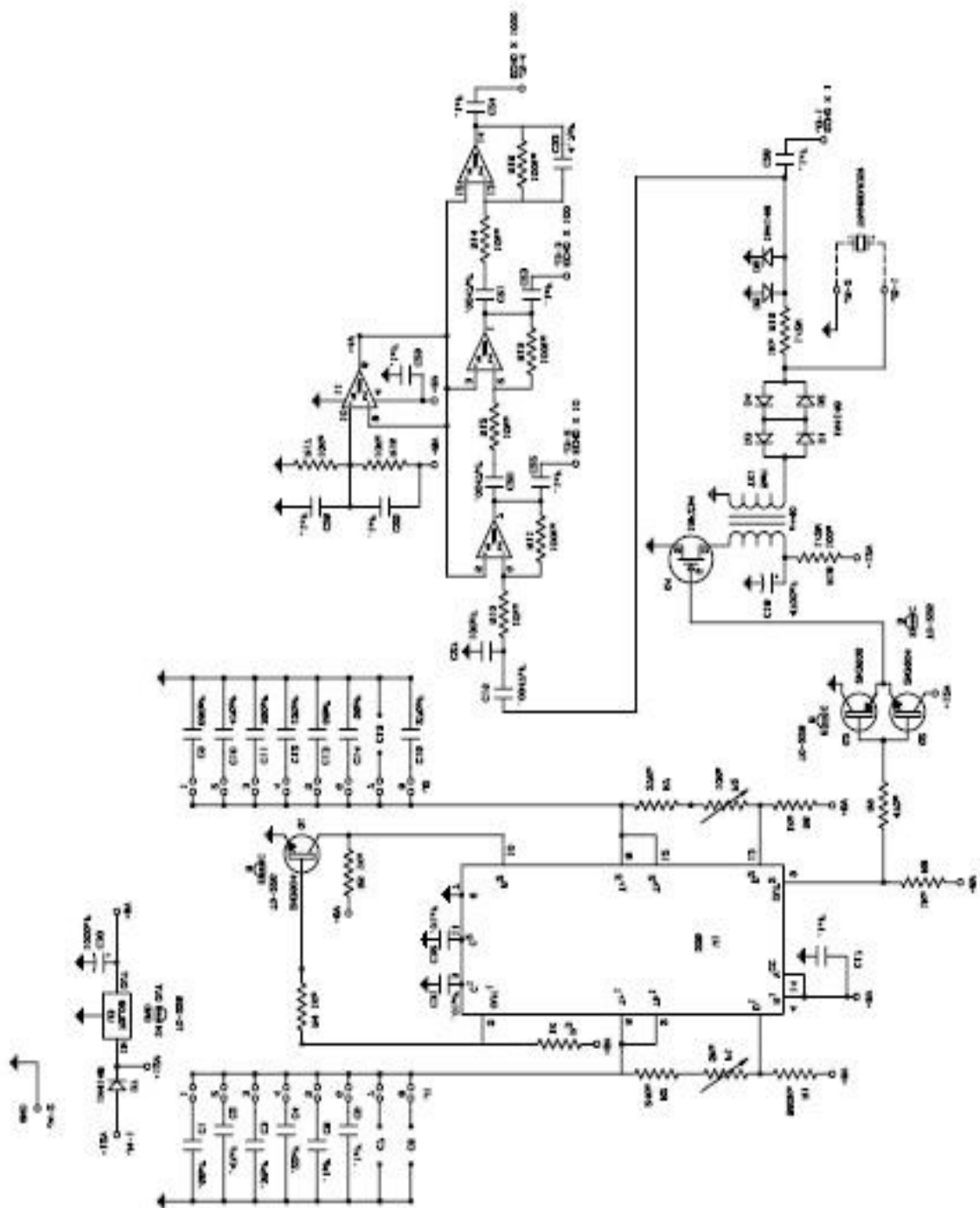


Figura 26

### Referencias **2.3.5**

<a href="http://www.massa.com/air_articles.htm">AIR / ULTRASONIC ARTICLES</a> <a href="http://www.massa.com/air_articles.htm">http://www.massa.com/air_articles.htm</a>	
Technical Information for the design and operation of Airmar's ultrasonic transducers and T1 Development Board. <a href="http://airmartechonology.com/airmar2005/ex20/UAProducts/UAMain.asp?LinkID=4&amp;NewID=">http://airmartechonology.com/airmar2005/ex20/UAProducts/UAMain.asp?LinkID=4&amp;NewID=</a>	
Empresa de tecnología acústica <a href="http://www.tdt.com/">http://www.tdt.com/</a>	
Empresa distribuidora de tecnologia de ultrasonidos de la empresa Senscomp <a href="http://www.senscomp.com/specsheets.htm">http://www.senscomp.com/specsheets.htm</a> <a href="http://www.neotronic.com">www.neotronic.com</a>	



### **-3. Metodología, Desarrollo técnico o Proceso técnico.**

Definición de un proceso con el cual llegar a una solución conceptual viable teóricamente.

- 3.1. Análisis teórico y conclusiones.**
- 3.2. Análisis soluciones existentes y conclusiones.**
- 3.3. Análisis de soluciones posibles.**
  - 3.3.1. Enunciar Ocurrencias.**
  - 3.3.2. Definir criterios de selección.**
  - 3.3.3. Desconsiderar soluciones inviables.**
  - 3.3.4. Realizar selección.**
- 3.4. Expresar solución conceptual.**
- 3.5. Verificar viabilidad teórica de la solución conceptual.**
- 3.6. Discusión y Justificación.**
- 3.7. Referencias.**

### -3.1.Análisis teórico y conclusiones.

Voy a exponer mi pequeño análisis de la teoría anteriormente citada:

De la cibernética, he estudiado poco, pero comentaré que si se quisiera hacer un proyecto de biomedicina más complejo esta sería la ciencia a estudiar. También decir que existen varias publicaciones científicas que llevan el nombre de cibernética en su título.

De la biónica, decir que es relevante ya que es parte del título del proyecto, y lo que en ella se define es de interés para la ingeniería, se dice que la torre Eiffel de París se hizo inspirándose en la estructura osea de los animales, para conseguir que fuera "ligera" y resistente.



Figura 27

Esto indica la importancia que en ingeniería tiene.

Destacar que hay más palabras clave para buscar temas de biónica sobre todo en el idioma Inglés, tales como:

- Biomimetics
- Biologize
- Biomimicry
- Biognosis
- Bionical creativity engineering

De la fisiología, he de decir, que es la rama de la ciencia que me permitiría comprender como funciona el sistema nervioso de los quirópteros.

Hay muchos trabajos escritos e investigaciones, hasta la fecha, pero de igual modo que pasa con el estudio del cerebro humano, a fecha de hoy, y por lo que se dice en las publicaciones, se ignoran los "mecanismos" básicos que funcionan en los respectivos cerebros, (en cuanto a navegación compleja se refiere) haciendo pues, la tarea de hacerlos computables, complicada.

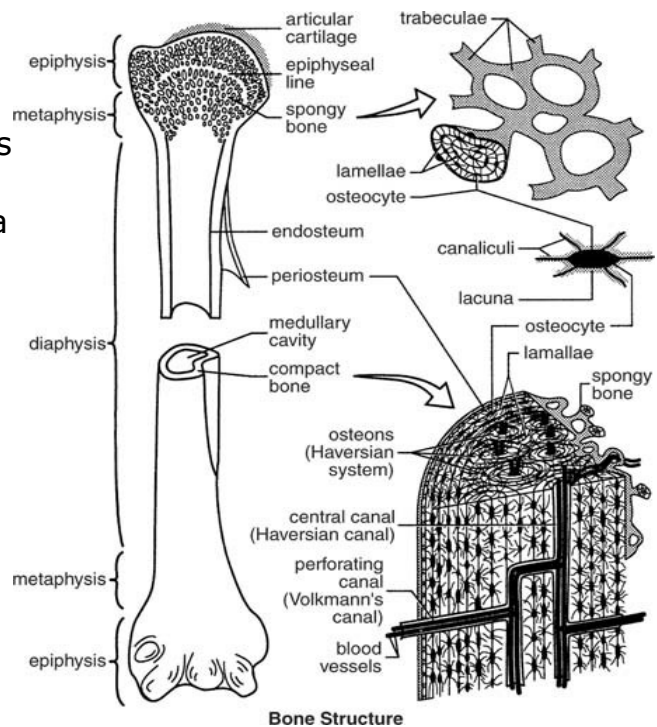


Figura 28



El estudio de la fisiología es interesante también para poder diseñar una interfaz hombre-máquina eficiente y adecuada.

Destacar que en una de las fuentes indicaba que la fisiología tomó “prestada” la teoría del control, para explicar muchos de los sistemas fisiológicos, lo que la hace especialmente interesante para la biomimética pues la “traducción” es casi inmediata a un sistema electrónico.

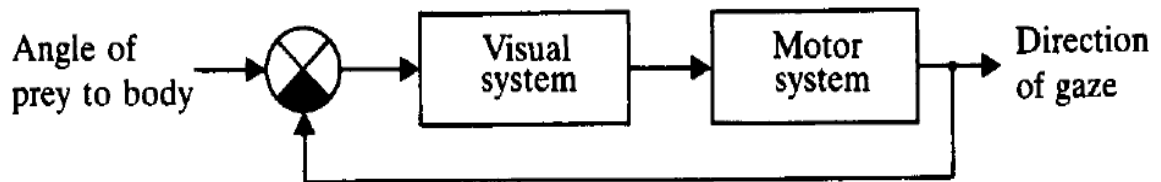


Figura 29

Nombraré que en los estudios fisiológicos a los que he podido tener acceso, se estudia por una parte, el funcionamiento básico de las estructuras básicas (nivel bioquímico) y su funcionalidad, y por otra parte, los comportamientos complejos de muchos seres vivos, como es el caso de la ecolocación, entrando casi en el terreno de la etología.

De forma que, se conocen los comportamientos complejos modelizados con la teoría del control, y por otra parte se

estudia la estructura básica con modelos funcionales diferentes, esto implica que no hay aun una conexión entre ambos tipos de estudios. Y en consecuencia no se conoce como funcionan los mecanismos complejos a nivel básico.

Pero esto cambiará, pues hay investigadores que intentan hacer precisamente la conexión anteriormente descrita.

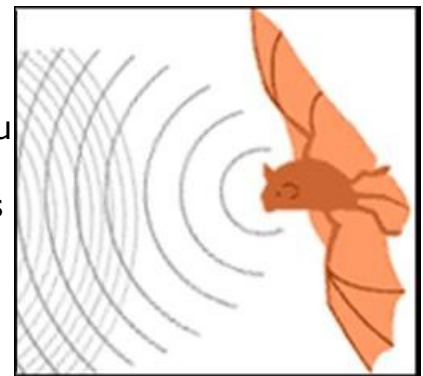


Figura 30

La psicoacústica, no se pude enmarcar dentro de la fisiología, ni tampoco dentro de la acústica, ya que esto es un estudio de psicología.

Una de las ideas que se me ha pasado por la cabeza al respecto, es la de que es muy probable que la psicoacústica humana difiera considerablemente de la de los animales que usan la ecolocación, pero por lo que dicen estudios relativamente recientes, se dice que como cualquier

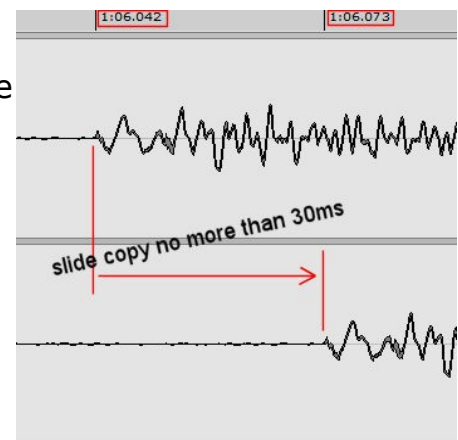


Figura 31

fenómeno de percepción, normalmente es una cuestión de educación, más que de limitación fisiológica. Haciendo pues factible la idea de que un humano con la capacidad fisiológica de los murciélagos, (por medios electrónicos) podría tener las mismas habilidades, si fuera entrenado adecuadamente.

De la física de ondas se puede decir que dado que el sonido se puede estudiar como una onda, utilizo algunas de las herramientas matemáticas descritas para tal fin.

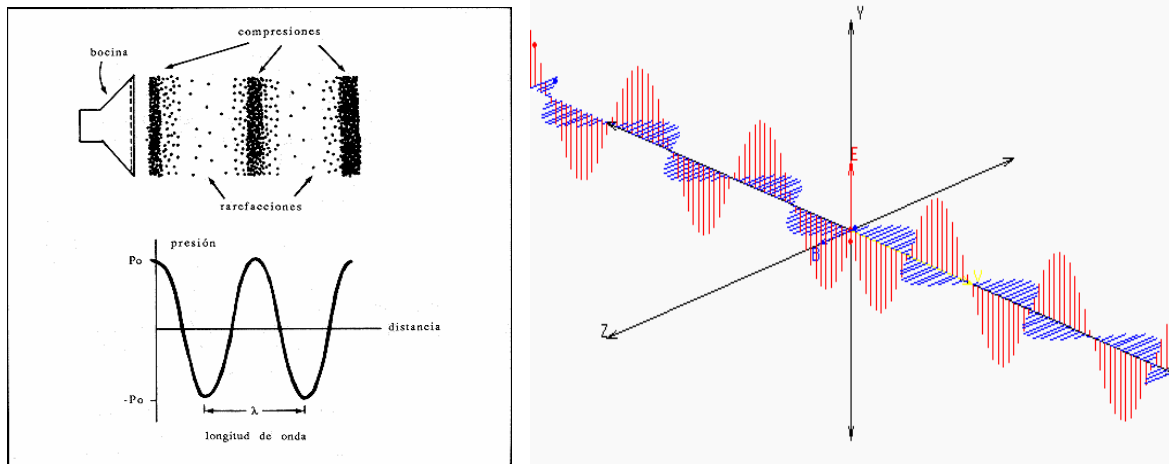


Figura 32

Una de las motivaciones para iniciar un proyecto de este tipo, fue precisamente el saber que muy diversos fenómenos de la naturaleza se pueden describir con un mismo conjunto de ecuaciones de la misma forma pero con diferentes variables. De forma que estudiando un problema de acústica, estoy aprendiendo, no solo acústica, si no que esto me sirve para resolver problemas análogos (electromagnetismo, fluidos, etc..)

Del estudio de la aplicación de los ultrasonidos, se pueden extraer conclusiones especialmente interesantes para el desarrollo de un sistema electrónico que emule al fisiológico, pues el tema del sensado por ultrasonidos no es nuevo, y en la industria esta muy estudiado.

Nombraré a continuación los hechos que a mi me han parecido más relevantes.

-La atenuación del sonido es función de la frecuencia y la humedad relativa.

-El ruido de fondo a altas frecuencias es menos relevante debido a su gran atenuación.

- La velocidad de propagación del sonido en el aire es función de la temperatura.
- La disminución en la intensidad de sonido (SPL Sound Pressure Level) depende de la distancia, debido a la dispersión del frente de ondas.
- La cantidad y la forma de la señal que es generada por un objeto al que le incide una onda de presión, depende de su geometría y consistencia.
- Para la medida de la distancia de un objeto, con ultrasonidos, hay que tener en consideración todos los elementos descritos anteriormente.

Hay que decir que un sistema fisiológico no puede ser copiado a la perfección con un sistema electrónico, ya que difieren en su constitución física, pero esto no significa que no pueda ser emulado. Las características siempre serán diferentes, pero los resultados pueden ser muy parecidos.

Las limitaciones físicas que imponen los ultrasonidos, son sobretodo en lo que respecta al alcance de detección, ya que al tener una gran atenuación, a altas frecuencias, es necesario emitir a potencias, en algunos casos inviables actualmente, para detectar objetos, a distancias mayores a 20 o 30 metros.

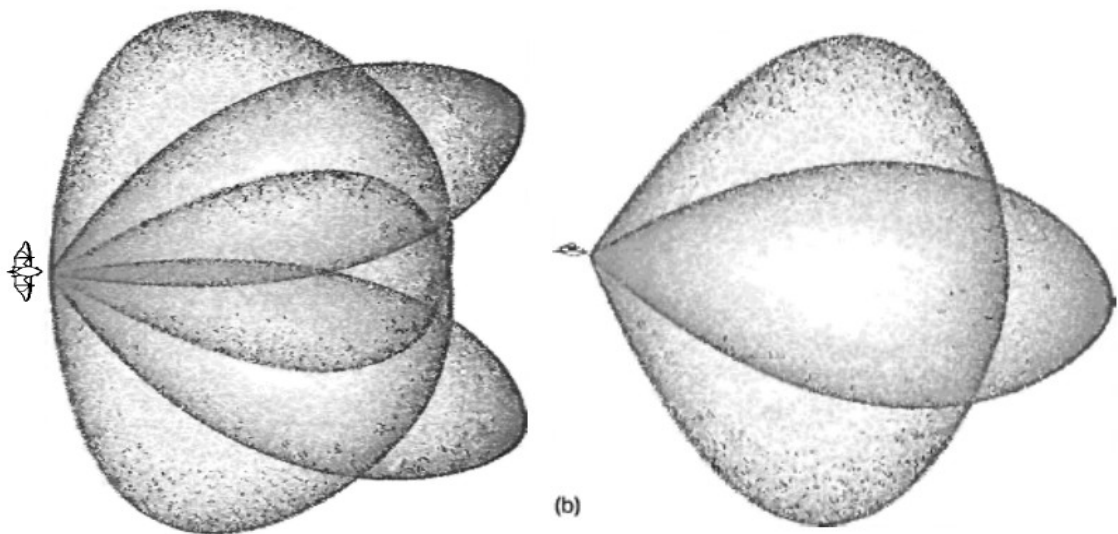


Figura 33

También se ha observado en la naturaleza sistemas de contramedidas contra de la ecolocación, por lo que es posible un sistema basado en ecolocación por ultrasonidos puede ser boicoteado, lo cual en principio no es un problema, ya que esto es un hecho en cualquier sistema realizable hoy en día.

En cuanto a la transducción, he de destacar que se trata de un proceso crítico en lo que a este proyecto se refiere, y de lo estudiado, se deduce que la técnica más deseable para la transducción es la electrostática, ya que la transmisión de sonido es la más homogénea en todo el espectro de frecuencias (altas) y es la tecnología que menos ruido introduce a la señal generada. Minimizando el problema de la ecualización. Como desventaja comentar que la tecnología requiere de tensiones relativamente elevadas para funcionar adecuadamente. Y esto no siempre es cómodo para un diseño electrónico.

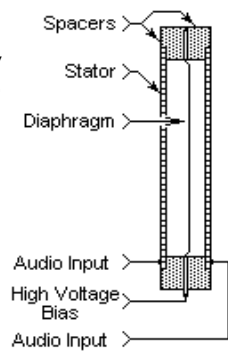


Figura 34

En cuanto a lo estudiado respecto a los dispositivos ya hechos (accesibles para la compra) que me permiten trabajar y experimentar con ultrasonidos, comentar que muchos de ellos están destinados para diseños industriales, quedando limitados para el proyecto que nos ocupa, en cuanto a los dispositivos disponibles para la bioacústica, alguno podría aprovecharse (personalizando el software), lo que pasa que al ser un diseño destinado a un mercado muy reducido, el precio es relativamente elevado, lo que implica una gran inversión.



Figura 35

### -3.2.Análisis soluciones existentes y conclusiones,

De un estudio de los artículos científicos, se puede decir que es donde he podido encontrar la información más relevante para el tema que me interesaba para la realización de este proyecto, ya que se describe con un poco más de detalle que en las otras fuentes (patentes y noticias), la técnica empleada, pero, pese a ser bastante completas, las publicaciones científicas, solo dan los datos necesarios, para que un experto en la materia pueda interpretarlos rápidamente, para un novato como yo, suelen ser complicados de entender, por falta de base conceptual, esto no significa que no pueda captar la idea general, y aprovechar parte de lo que en el documento se expone.



ELSEVIER

The Journal of

**Experimental  
Biology**

Iconos 1

En cuanto a las webs, como la información no sigue un estándar de estilo, lo que se puede encontrar en ellas es altamente variable, pudiendo encontrar trabajos con todo tipo de detalles, o trabajos que no han sido "avalados" por nadie, lo que significa que lo encontrado en la web depende de del autor.

Tal y como he dicho antes mi estudio se ha centrado en los artículos científicos, lo que significa que mi análisis se centra en dicha información, esto no significa que las otras soluciones no sean dignas de estudiar, solo estoy indicando cuales han sido mis fuentes, para realizar el presente estudio.

De lo estudiado puedo indicar lo siguiente:  
la mayoría de los estudios similares a este proyecto, se han realizado para la automatización de la ecolocación, lo que significa que se han realizado para aplicarlo a un robot, esto significa que de estos estudios, solo aprovecho, lo que tiene relación con generación y captura de señales, pero no lo que tiene relación con la toma de decisiones.



Iconos 2

Se podría pensar que esto significa que tampoco considero el procesamiento de la señal, pero esto no es cierto, ya que un sistema para guiar a los ciegos puede actuar como un "robot informador", y que la decisión final siempre estará en manos del sujeto usuario.

De los documentos en los que no se aplica el trabajo del mismo, a un robot autónomo, se pueden destacar los que únicamente realizan un "cambio de frecuencia" para trasladarla al rango de las frecuencias audibles.



Iconos 3

En estos trabajos la tarea de interpretar los ecos se hace por parte de los sujetos, y no hay una interpretación mecánica de los mismos, el único procesamiento que hay es, el cambio de frecuencia y si es el caso, acondicionamientos de las señales, para su emisión y procesamiento Postrecepción.

De este tipo de artículos me interesa el tema de la transducción y tratamiento de la señal.

En uno de los trabajos más recientes se propone incluso una síntesis de voz para guiar al sujeto, lo que implica que este aparato se comporta como un autentico robot lazarillo.

De los trabajos mencionados destaco ahora el que hace referencia a un estudio realizado en un entorno virtual, en el que se generan señales virtuales de ecolocación, demostrando que sujetos sin entrenamiento previo, pueden aprender a ecolocalizar con dichas señales generadas sintéticamente.

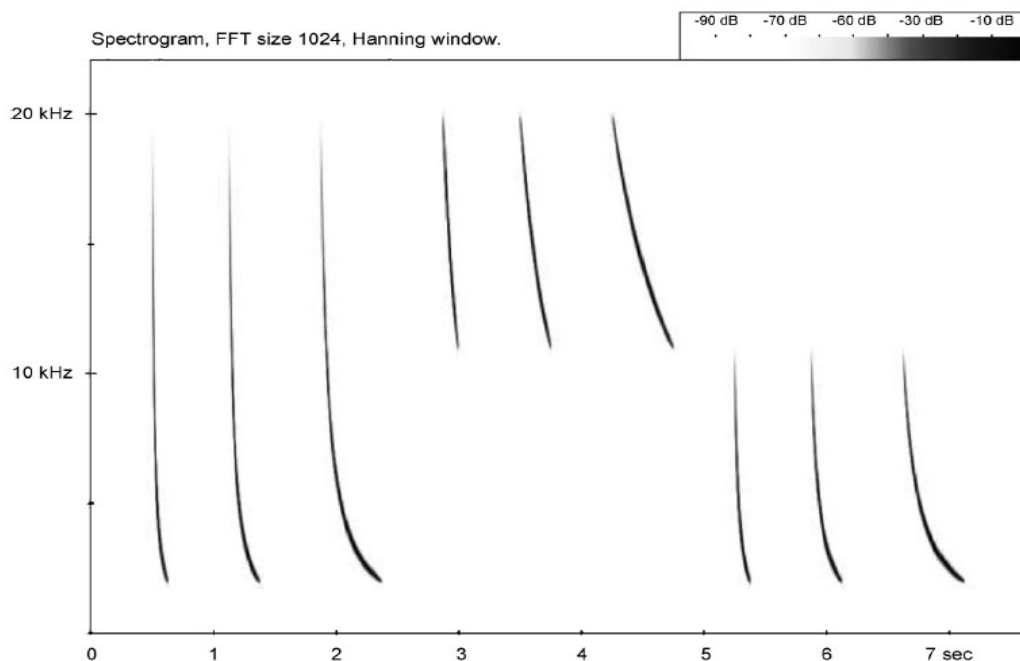


Fig. 2. Sonograms of the broadband set of stimuli.

Figura 36

De las patentes se pueden extraer ideas muy buenas, pero como he nombrado antes, la patente no es un documento descriptivo, si no que es un documento legal, por lo que a veces no son todo lo técnicamente completos que se pudiera desear.



En cuanto a las noticia, pueden ser informativas, pero la impresión que tengo en muchos casos es que son generadas con fines propagandísticos, y no proporcionan una información imparcial.

Iconos 4

### **-3.3.Análisis de soluciones posibles.**

**-3.3.1.Enunciar Ourrencias.**

**-3.3.2.Definir criterios de selección.**

**-3.3.3.Desconsiderar soluciones inviables.**

**-3.3.4.Realizar selección.**

### **-3.3.1.Enunciar Ocurrencias.**

En el momento de enunciar el anteproyecto, surgieron muchas ideas, y dejando libre la imaginación pueden surgir muchas más, pero al empezar a estudiar de forma detenida la física involucrada, las soluciones se van acotando dentro de los márgenes de lo posible en la actualidad.

Hablando con el director, se ocurrieron ideas, desde la construcción de un sombrero con piezoeléctricos para la detección de obstáculos, pasando por diferentes ocurrencias, pero siempre fueron diseños conceptuales, sin entrar en detalles de como funcionaría internamente dicho aparato, por lo que son ideas que en principio son viables, al no tener ningún dato concreto en ese momento.

Después hemos visto que muchas de estas ideas ya se habían implementado, o patentado. (ver referencias en la introducción)



Figura 37

Dado que el título del proyecto ya indica que tipo de solución se va a implementar, esto también acota la imaginación un poco más.

Dado que el tema no es nuevo las soluciones que vienen a la mente, parecen copiar a las ya existentes, seguramente porque las ideas convergen, además que si es un sistema biónico, las soluciones no pueden diverger mucho de lo que en la naturaleza funciona, ya que por definición, un sistema biónico está inspirado en la naturaleza. Por ello en este caso, las soluciones posibles tienen más relación con las posibles configuraciones electrónicas, o disposición de los elementos básicos, así como de la interfaz entre el hombre y la máquina. Para realizar la tarea de comunicación y control.

Por lo que en principio todas las soluciones que se plantearon estaban basadas en una fuente de sonido y dos receptores para la detección binaural, tal y como la mayoría de los animales realizan esta tarea.

Después estuvimos contemplando que muchos insectos tienen oídos del rango de frecuencias de los ultrasonidos, mucho más simples que los de los mamíferos, pero con funciones en algunos casos de detección precisamente de las señales emitidas por sus predadores



ecolocalizadores y así evadir las aproximaciones de captura de estos. Por lo que el uso de los ultrasonidos se extiende también a los insectos.

En este punto y sabiendo lo que existe en la naturaleza, pensamos como es natural en hacer un sistema lo más similar posible a lo que en la naturaleza consideramos el "estado del arte", copiar el diseño de un murciélago ecolocalizador, ya que se dice que estos, usan de la forma más eficiente posible esta técnica, llevándola a los límites de lo "físicamente posible"



Figura 38

Como consecuencia de lo estudiado, se plantea usar un sistema de escucha estereofónico, en el rango de los ultrasonidos, y un generador de señal, análogo al de los órganos emisores de sonido de los murciélagos (laringe y nariz) , de forma que este ultimo tuviera la capacidad de generar las señales tal y como lo hace un murciélago (FM y FC Frecuencia Modulada y Frecuencia Constante) Pulsos de barrido en frecuencia descendente pero ascendentes en amplitud y pulsos de frecuencia constante. Se han observado soluciones similares, en la documentación.

También en este punto se plantean soluciones para la comunicación y el control entre el hombre y la máquina (cibernética), tales como implantes cerebrales en el área motora del cortex cerebral, así como elementos que captan las ondas generadas por el cerebro para el control de la máquina. De igual modo se plantearon soluciones para la comunicación maquina-hombre, de la misma naturaleza (tipo implante en la corteza cerebral, pero en esta caso en zonas de "input" de señales nerviosas). No se plantearon cuestiones de la electrónica de forma concreta, si no que se hicieron comentarios sobre que tipo de transducción ultrasónica podría emplearse para el prototipo.

En apartados anteriores (en el apartado 2.3.4) se hace referencia a un documento que estudia con un poco más de detalle, que tipo de transductores se emplean en acústica.

No se concretaron los algoritmos, ni los métodos para generar la señal a emitir electrónicamente, pero se pensó en la gran variedad de formas de hacerlo tanto con electrónica analógica como digital.

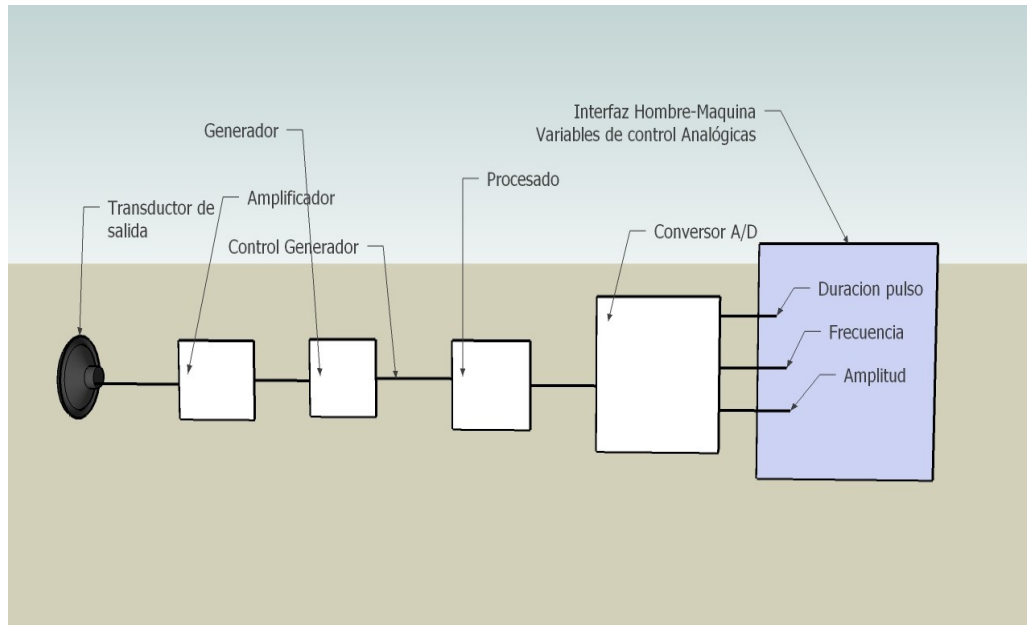


Figura 39

En los gráficos se puede ver una posible solución esbozada en principio.

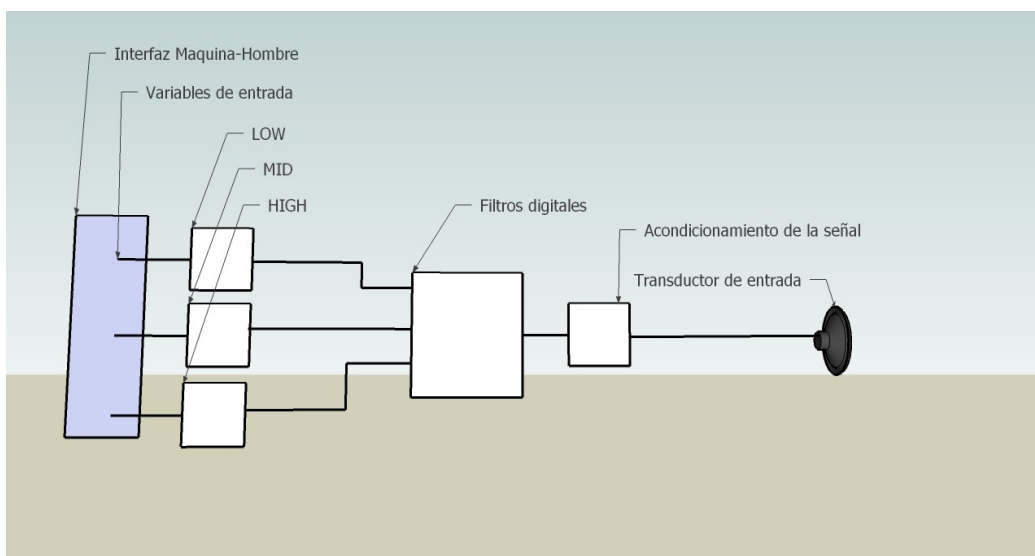


Figura 40

La Disposición de los componentes es un tema que se consideró en fases tempranas, ¿donde se situarían los sensores? ¿y los emisores de la señal? Dado que el sistema tendría de ser portátil, ¿Como sería el sistema de alimentación?

Por ello se ocurren varias disposiciones:

Sensores en disposición en la cabeza tal y como lo tendría un murciélago Amarrados con elásticos, Se habló de un sombrero, sensores por el cuerpo, etc...

Pero para contestar a estas preguntas, hay que definir unos criterios de selección, y este es el punto que viene a continuación.

### **-3.3.2. Definir criterios de selección.**

De la información que he recopilado hasta la fecha, he de tener varios criterios en consideración para diseñar un sistema viable:

Especificaciones deseadas:

Económico, compacto, de fácil uso, corto periodo de aprendizaje, usable por un gran numero de personas, novedoso, sin problemas de cirugía, portable, consumir poco, ser útil, no interferir en la normal audición de los usuarios y considerar el ámbito de uso en el cuál funcionará este dispositivo.

A continuación cada uno de los criterios considerados, y el motivo por el cual se han considerado:

-Económico:

El diseño ha de ser lo más económico posible para llegar al máximo numero de personas que lo necesiten, independientemente de su posición económica.

-Compacto:

Si se trata de un dispositivo portátil, un diseño compacto es lo más interesante.

-De fácil uso:

No se puede hacer un diseño de un dispositivo, que no puedan usar mas que los expertos, hacer un dispositivo apto para todos los públicos es esencial para poder resolver el problema que se plantea en principio.

-Corto periodo de aprendizaje,

Es sabido que los dispositivos de ecolocalización actuales requieren un proceso de adaptación largo para poder ser usados por el sujeto, un dispositivo ideal, debe de minimizar esta fase.

-Utilizable por un gran numero de personas,

El diseño y la preconfiguración ha de ser de forma que pueda ser usado por el mayor grupo de personas posible, sin tener la necesidad de personalizarlo, de esta forma también conseguimos , sobretodo, un diseño más económico.

-Novedoso,

Si no hay innovación, este proyecto sirve solo para aprender, que no es poco, pero no es el objetivo de un proyecto real. Por este motivo, es necesario aportar algo a las soluciones conocidas (mejoras), o innovar aportando una nueva solución.

-Sin problemas de cirugía ni implantes.

Pocas personas en este mundo les gusta pasar por un quirófano, por ello evitar cualquier tipo de cirugía o implante es también un factor de gran consideración.

-Portable,

Puesto que se trata de un dispositivo para ayudar en la orientación diaria, es requisito imprescindible, que este sea portable.

-Consumir poco,

Si es portable, han de minimizarse los consumos, ya que el sistema estará funcionando con alimentaciones auxiliares tipo baterías...

-Ser útil,

Si no es capaz de cumplir una función útil, el diseño será un mero juego de aprendizaje.

-No interferir en la normal audición de los usuarios:

Los usuarios invidentes, usan especialmente este sentido para su vida cotidiana, mermarles la capacidad de usarlo, les está reduciendo su movilidad y sentido de la orientación, en vez de ayudarles.

-Considerar el ámbito de uso en el cuál funcionará este dispositivo:

Es crítico definir en que modo funcionará este dispositivo, ya que no es el mismo planteamiento si va a ser usado para la navegación, detección, identificación, etc...

Estos son los puntos que voy a considerar para disipar las dudas generadas en el apartado anterior y para acotar las soluciones dentro de los márgenes de lo actualmente viable.

### **-3.3.3.Desconsiderar soluciones inviables.**

Dado que tenemos unas limitaciones tecnológicas, físicas, económicas, etc... inmediatamente tenemos que acotar las soluciones de acuerdo a los criterios citados en el punto 3.3.2

Esto implica que se desestima cualquier tipo de implante, también se desestima el distribuir los componentes por el cuerpo, ya que queremos un diseño compacto,

Descartamos el sistema estéreo para simplificar el diseño y el uso del mismo,

descartamos cualquier tipo de interfaz maquina-hombre auditiva ya que necesitamos este canal libre.

El tipo de transducción se elegirá en función de la eficiencia energética del método, y no será en principio elegida por criterios de calidad de sonido producido.

El producto será usado para la navegación, intentando sustituir/complementar principalmente los bastones que usan habitualmente los invidentes, por lo que se descarta cualquier diseño para la persecución de "presas" o para el reconocimiento de texturas. Por lo que el diseño del sistema pretende estimación de distancias y detección de obstáculos en el camino del usuario.

Dado que su uso ha de ser intuitivo, cualquier interfaz hombre maquina, ha de ser intuitiva, tal y como las que se usan en el control de maquinaria (grúas, automóviles, videojuegos)

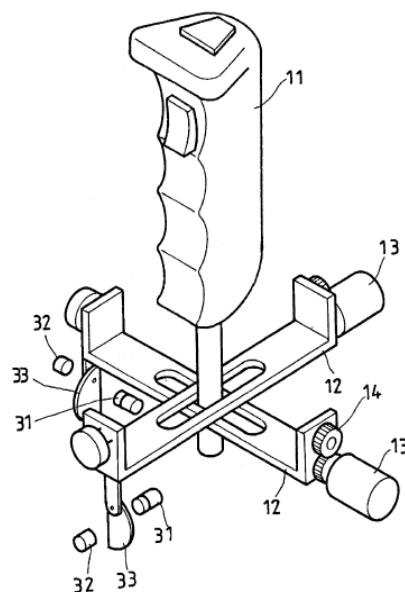


Figura 41

#### **-3.3.4.Realizar selección.**

En este punto es en el que hay que elegir un diseño y empezar a desarrollarlo, considerando toda la información que he expuesto antes.

Propongo un dispositivo con un único transductor tanto de emisión como de recepción (existen algunos de ellos en el mercado) cuya señal de emisión esta controlada de forma analógica, por medio de los movimientos de los dedos, haciendo la interfaz hombre-maquina con un guante de realidad virtual, así como la estimulación sensorial para la comunicación maquina-hombre, se realizará con el mismo, estimulando el sentido del tacto en la zona de mayor inervación de la mano, las yemas de los dedos.

La señal de emisión sera del tipo de pulsos FM tal y como hacen muchos quirópteros, pudiendo cambiar a FC de forma voluntaria por el usuario.

Esta es una primera aproximación a una posible solución final. Por supuesto que esta es una idea que hay que desarrollar con los métodos que describimos a continuación, y en consecuencia esta puede cambiar durante el desarrollo del proyecto, ya sea en la fase de simulación como en la fase de prototipado, las cuales existen precisamente para este propósito.

Este es el verdadero punto de partida para el desarrollo de un proyecto técnico. Pues partimos de un diseño inicial.

En el siguiente apartado se describirá con más detalle la solución elegida.

### -3.4.Expresar solución conceptual.

Tipo de señal empleada:

En un primer diseño se va a emplear una señal FM tal y como lo haría un quiróptero en su entorno natural (Pulsos descendentes en frecuencia de la forma que se puede ver en el espectrograma.

De forma que el usuario pueda controlar con una variable analógica, la distancia entre los pulsos, y con otra la banda del espectro de los pulsos (más alta frecuencia, o más baja).

Una tercera variable de control se destinará para determinar la amplitud de la señal generada, Pero no la duración del pulso, que vendría preconfigurada.

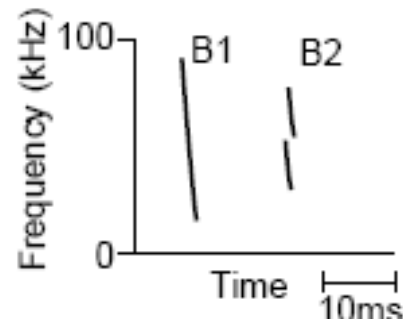


Figura 42

-Control hombre-maquina:

Como hemos visto en el apartado anterior, el usuario ha de controlar tres variables analógicas para poder emplear el sistema propuesto. Por lo que la forma de indicarle el valor de dichas variables a la máquina de forma intuitiva, será por la posición de los dedos de la mano, índice, corazón y pulgar, pudiéndose personalizar que variable tendrá asignada cada uno de ellos.

En un principio se empleará, el método de CTMF (continuous transmission frequency) pero sin emplear una transmisión continua de señal si no que se empleará una emisión continua de pulsos. Similar a la de el sonograma de la figura 44.

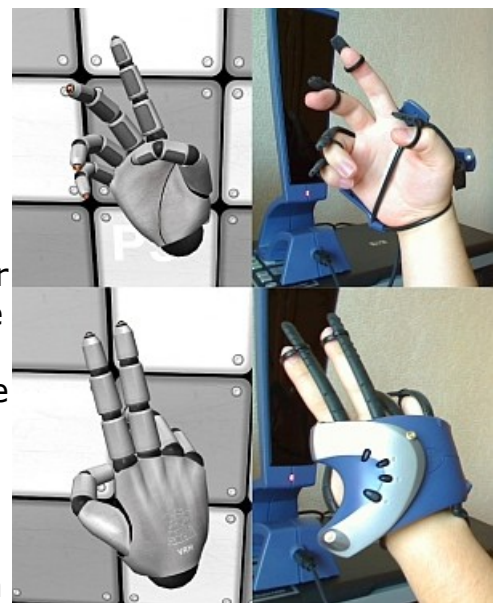
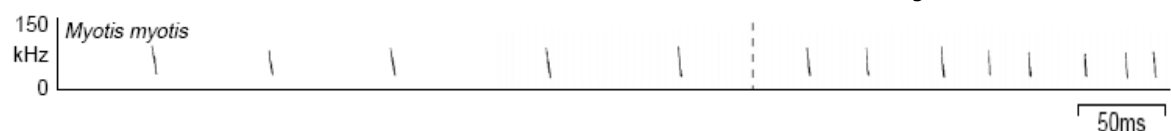


Figura 43



Posible modelo de señal a emitir sintéticamente.

Figura 44

De forma que la posición de los dedos determinará cual será la forma, el espectro e intensidad del tren de pulsos.

### -Comunicación maquina-hombre:

Para la comunicación entre el máquina y el hombre, en principio se ha pensado en algo sencillo, en una vibración aplicada a la yema de los dedos (Ya que esta zona es una zona altamente inervada) que se usan para el control, de forma que la señal emitida por el dispositivo a través del transductor, sea representada por medio de una vibración en un dedo, y la señal captada por el transductor, procesada correspondientemente para corresponder a la del eco generado por la emisión, en otro dedo.

De forma que el usuario pueda hacer una estimación temporal entre los dos estímulos y así determinar la distancia al objeto u obstáculo.

Técnica TOF "Time-Of-Flight" pero de procesado natural.

Esto requiere por parte de la máquina una discriminación entre la señal emitida y la recibida como eco, así como una amplificación. Lo que implica un procesado de la señal por parte del dispositivo.

### -Disposición de los bloques funcionales:

Para el subsistema de emisión hombre-máquina:

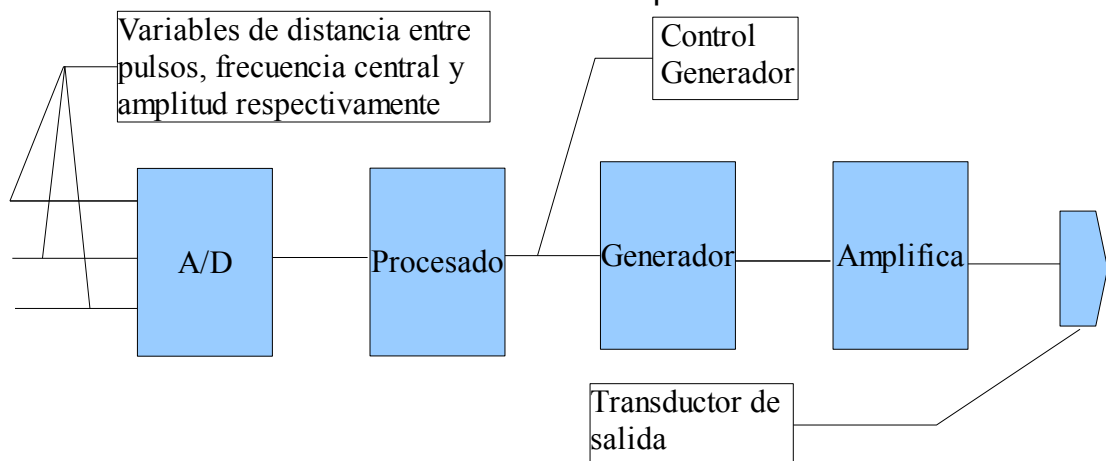


Figura 45

Para el subsistema de recepción máquina-hombre:

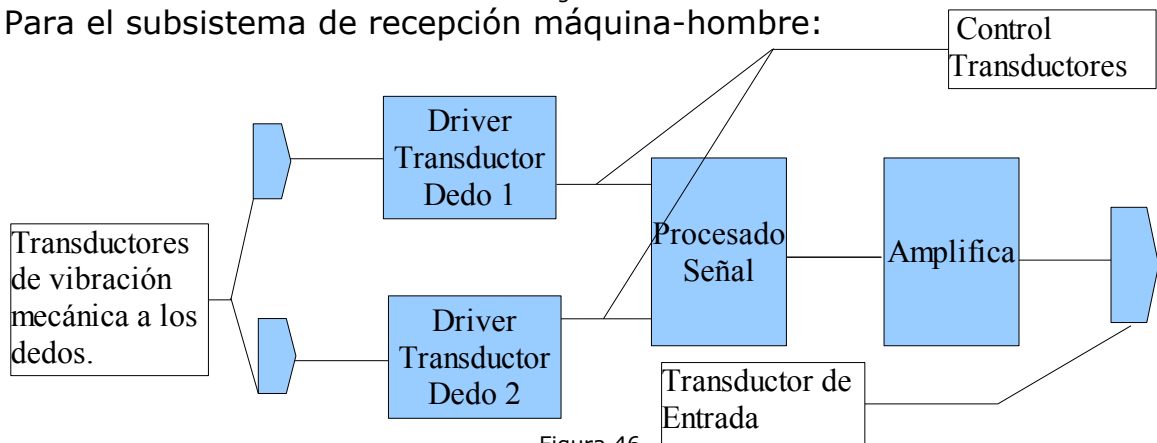


Figura 46



Hay que decir que los diagramas de bloques solo indican el funcionamiento de cada uno de los subsistemas, y que el diseño final puede estar constituido por un único sistema que integre las funciones de todos los subsistemas descritos anteriormente.

-Posibles componentes para realizar las funciones definidas en los bloques:

De la vista de los diagramas de bloques se puede deducir que se va a emplear tecnología digital tanto para el procesado como para el control. Esto puede inducir a pensar en la mente de un experto, que tipo de componentes se emplearán, pero el diseño electrónico con los componentes adecuados es una cuestión de prototipado, y no es el objeto de esta fase de desarrollo, aunque no hay que olvidarse, en esta temprana fase también, de que tecnología de componentes se dispone para realizar el dispositivo.

Nombraré a los Microcontroladores, Procesadores Digitales de Señales, y FPGA's y combinaciones de ellos.

Una pronta estimación de los componentes que van a constituir el dispositivo es un error en un proyecto de estas características en el que hay que experimentar, antes de esbozar una solución válida.

El diseño final se obtiene por aproximaciones en espiral con sucesivos prototipos optimizados.

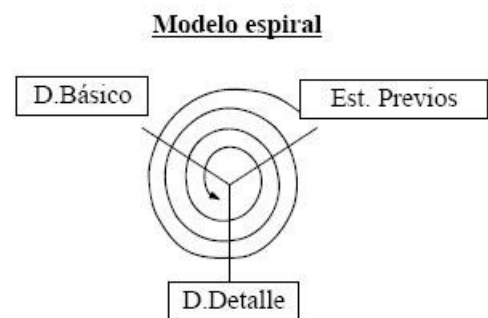


Figura 47

Diseño externo:

La idea del diseño externo en estas fases es complicado, pero la idea en mente es algo similar a lo que aparece en la fotografía.

Pero esto es solo un esbozo. Se trata de una modificación del "guante" de realidad virtual que aparece en una fotografía anterior.



Figura 48

### **-3.5.Verificar viabilidad teórica de la solución conceptual, con simulación**

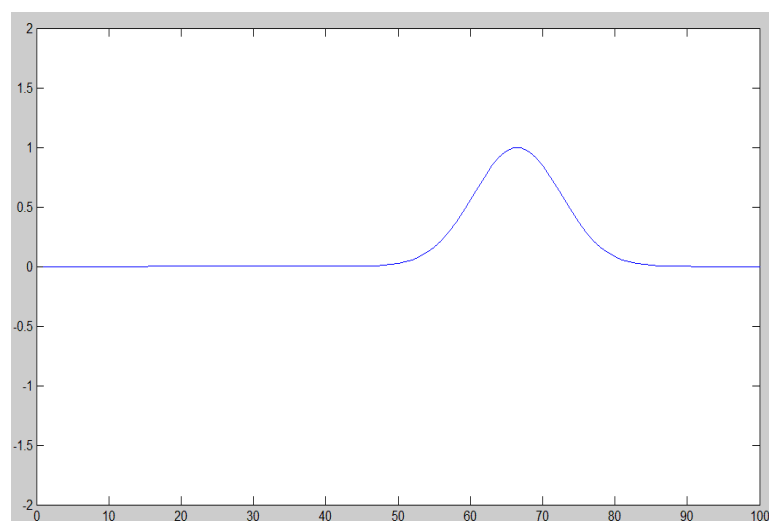
De lo deducido en el capítulo anterior, es necesario realizar un pequeño estudio teórico-técnico, antes de proceder a realizar un prototipo, ya que pese a que el objeto del proyecto no es nuevo y la técnica posiblemente esté desarrollada, en este caso es conveniente realizar una simulación para verificar hipótesis y realizar pruebas sobre una realidad virtual como la del algoritmo FDTD (Finite Difference Time Domain) en entornos acústicos (recomendación del director del proyecto)

Recurrir directamente a usar el computador para resolver este tipo de problemas es el procedimiento actual, ya que el potencial de los ordenadores permite este tipo de planteamiento, pero no hay que olvidar, que no hace mucho, para resolver problemas complejos se usaban los cálculos sobre papel.

Partiendo del hecho de que los conocimientos que tengo sobre esta técnica son nulos, mi planteamiento a la hora de buscar información para implementar este algoritmo, ha sido el de usar un programa o lenguaje conocido, y partir de lo más simple a lo más complejo. Esto implica que he elegido empezar con la técnica FDTD de una dimensión (1D) y el programa elegido ha sido el MATLAB. Para esto me baso en la información del link:

Implementing FDTD in 1D  
<http://www.acoustics.salford.ac.uk/res/drumm/FDTD-FE/Implementing%20FDTD%20Tutorial.doc>

En la que hay un tutorial para iniciarse a la técnica FDTD.



El gráfico que se puede observar ha sido obtenido usando el tutorial FDTD 1D.  
Figura 49

Lo que se puede hacer con esta técnica de una única dimensión no es nada despreciable tal y como muestra el trabajo de la referencia siguiente.

1D-FDTD using MATLAB

<http://ecee.colorado.edu/~mcleod/teaching/nmip/hw/HW%201%20solution/project1.pdf>

Al usar esta técnica relativamente simple, puedo simular toda la parte de generación de señales (tren de pulsos descendentes controlados por tres variables analógicas) , y hacer estimaciones tempranas de cual es la potencia a la que necesito emitir para conseguir un alcance mínimo. Así de como simular las diferentes respuestas de objetos de diferentes características.

Con esta simulación puedo conseguir también un algoritmo, que después se puede implementar directamente sobre un dispositivo electrónico digital programable.

**Diagrama bloques del sistema de simulación FDTD-MATLAB propuesto.**

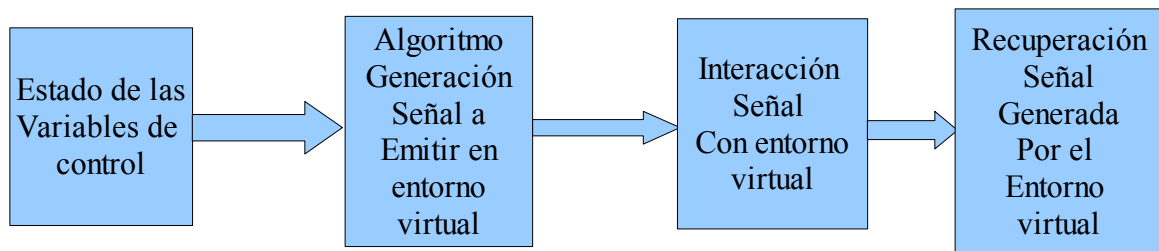


Figura 50

El algoritmo usado en la simulación FDTD hasta la fecha de la generación de este documento, se puede estudiar en los anexos. No cumple todas las funciones enunciadas en el diagrama pero es el principio por el cual empezar.

En este punto de la memoria, he de nombrar que en el proyecto de la titulación ITTSE de la ETSE numero 163

Diseño y estudio de la optimización de la precisión de un detector de distancia por ultrasonidos.	163
---	-----

En el que se usa un programa MATLAB, para la detección de la distancia por medio de la correlación , usando sensores de ultrasonidos, lo que significa que es altamente recomendable que se considere dicho programa para el desarrollo de esta parte de simulación.

Hay que observar que esta fase de simulación se puede combinar con la de prototipado, de forma que un nuevo algoritmo, o modificación en el programa, se puede simular antes de aplicarlo a un prototipo. Esto último significa que la simulación se puede hacer extensible a la fase de desarrollo práctico del proyecto.

Como comentario acerca de las soluciones empleadas en los artículos científicos, observé el hecho de que es habitual emplear el método FDTD usando 2 Dimensiones, para simular problemas de colocación en un plano bidimensional como podría ser el suelo (para el guiado de robots autónomos que solo procesan la información en este plano)

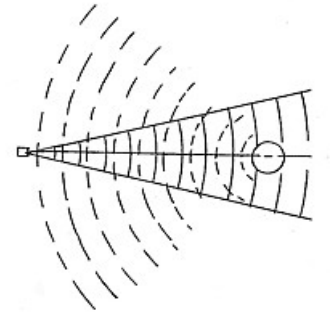


Figura 51

Al parecer la técnica 3D , o no es sencilla de implementar para resolver estos problemas o cuando se escribieron los artículos científicos no existía una potencia de calculo suficiente para implementarlos. También puede ser que se estimara que era suficiente con una simulación 2D para el problema que querían resolver. De igual forma que en este caso he estimado que una técnica 1D puede ser suficiente.

He de nombrar que la técnica actual esta mucho mas desarrollada para hacer simulaciones de lo que yo aquí uso.

Varios investigadores de la Universitat de València, me hablaron del sistema de la empresa NVIDIA llamado CUDA para hacer simulaciones, y cálculos extremadamente complejos usando tarjetas gráficas como procesadores en paralelo.

Usando una arquitectura IBM PC convencional (no superordenadores) se consiguen unos "ratios" de computación comparables a los de los superordenadores, en el caso de que el algoritmo sea vectorizable.

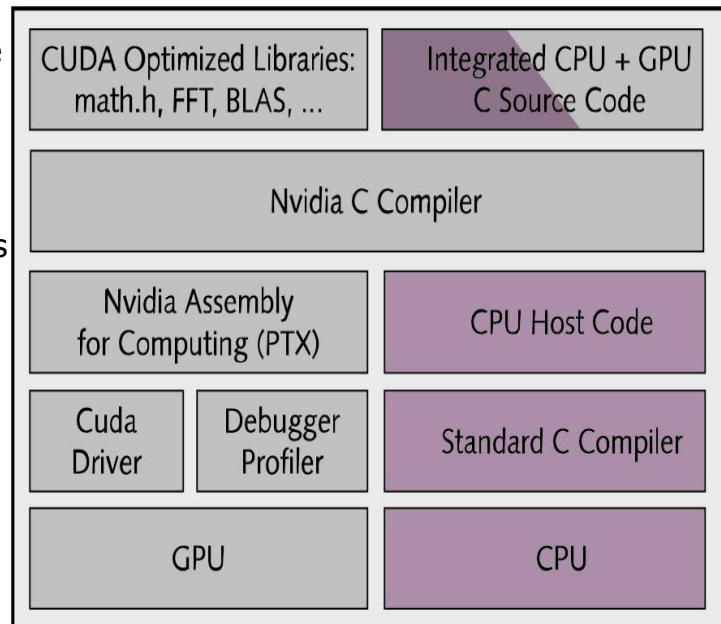


Figura 52

En fases avanzadas del proyecto, o para proyectos derivados de este que requieran una mayor potencia de computación, se puede plantear el uso de esta técnica que es muy novedosa e interesante por sus implicaciones en el mundo de los superordenadores.

Hay que nombrar que ya han desarrollado un "plug-in" para acelerar el programa MATLAB, usando la GPU, sin necesidad de tener conocimientos de informática.

### **-3.6.Discusión y Justificación**

La solución elegida, es la mejor solución a la que he podido llegar con el tiempo que he dedicado al proyecto.

Pero tal y como he expresado, esto es solo una solución para empezar a desarrollar el producto, ya que esto es solo el principio, y la idea original puede evolucionar con el tiempo y todas las personas que trabajen (hipotéticamente) en este proyecto pueden aportar su creatividad y conocimientos para optimizar la solución al problema. Por lo que desde el primer momento esta solución es discutible, y abierta a mejoras.

Continuamente están saliendo noticias y publicaciones, relacionadas con el proyecto, por lo que siempre habrá información nueva a considerar.

Además, no he podido abarcar todas las fuentes existentes en el mundo en relación al problema planteado en el proyecto. (barreras lingüísticas en algunos casos)

Me baso en la información a mi alcance, limitando esto, la completa percepción de la realidad mundial actualizada del problema.

### -3.7.Referencias capitulo 3

Condiciones acústicas de la cámara anecoica electromagnética de la Universitat de València	
Aplicación del método de Diferencias Finitas en el Dominio del Tiempo (FDTD) al estudio de problemas acústicos bidimensionales	
Pulse Compression by Means of Linear-Period Modulation	00/07/69
Parametric TFR via Windowed Exponential Frequency Modulated Atoms	00/05/01
ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS RESONANTES ELECTROMAGNÉTICAS COMBINANDO EL MÉTODO FDTD CON EL ALGORITMO DE GOERTZEL	2001
Accelerating MATLAB with CUDA™ Using MEX Files	00/09/07
PARALLEL PROCESSING WITH CUDA	28/01/08
1D-FDTD using MATLAB <a href="http://ecee.colorado.edu/~mcleod/teaching/nmip/hw/HW%201%20solution/project1.pdf">http://ecee.colorado.edu/~mcleod/teaching/nmip/hw/HW%201%20solution/project1.pdf</a>	
Implementing FDTD in 1D <a href="http://www.acoustics.salford.ac.uk/res/drumm/FDTD-FE/Implementing%20FDTD%20Tutorial.doc">http://www.acoustics.salford.ac.uk/res/drumm/FDTD-FE/Implementing%20FDTD%20Tutorial.doc</a>	
Audio related software <a href="http://www.educypedia.be/electronics/easoftaudio.htm">http://www.educypedia.be/electronics/easoftaudio.htm</a>	
Audio tools <a href="http://www.educypedia.be/computer/computersoftwareaudio.htm">http://www.educypedia.be/computer/computersoftwareaudio.htm</a>	
Libros	
Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook	1999





#### **-4.Diseño Prototipo (Alpha)**

Un prototipo tiene que ser económico y rápido de construir. Y sirve para evaluar en fases tempranas, partes o la totalidad de un diseño.

- 4.1.Soluciones en el mercado para el prototipo.**
- 4.2.Posibles Soluciones de diseño del prototipo.**
- 4.3.Propuesta de prototipo funcional.**
- 4.4.Discusión acerca del prototipo.**
- 4.5.Referencias**

#### **-4.1.Soluciones en el mercado para el prototipo.**

Ya que la solución no es nueva, en el mercado existen conjuntos de componentes preparados para empezar a trabajar en un tipo de diseños, para el caso de los ultrasonidos también existen los llamados "Starter kits" los cuales sirven para empezar a trabajar, pero en muchos casos sobre un tipo de aplicaciones predefinidas en el mercado que no siempre pueden satisfacer nuestras especificaciones.

A continuación un pequeño estudio de mercado, realizado buscando por Internet, obteniendo unos cuantos presupuestos detallados a continuación:

La empresa se llama Neotronic, y es distribuidora en exclusiva en España de componentes de otros fabricantes. Entre ellos los de <http://www.senscomp.com> que era los que me interesaba saber en este caso. Se tratan de paquetes de transductores, y kits para la detección de distancia.

----- Forwarded message -----

Date: 2009/7/9

Subject: RE: Kit's price

OEM Kit :

Referència PID#606783-600 Series instrument Grade	142,20€/
Referència PID#606784 – 600 Series Open Face OEM Kit	135,88€/u

Referència PID#696785 – 7000 Series OEM Kit	120,08€/u
---	-----------

9000 Series Piezo OEM Kit:

Referència PID#606790 – 9000 Series OEM Kit	126,40€/u
---	-----------

Piezo-Electric Evaluation Kit:

Referència PID# 606786 – Standard Piezo Evaluation Kit, 40 Khz	71,10€/u
--	----------

PID# 606787 – Premiun Piezo Evaluation Kit, 40 Khz	142,20€/u
--	-----------

El plazo de entrega estándar es de 4-6 semanas, según conformidad de la oferta y disponibilidad de nuestra representada.

CONDICIONES DE LA OFERTA:

PEDIDOS MINIMOS DE 150€

OFERTA VALIDA 30 DIAS

PORTES DEBIDOS

PRIMERA OPERACIÓN PAGO AL CONTADO



Figura 53

Y aquí un presupuesto de la empresa Tucker-Davis Technologies, para un sistema completo de audio para trabajar con ultrasonidos, basado en transducción electrostática. La empresa se dedica a la bioacústica.



11930 Research Circle  
Alachua, FL 32615  
Ph: (386) 462-9622  
Fax: (386) 462-5365

## Quote

Quote #	EFR0714
Date	07/14/09
Authorized By	AHATFIELD

### Quote To:

Efren Ferrer Renovell  
University of Valencia  
Ph: 34 693613719  
Fax:  
email: eferemail@gmail.com

TDT is pleased to present the following proposal:

Qty	Mfg. Part #	Item Description	Unit Price	Extended Price
2	ES1	Electrostatic Loudspeaker for Free Field	\$215.00	\$430.00
1	ED1	2 Channel Electrostatic Speaker Driver	\$715.00	\$715.00
1	ZB1PS	ZBus Device Caddie with 25 Watt Power Supply	\$360.00	\$360.00
SubTotal				\$1,505.00
1	SHIP	International Shipping & Handling to Spain	\$255.00	\$255.00
Total			\$1,760.00	

Upon receipt of order, equipment will ship within 3 - 4 weeks.

Unless specified, shipping charges will be determined upon receipt of purchase order.

This quote is valid for 30 days.

Terms are Net 30 or prepayment by company check drawn on a US Bank in US Dollars, wire transfer or payment by VISA, MC or American Express.

Shipping Terms: Prepay and Add.

Standard US shipping is FedEx 2 Day. Shipping charges will be prepaid and added to your invoice.

For international shipments, please specify a customs broker, otherwise, shipment will be made by UPS Worldwide.

Shipping and handling charges will be prepaid and added to your invoice. UPS will bill or collect any relevant duty and taxes upon delivery.

Purchase order must state your institution's VAT Exempt Number and/or other tax/duty-free classifications or certifications which should be made a part of the shipment. Upon shipment, we will provide you with the UPS Tracking Number.

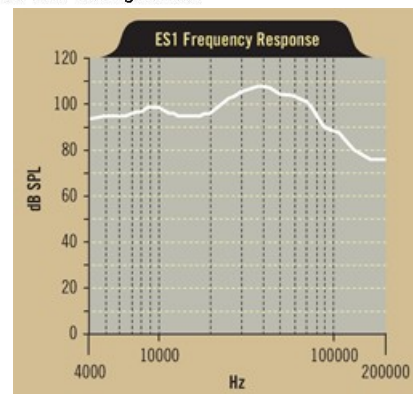


Figura 54

Esta empresa son auténticos especialistas en bioacústica, por lo que la solución parece ser la adecuada para un primer prototipo, pero el precio puede ser prohibitivo. El presupuesto incluye fuentes de alimentación. Pero se trata de un sistema solo de emisión, faltando la parte de la recepción.

## -4.2.Posibles Soluciones de diseño del prototipo.

### Soluciones basadas en Ordenador personal:

Cualquier solución basada en PC ha de tener una estructura similar a la mostrada en el siguiente diagrama de bloques.

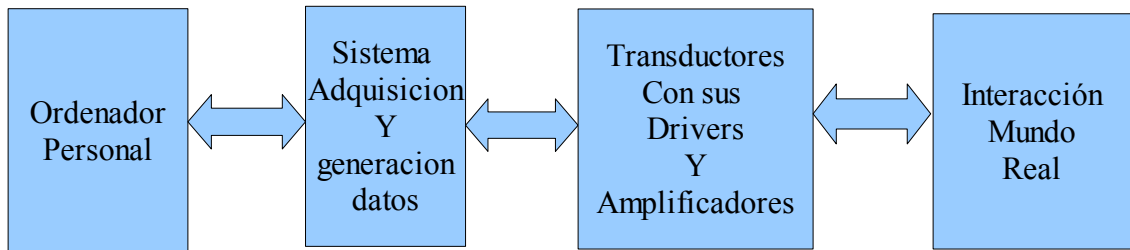


Figura 55

Pero dentro de cada bloque se pueden elegir entre múltiples opciones:

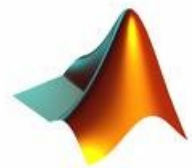
-Ordenador Personal:

Dado que el PC es una máquina genérica, se puede decir que casi cualquier ordenador personal actual es valido para completar esta etapa.

Soluciones informáticas:

Después existe unas soluciones basadas en un ordenador personal con un software específico para el desarrollo de productos electrónicos, (en este caso puede ser MATLAB, LABVIEW, o Visual C++) Comentaré brevemente, en que consiste cada una de las soluciones:

MATLAB: "Matrix Laboratory" originalmente concebido para el calculo vectorial y de matrices, se ha convertido en una referencia obligada en el mundo del desarrollo de aplicaciones "software" contiene una gran cantidad de herramientas. Para el procesado de señales, y muchas funciones en las llamadas "toolboxes"



Iconos 5

(cajas de herramientas) para resolver problemas concretos.

El lenguaje de programación es similar al C++ En lo que al flujo de datos y control se refiere.

Los desarrolladores de CUDA (compilador para la GPU "graphics processing unit " de la casa NVIDIA) Han realizado un "plug-in" para convertir el MATLAB en un software que procesa en paralelo, usando la GPU.

## LABVIEW:

Software diseñado para la instrumentación virtual, adquisición de de datos, y diseño de sistemas SCADA, Al igual que con el anterior software, han evolucionado para abarcar una gran cantidad de aplicaciones, y posee gran cantidad de herramientas para la implementación de algoritmos.



Iconos 6

Se caracteriza principalmente por se un lenguaje de programación Gráfico.

## Visual C++:

Se trata del compilador de Microsoft para PC más conocido, combina elementos de programación BASIC y de programación C++

No posee tantas funciones como las anteriormente citadas soluciones para el procesado de datos, pero posee como ventaja, el hecho de que el código es compilado para funcionar directamente sobre el sistema operativo, haciendo más rápida cualquier ejecución del código sobre la CPU.

## Adquisición de datos:

Hay que recordar que la tarjeta de sonido del PC es un dispositivo de adquisición de datos, lo que significa que puede servir para la tarea que nos ocupa. Con la peculiaridad de que normalmente las tarjetas de sonido solo muestrean hasta los 44KHz, lo que implica que se pueden capturar frecuencias de sonido de hasta 22Khz insuficiente para este proyecto.

Pero he visto en las especificaciones de algunas tarjetas de sonido para PC (tarjetas profesionales para estudios de grabación) que son capaces de muestrear a 192KHz lo que implica una frecuencia analógica máxima de 96KHz suficiente para trabajar con la mayoría de los transductores ultrasónicos de uso convencional, pero insuficiente para trabajar con toda la gama de ultrasonidos de los quirópteros, que se estima que está entre los 11KHz y los 210 Khz dependiendo esto de que especie de quiróptero sea (algunos pájaros ecolocalizan a frecuencias audibles de unos 12KHz)

## Tarjetas industriales de adquisición de datos y control.

Se trata de tarjetas conectables al PC con múltiples canales de salida y entrada, tanto analógicos como digitales, la frecuencia de muestreo de los mismos depende de para que tipo de aplicación se han desarrollado, algunas poseen frecuencias de muestreo suficientes para la aplicación que nos ocupa.

Tarjetas diseñadas para soluciones concretas.

Se trata de tarjetas de adquisición de datos para PC diseñadas para propósitos específicos, como por ejemplo con el propósito de servir como un laboratorio de electrónica conectado al PC, con osciloscopio digital y generador de funciones incluido, (ELAB-080 dispone de 2 canales de entrada analógicos a 80MSps y de 1 de salida a más de 100Msps. El fabricante proporciona unas librerías de enlace dinámico para controlar dicho dispositivo desde el sistema operativo de la familia Windows (ElabDll.dll) usando para ello programas como MATLAB, LabView, o compiladores tipo Borland C++. Lo que me permitiría conectar resultados de la fase de simulación, directamente con datos físicos generados y transmitidos con el sistema "tarjeta adquisición-transductor". ver especificaciones del ELAB-080 en anexos)

## -Drivers, Amplificadores Transductores ultrasonidos aéreos:

### Piezoeléctricos:

Los transductores piezoeléctricos son una de las soluciones más frecuentes en el uso de los ultrasonidos, ya que se trata de dispositivos resonantes, tienen gran eficiencia energética, pero poco ancho de banda, los más típicos suelen oscilar a unos 40Khz.

Un "driver" sencillo se puede ver en el gráfico. Puede ser una buena opción para un primer prototipo, ya que es sencillo y permite hacer pruebas rápidamente.

Suelen existir dispositivos especiales para la transmisión o la recepción.

Aunque también existen transductores piezoeléctricos que integran ambas funciones.

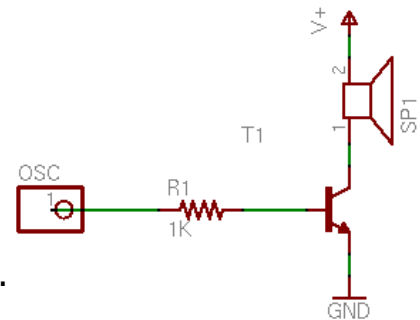


Figura 56



Figura 57

### Electrostáticos:

Los transductores electrostáticos tienen un ancho de banda mucho mayor que cualquier otro, y disponen de una mejor respuesta en frecuencia que cualquier otro, además de no introducir "color" al sonido, ya que no tienen casi inercia en sus partes móviles. Además de que la frecuencia de resonancia natural de los mismos está fuera del espectro de emisión, al contrario de el caso de los transductores electrostáticos que resuenan en frecuencias de emisión.

Como contraposición, requieren de una tensión de "bias" que suele ser relativamente elevada. (para el caso de los ultrasonidos, suele ser del orden de los 200V)



Figura 58

Los expertos en bioacústica de ultrasonidos usan este tipo de transductores.

Suelen ser bidireccionales. Transmisión y recepción.

### Electrodinámicos:

Son los que se emplean en la mayoría de los equipos de audio. Son económicos y tienen un ancho de banda relativamente grande, introducen "color" al sonido, debido a la inercia de la membrana, y a la frecuencia de resonancia de la misma.

A frecuencias elevadas no funcionan todo lo bien que se desearía para este proyecto.



Figura 59



## Soluciones basadas en componentes discretos:

También se pueden realizar una solución basada en el diseño directo de un prototipo, montado con componentes discretos habituales.

Esta técnica se suele usar cuando el problema es muy habitual y conocido. A veces se pueden encontrar IC's ya fabricados, (como es el caso del SONAR) que realizan la función específica.

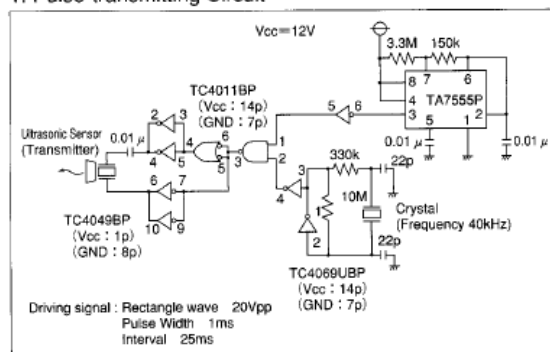
Pero esto es un método arriesgado para un primer prototipo, ya que en un sistema complejo como el que nos ocupa, es necesario ajustar muchos parámetros experimentalmente debido a la diversidad de componentes, con características de transducción diferentes, en el mercado, y de la gran variedad de posibles combinaciones de señales generadas para tareas de SONAR.

Muchos de los "starter kits" que existen en el mercado, están constituidos por componentes discretos, pero esto implica que el tipo de aplicaciones que se pueden desarrollar con ellos están acotadas. Y en consecuencia no es tan versátil como un sistema basado en PC.

En este apartado es conveniente nombrar que existen Soluciones basadas en notas de aplicación de fabricantes de transductores, IC's etc.

Que pueden dar pistas importantes en posteriores diseños de prototipos, o pueden indicar como constituir un "driver" para un transductor en concreto. Como por ejemplo el del esquema a continuación

1. Pulse-transmitting Circuit



2. Receiving Circuit

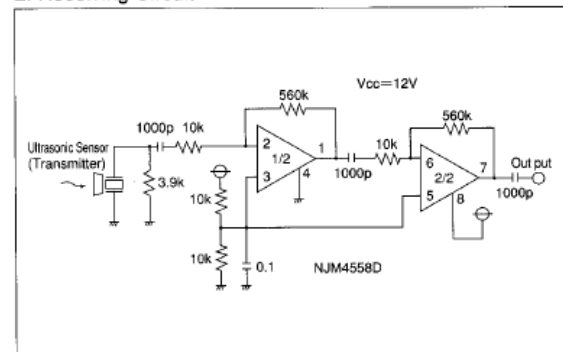


Figura 60

Posibles prototipos posteriores se pueden basar en componentes discretos, ya que la solución final se accede por aproximaciones de la forma que muestra el siguiente gráfico.

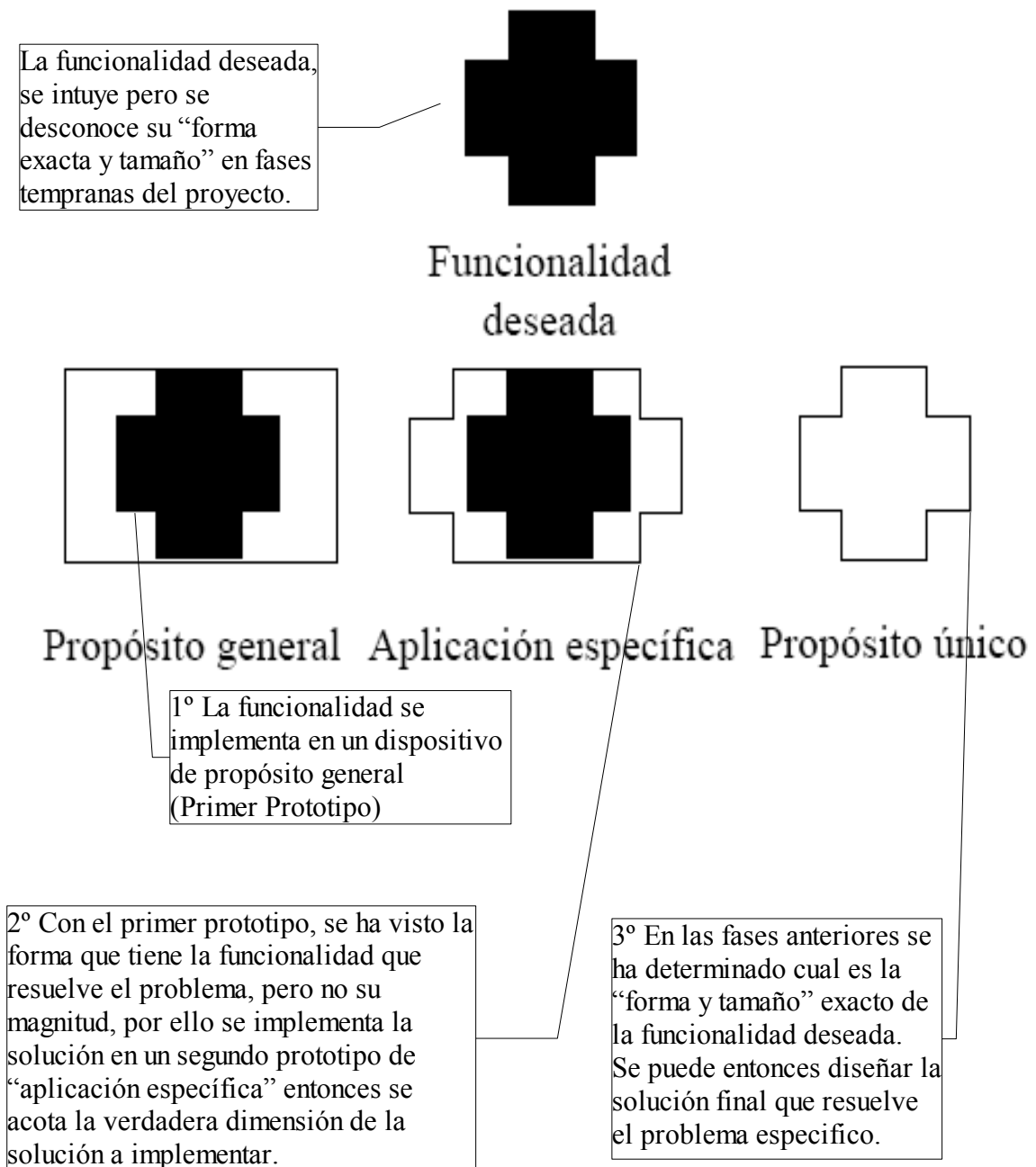


Figura 61

Este es el procedimiento que se usa para diseñar muchos IC's para su producción en masa.

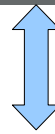
También es interesante destacar que muchos proyectos de los que se realizan, funcionan dentro de dispositivos de propósito general. (1°) Y no se pasa a fases posteriores, por diversos motivos, pero sobre todo por motivos económicos.

#### -4.3.Propuesta de prototipo funcional.

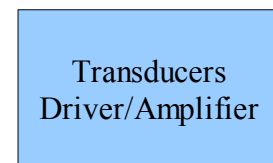
Un PC de los que se usan normalmente, puede servir, solo hay que tener en consideración que tenga las características mínimas para soportar el software detallado más adelante.



Como sistema de adquisición y generación de datos voy a usar un dispositivo que existe en el mercado, para esta tarea, se llama ELAB-080 y pretende ser un laboratorio de electrónica conectado al PC, se conecta vía USB.



Ya que las señales generadas por el dispositivo ELAB-080 puede ser que no puedan atacar directamente a los transductores, contemplo la inclusión de una etapa de amplificación. Para hacer de interfaz entre las salidas del ELAB-080 y los transductores.



La ultima etapa consiste en un transductor de entrada /salida , de modo que sea fácilmente intercambiable, por otros tipos de transductores. El sistema de adquisición de datos, posee dos entradas analógicas, y una salida analógica, permitiendo múltiples configuraciones de transductores, entre la que está la típica configuración biomimética de dos entradas de audio y una salida.

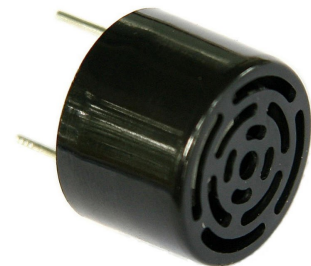


Figura 62

Este primer prototipo está pensado para ser lo más versátil posible, ya que en fases tempranas del desarrollo es fundamental esta cualidad. (Prototipo basado en dispositivos de propósito general)

Se basa en un sistema PC como los indicados en el apartado anterior. No pretende ser igual físicamente al dispositivo final, ni tampoco proporciona la funcionalidad de la solución expresada en el capítulo anterior, pero si que pretende servir para poder comprobar cada una de las partes funcionales que lo compondrán (subsistemas). De forma que primero se diseñarán y verificaran los subsistemas por separado, para después hacerlos funcionar conjuntamente, en este mismo prototipo si es posible, o en un segundo prototipo diseñado para tal fin.

Componentes electrónicos y acústicos.

Los componentes son los que aparecen en el esquema anterior, solo que en principio para la transducción se usará un transductor piezoeléctrico. Que son de los más fáciles de conseguir así como los más económicos.

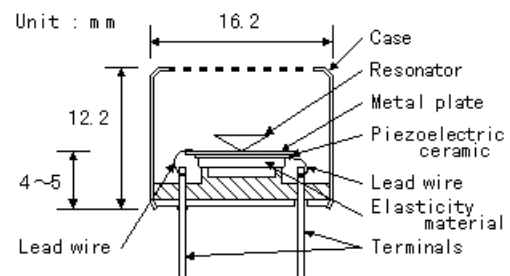


Figura 63

Los únicos esquemas eléctricos que pueden existir en este diseño, son los de los amplificadores/drivers para los transductores. Para ello me puedo basar en las notas de aplicación, para su rápida implementación.

El software elegido para el prototipo, ha sido el MATLAB. Para la comunicación y control del dispositivo ELAB-080 desde la plataforma MATLAB se usa una librería de enlace dinámico .dll proporcionada por el fabricante, con las funciones en lenguaje C++ detalladas a continuación:

GetHWStatus, GetSerialNumber, SetAnalogChannels, SetDSODCOffsets, SetDSOLASampleRate, CaptureDSODData, RetrieveDSODData, SetUPPSX, GetUPPSOverload, SetupAWG, AWGStart, AWGStop

Para ver más detalles sobre los programas de control de la tarjeta de adquisición de datos (ELAB-080) así de como los experimentos realizados con la tarjeta de sonido y los programas MATLAB, además de las especificaciones del dispositivo ELAB-080 dirigirse a los anexos de este documento.

En este punto de la memoria, de igual forma que hice en la parte de simulación, he de nombrar que en el proyecto de la titulación ITTSE de la ETSE numero 163

Diseño y estudio de la optimización de la precisión de un detector de distancia por ultrasonidos.	163
---	-----

En el que se usa un programa MATLAB, para la detección de la distancia por medio de la correlación, usando para ello sensores de ultrasonidos. Lo que significa que es recomendable que se considere dicho programa como referencia para el desarrollo de esta parte de experimentación con el prototipo.

### **Estimación coste prototipo.**

El prototipo se compone básicamente de cuatro elementos:  
PC, Software, Sistema de adquisición de datos y transductores

-PC:

Hoy en día se puede conseguir un PC capaz para este proyecto por menos de 200€ además la mayoría de las instituciones ya poseen estas máquinas.

-MATLAB:

Si el proyecto se desarrolla en la universitat de València, el coste será nulo, pues esta tiene la licencia para su uso.

-ELAB-080:

Se puede conseguir por entre 500\$ y 400\$ lo que al cambio de hoy pueden ser unos 300€ o unos 400€

-Transducción:

Por menos de 20€ se puede conseguir un juego de transductores de emisión y recepción piezoeléctricos resonantes de varias frecuencias (unos 5€ cada uno), el coste de sus drivers se considera incluido. (Para empezar se trata de una resistencia y un transistor básico funcionando como amplificador de corriente y/o tensión)

El coste del prototipo dentro de la universidad podría ser de unos 400€ (yo ya he adquirido el ELAB-080 lo que significa que para mi construir un prototipo costaría del orden de los 10 o 20€)

Fuera de la universidad se incrementaría notablemente, sobre todo debido a las licencias del software. (puede ser del orden de los 120€ con los "tool boxes" de interés.)

Aunque se podría empezar con una versión de evaluación gratuita de software y la tarjeta de sonido, para un primer prototipo "no profesional", en cuyo caso el presupuesto sería el del coste de los transductores. (entre 10 y 20€)

#### -4.4.Discusión acerca del prototipo.

Justificación prototipo.

En un diseño de estas características, después de esbozar una solución en un entorno virtual o computacional es interesante realizar una verificación experimental que me permita interactuar con el mundo físico “real”, y así ajustar los imprevistos en el mundo modelizado del computador, además de verificar los datos de fabricantes y diseños de subsistemas primarios. Esto se entiende y justifica en un modelo de aproximación en espiral a la solución final de diseño.

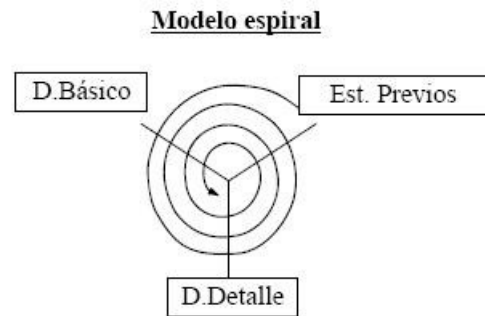


Figura 64

El proyecto está pensado de forma que se pueden combinar simulaciones FDTD , con verificaciones experimentales de forma casi paralela. Usando para ello una única plataforma de software/hardware (MATLAB<->ELAB-080)

Como se expresó en anteriores apartados para llegar a una solución hardware/software final, en un proyecto de estas características, no se puede hacer de forma directa, si no que se realizan diferentes fases, esta es la justificación para emplear un primer prototipo tan generalista.

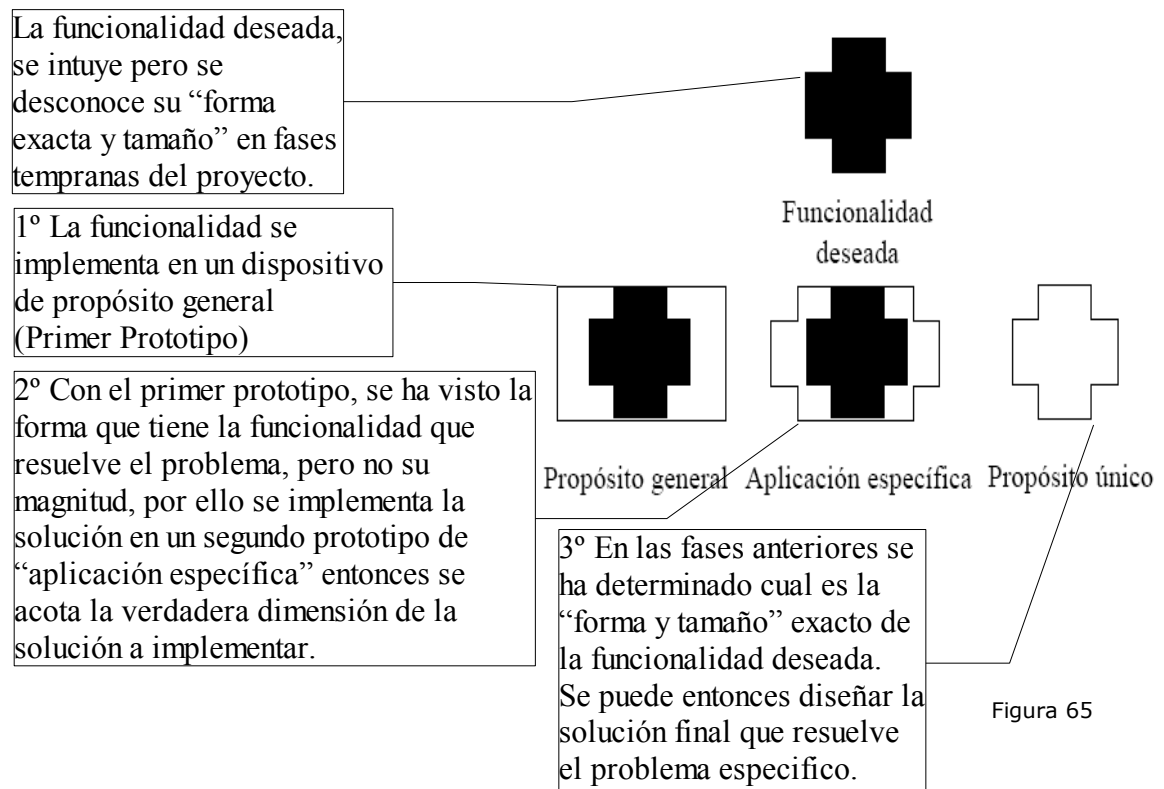


Figura 65

## -4.5.Referencias capitulo 4

<a href="http://www.massa.com/air_articles.htm">AIR / ULTRASONIC ARTICLES</a> <a href="http://www.massa.com/air_articles.htm">http://www.massa.com/air_articles.htm</a>	
Technical Information for the design and operation of Airmar's ultrasonic transducers and T1 Development Board. <a href="http://airmartechonology.com/airmar2005/ex20/UAProducts/UAMain.asp?LinkID=4&amp;NewID=">http://airmartechonology.com/airmar2005/ex20/UAProducts/UAMain.asp?LinkID=4&amp;NewID=</a>	
Empresa de tecnología acústica <a href="http://www.tdt.com/">http://www.tdt.com/</a>	
Empresa distribuidora de tecnologia de ultrasonidos de la empresa Senscomp <a href="http://www.senscomp.com/specsheets.htm">http://www.senscomp.com/specsheets.htm</a> <a href="http://www.neotronic.com">www.neotronic.com</a>	
Calling Generic DLL Functions From MATLAB <a href="http://www.mathworks.com/company/newsletters/news_notes/win03/patterns.html">http://www.mathworks.com/company/newsletters/news_notes/win03/patterns.html</a>	
Examples of MATLAB calling C functions <a href="http://people.sc.fsu.edu/~burkardt/m_src/matlab_c/matlab_c.html">http://people.sc.fsu.edu/~burkardt/m_src/matlab_c/matlab_c.html</a>	
<i>SONAR A ULTRASONS</i> <a href="http://arn.gui.free.fr/sonar.htm">http://arn.gui.free.fr/sonar.htm</a>	
El uso del prototipo en el ciclo de desarrollo de sistema <a href="http://www.monografias.com/trabajos12/proto/proto.shtml">http://www.monografias.com/trabajos12/proto/proto.shtml</a>	
Consideraciones para un prototipo <a href="http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/9711">http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/9711</a>	
SensComp Inst Grade Transducer <a href="http://www.acroname.com/robotics/parts/R13-INST.html">http://www.acroname.com/robotics/parts/R13-INST.html</a>	
SensComp Specification Sheets <a href="http://www.senscomp.com/specsheets.htm">http://www.senscomp.com/specsheets.htm</a>	
UltraSonic Radar <a href="http://www.electronics-lab.com/projects/sensors/007/">http://www.electronics-lab.com/projects/sensors/007/</a>	
Ultrasonic sensors <a href="http://www.educypedia.be/electronics/sensorsultra.htm">http://www.educypedia.be/electronics/sensorsultra.htm</a>	
Sensor circuits: sound circuits <a href="http://www.educypedia.be/electronics/circuitssound.htm">http://www.educypedia.be/electronics/circuitssound.htm</a>	
Buzzers - Piezoelectric sound devices <a href="http://www.educypedia.be/electronics/buzzers.htm">http://www.educypedia.be/electronics/buzzers.htm</a>	
Loudspeakers <a href="http://www.educypedia.be/electronics/loudspeakers.htm">http://www.educypedia.be/electronics/loudspeakers.htm</a>	
Transductor <a href="http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/transductor.htm">http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/transductor.htm</a>	
Sensores acústicos <a href="http://www.directindustry.es/cat/medida-sensores-acustica-vibracion-optica-radiacion/sensores-acusticos-AJ-311.html">http://www.directindustry.es/cat/medida-sensores-acustica-vibracion-optica-radiacion/sensores-acusticos-AJ-311.html</a>	

Sensores de nivel sin contacto: por radar, por ultrasonidos, por laser... <a href="http://www.directindustry.es/cat/medida-sensores-caudal-presion-temperatura-nivel/sensores-de-nivel-sin-contacto-por-radar-por-ultrasonidos-por-laser-AB-907.html">http://www.directindustry.es/cat/medida-sensores-caudal-presion-temperatura-nivel/sensores-de-nivel-sin-contacto-por-radar-por-ultrasonidos-por-laser-AB-907.html</a>	
<a href="http://www.alibaba.com/showroom/Ultrasonic_Transducer.html">Ultrasonic Transducer</a> <a href="http://www.alibaba.com/showroom/Ultrasonic_Transducer.html">http://www.alibaba.com/showroom/Ultrasonic_Transducer.html</a>	
Interfaz hombre máquina <a href="http://www.cwonline.com">http://www.cwonline.com</a> <a href="http://www.3dvrm.com/vr_starter_kit/main/p5_demo.jpg">www.3dvrm.com/vr_starter_kit/main/p5_demo.jpg</a>	
Enlace a sitios de electrónica y temas relacionados clasificados según tipo de información que ofrecen <a href="http://www.comunidadelectronicos.com/sitios.htm">http://www.comunidadelectronicos.com/sitios.htm</a>	
DSPs and advanced noise suppression <a href="http://www.dsp-fpga.com/articles/id/?3873">http://www.dsp-fpga.com/articles/id/?3873</a>	
Ultrasound array Analog-Devices <a href="http://www.analog.com/library/analogdialogue/archives/41-07/ultrasound.html">http://www.analog.com/library/analogdialogue/archives/41-07/ultrasound.html</a>	
Software de prototipado electrónico <a href="http://fritzing.org/">http://fritzing.org/</a>	
ELAB-080 <a href="http://www.dynoninstruments.com/products_elab080.php">http://www.dynoninstruments.com/products_elab080.php</a>	
ELAB-080 Specifications <a href="http://www.dynoninstruments.com/downloads/documents/ELAB_Specifications.pdf">http://www.dynoninstruments.com/downloads/documents/ELAB_Specifications.pdf</a>	
ELAB-080 user guide <a href="http://www.osciloscopy.com/resources/elab/ELAB080userguideENG.pdf">http://www.osciloscopy.com/resources/elab/ELAB080userguideENG.pdf</a>	
Programa con Visual C++ Para hardware ELAB-080 <a href="http://www.nerdhouse.org/ELAB-080/">http://www.nerdhouse.org/ELAB-080/</a>	
Distribuidores con P.V.P (componentes electrónica): <a href="http://www.farnell.com">http://www.farnell.com</a> <a href="http://www.rs-amidata.com">http://www.rs-amidata.com</a>	
-INTRODUCCIÓN A LOS DSP'S VALPARAÍSO, 19 DE FEBRERO DE 2003	
-Procesadores Media, DSP y GPPs	
-Apuntes Proyectos, ITTSE	
-Apuntes SEM, ITTSE	
libros	
Alta Fidelidad (Ed. ceac)	1991
Manual de Transductores (Ed. ceac)	1991
Handbook for sound engineers (Focal Press)	2002



## **-5.Conclusiones**

Que se puede hacer a partir de ahora

### **-5.1.Viabilidad**

### **-5.2.Recomendaciones del Proyectista**

## **-5.1.Viabilidad**

El tema de la economía, ha sido una constante en el planteamiento del proyecto, ya que no se puede desarrollar un proyecto de estas características sin considerar las cuestiones económicas, al menos es así en un contexto social actual.

Por ello, desde el principio se ha considerado que en mercado como el Español, un avance en los dispositivos para ayuda a los discapacitados, siempre es popular y relativamente bien aceptado, aunque no sea destinado a un gran numero de personas. Por esto último, el tema del marketing adquiere menos importancia que en proyectos de electrónica de consumo de masas.

Esto no significa que no tenga importancia, si no que el planteamiento es diferente, y las vías de difusión de el proyecto son diferentes.

La financiación puede proceder de varias fuentes, ya sean públicas o privadas dependiendo de las políticas del momento o de ambas. Por ejemplo una región puede aprobar una ley para financiar este tipo de iniciativas, o puede que no se de nunca.

En lo que al sector privado se refiere, hay asociaciones que apoyan de forma sistemática, iniciativas de este tipo, pero para conseguir la financiación hay que pasar por una serie de procedimientos y criterios administrativos.

Lo dicho anteriormente significa que a priori no hay financiación garantizada, pues este proyecto no esta en el marco de ninguna empresa o institución (esta concebido en el marco de la Universitat del València, pero esto no es sinónimo de que se financie el desarrollo del mismo).

Esto implica que antes de poder desarrollar este proyecto es necesario buscar una fuente de financiación, ya sea privada o publica, o una empresa dispuesta a desarrollar dicha tecnología, en cuyo caso se trataría de "vender" el proyecto a una empresa capaz de desarrollarlo.

O si se tratara de un proyecto "Open Source" despertar el interés de las empresas del sector, o individuos, interesados capaces de desarrollar la tecnología. (esto ultimo es una forma innovadora de desarrollar una tecnología/proyecto)

Para explicar un poco más este concepto, diré que al usar una invención "libre" de otra persona y mejorarla, para garantizar que quede libre para su uso industrial o de cualquier tipo, hay que divulgarlo públicamente en alguno de los medios que se tienen en consideración legalmente, anulando esto, cualquier intento de patente posterior.

La utilidad del proyecto solo la puede demostrar el tiempo, pero los continuos intentos y antecedentes, muestran que es un tema que despierta un interés entre técnicos y científicos, lo que no significa que sea de igual de interesante por parte de los usuarios a los que va dirigido.

Para realizar tareas de este tipo, existen asociaciones del tipo:

ASPREH

"Asociación de Profesionales de la Rehabilitación de Personas con Discapacidad Visual."

<http://www.aspreh.org>

En un hipotético desarrollo se podría contactar con ellos para que encargaran tareas de evaluación de prototipos por parte de los verdaderos usuarios.

La viabilidad de la solución ha sido justificada en fases anteriores, pero aquí expresaré mi opinión acerca de la viabilidad:

El proyecto es viable técnicamente, pero al requerir de una fase de desarrollo y experimentación relativamente costosa, puede ser complejo conseguir una fuente de financiación dispuesta a invertir en ello, más sabiendo que no es un producto destinado al consumo de masas. Esto no significa que alguien al que no va destinado este producto le parezca interesante, y le aplique otros usos no contemplados en este proyecto. Lo que cambiaría el planteamiento de futuras fases, en función de la aplicación.

## **-5.2.Recomendaciones del Projectista**

El Prototipo propuesto requiere de unos conocimientos de programación que no todo el mundo tiene, pero que el autor asume que los técnicos destinados a desarrollar este proyecto, tienen unos conocimientos básicos de programación, suficientes para desarrollar con éxito el dispositivo final.

Tal y como esta planteado en el proyecto se presentan unas herramientas y se ha preparado un sistema para empezar a trabajar, dejando la libertad y creatividad del programa así como de soluciones posteriores o incluso mejores, para el técnico de desarrollo. En este proyecto no se propone una solución definitiva, si no que se dan las ideas o directrices de diseño para que cualquier técnico pueda aportar su creatividad a la solución final.

Para desarrollar el proyecto de forma adecuada, debería de existir un equipo humano de expertos en su respectivas materias, capaz de aplicar sus conocimientos al desarrollo de la solución, trabajando de forma coordinada sobre el proyecto.

Altamente recomendado contactar con expertos en rehabilitación para invidentes, esto es para llevar una linea de desarrollo realista y conectada con las necesidades de los usuarios para los que se diseña.

En cuanto a las fases posteriores, decir que el diseño del primer prototipo planteado, tiene una gran versatilidad, y es muy posible que se quede obsoleto de forma rápida, pero permite evaluar antes de pasar a fases posteriores, que tipo de solución se va a implementar, o cual va a ser la linea de desarrollo. Por ello futuros técnicos han de tener en cuenta que cuando les llegue este trabajo para su desarrollo, es posible que ya existan soluciones mucho mejores en el mercado. Recomendable hacer una "puesta al día" de lo puntos tratados en este proyecto antes de ponerse a desarrollarlo.

Hacer una estimación de costes en este punto sería arriesgado, ya que el autor no posee la experiencia necesaria para ello, por lo que la tarea de hacer el proyecto de ejecución con tareas, tiempos, hitos, etc. Debería realizarse con el asesoramiento de un experto, por ello recomiendo también contactar con expertos de planificación de proyectos, para hacer una correcta estimación tanto de costes como de tiempos.

## **-6.Referencias (no mencionadas en otros capítulos)**

Que información he usado y cual puede ser interesante para continuar.

### **-6.1.Fuentes**

### **-6.2.Información de interés para seguir investigando.**

### -6.1.Fuentes

Recursos electrónicos UV <a href="http://biblioteca.uv.es/castellano/recursos_electronicos/com_accedir.php">http://biblioteca.uv.es/castellano/recursos_electronicos/com_accedir.php</a>	
Buscador de imágenes de Google.	
Enlace a sitios de electrónica y temas relacionados clasificados según tipo de información que ofrecen <a href="http://www.comunidadelectronicos.com/sitios.htm">http://www.comunidadelectronicos.com/sitios.htm</a>	
Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) <a href="http://www.oepm.es">http://www.oepm.es</a>	
European Patent Office <a href="http://ep.espacenet.com">http://ep.espacenet.com</a>	
Normativa PFC ETSE <a href="http://centros.uv.es/web/centros/etse/valenciano/estudios/instrucciones_centro.xml">http://centros.uv.es/web/centros/etse/valenciano/estudios/instrucciones_centro.xml</a>	
THESIS WRITING AT THE TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	2006

## **-6.2.Información de interés para seguir investigando.**

El campo de la psicoacústica, neurología, cibernética, biónica, etc. Son fuentes de información para tener en consideración para futuros proyectos similares, es una área de investigación que está continuamente en expansión de conocimiento, por lo que es fácil que un proyecto de este tipo, quede obsoleto en poco tiempo, tener en consideración que se pueden optimizar cualquiera de las partes del mismo, haciendo que sobre la idea principal aparezcan mejoras que abaraten y mejoren el dispositivo inicial, como ejemplo pongo la evolución de los computadores, los cuales empezaron siendo aparatosos grandes, caros, pesados y solo accesibles a los expertos entrenados. Hoy en día casi cualquier electrodoméstico que tenemos en nuestras casas tiene un "familiar descendiente" de aquel primer proyecto inicial. Haciendo que la técnica haga evolucionar considerablemente una idea aparentemente inviable en el momento de plantearla. Una idea que fue algo inviable en el pasado, hoy es una realidad. Manteniendo pues esto como motivación para cualquier proyecto que se plantee en el futuro.

## Referencias **6.2**

El blog del autor: <a href="http://efrenblog.blogspot.com">http://efrenblog.blogspot.com</a>
Contra el monopolio de las ideas (recorte de prensa de Público, 19/04/09 tesis de economistas) <a href="http://www.publico.es/ciencias/219851/monopolio/ideas">http://www.publico.es/ciencias/219851/monopolio/ideas</a>
Datos curiosos sobre los sentidos en los ciegos <a href="http://www.infociegos.com/espanol/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=27&amp;Itemid=55">http://www.infociegos.com/espanol/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=27&amp;Itemid=55</a>
<u>VISION CIEGA: EL SEXTO SENTIDO DE ALGUNOS INIDENTES</u> <a href="http://humorvitreo-optica.blogspot.com/2009/01/vision-ciega-el-sexto-sentido-de.html">http://humorvitreo-optica.blogspot.com/2009/01/vision-ciega-el-sexto-sentido-de.html</a>
Asociación que apoya a los profesionales que trabajan por la integración de los discapacitados visuales. <a href="http://www.aspreh.org">http://www.aspreh.org</a>
Lab_VIEW V8.6 <a href="http://www.mediafire.com/?sharekey=baccec7057ec0cdcd1014a7a667fa2b47ef16a68a935a89f5be6ba49b5870170">http://www.mediafire.com/?sharekey=baccec7057ec0cdcd1014a7a667fa2b47ef16a68a935a89f5be6ba49b5870170</a>
MATLAB 7.0 <a href="http://www.mediafire.com/?sharekey=baccec7057ec0cdcd1014a7a667fa2b47ef16a68a935a89f5be6ba49b5870170">http://www.mediafire.com/?sharekey=baccec7057ec0cdcd1014a7a667fa2b47ef16a68a935a89f5be6ba49b5870170</a>
VISUAL_STUDIO 6.0 <a href="http://www.mediafire.com/?sharekey=baccec7057ec0cdcd1014a7a667fa2b47ef16a68a935a89f5be6ba49b5870170">http://www.mediafire.com/?sharekey=baccec7057ec0cdcd1014a7a667fa2b47ef16a68a935a89f5be6ba49b5870170</a>
Labview Data Acquisition Basics Manual, National Instruments, 2000



## **-Epilogo**

A día de hoy el autor conoce de la existencia de otros proyectos similares en marcha en la otras instituciones, lo que significa que el tema es, al parecer, de actualidad, esto no significa que este trabajo quede obsoleto rápidamente. Aquí se apuesta por una solución, que no es como las que ya existen, si no que apuesta por introducir mayor control sobre la señal emitida por parte del usuario.

En las soluciones estudiadas por el autor, el control de la señal es relativamente limitado.

También es novedoso el desplazamiento de la zona de recepción sensorial a la mano, estos hechos aportan algo a las soluciones ya existentes, sin ser una novedad en su planteamiento.

Puede ser interesante comentar la historia de este proyecto, para comprender cuales son sus fundamentos y motivaciones principales. La primera idea, surgió pensando en una detección automática basada en ondas electromagnéticas, para ayudas a la navegación, pasó el tiempo, y dado el desconocimiento del autor del proyecto, de los fenómenos físicos asociados a las ondas electromagnéticas, decidió proponer un proyecto basado en detección por sonido, que tiene características, similares al proyecto indicado anteriormente.

Las características propias de la acústica en el aire, hacen que el proyecto no sea aplicable a vehículos móviles con velocidades relativamente elevadas.

Por este motivo, tuve que buscar una nueva aplicación.

Ya que un proyecto de estas características, ha de tener una aplicación para su justificación.

Al trasladar el proyecto al ámbito de los ultrasonidos, podemos empezar a trabajar con menos recursos económicos.

Esto significa también que se puede destinar a fines educativos, lo que implica que lo aprendido en este proyecto puede servir para resolver una cantidad muy grande de problemas.

Permitiendo la accesibilidad a la tecnología de la ecolocación a un gran numero de personas.

El autor ha de mencionar que ha tenido sentimientos de rechazo moral estudiando alguno de los datos procedentes de experimentos fisiológicos, en los que en algunos casos, no se trata adecuadamente a los animales.

Lo que aquí aparece escrito es el resultado de mi trabajo, y mis conocimientos actuales, pudiendo ser mejorado, corregido y/o ampliado, por los expertos en cada una de las materias.

Para cualquier comentario contactar con, [eferemail@gmail.com](mailto:eferemail@gmail.com)



## **-Anexos**

Información fuera de la exposición razonada del proyecto de importancia para el mismo.

**-A.Métodos en detalle**

**-B.Programas, Algoritmos en detalle**

**-C.Datos adicionales**

## **-A. Métodos en detalle**

Para buscar la documentación he procedido de la siguiente forma: Buscar en las publicaciones científicas a las que esta suscrita la universidad de Valencia (en formato electrónico) como por ejemplo la sociedad americana para la acústica, el grupo IEEE y todas sus publicaciones.

Introduciendo palabras clave como "bat, sonar, chiroptera, blind aid" normalmente las búsquedas se centran en el título del artículo, y en el resumen, y no en el texto del artículo.

De los resultados obtenidos, realizar una primera selección, en función del criterio de cuan relevante podría ser cada artículo, para el trabajo. Después, realizar una lectura rápida para verificar correcta elección. Posteriormente, estudiar los que se han considerado interesantes, con un poco más de detenimiento.

En cuanto a los libros, procedí a realizar una búsqueda, por las estanterías de la biblioteca, en las secciones de física y de electrónica. Referencias del tipo:

Ondas, acústica, sensores, etc.

Procediendo también por el método de busca en catálogo electrónico de la biblioteca.

Me suscribí a blogs con contenido tecnológico, usando el sistema RSS, para ver las posibles novedades relativas a la tecnología para ciegos. Me configuré alertas de búsquedas con herramientas de google, para que me avisara cuando aparecieran en sus búsquedas palabras clave como las nombradas anteriormente.

También ha sido habitual ojear las publicaciones a las que he tenido acceso de forma esporádica.

También he de nombrar, que gente de mi entorno, que al conocer mis proyectos, me ha proporcionado en ocasiones información de interés.

Las búsquedas en Internet han sido usadas también.

He de mencionar que un método para mantener informado al director del proyecto (y de paso a cualquier persona interesada) ha sido escribir en un Blog propio, diferentes artículos de seguimiento, e informativos. La dirección del blog es:

El blog del autor: <a href="http://efrenblog.blogspot.com">http://efrenblog.blogspot.com</a>	
---	--

Toda la información con la que ido trabajando la he recopilado en el DVD adjunto al proyecto.

## -B. Programas, Algoritmos en detalle

Los programas informáticos que aquí se anexan han sido desarrollados hasta la fecha de entrega del presente documento, lo que significa que hay mucho trabajo por hacer aun para hacerlos óptimos para el desarrollo del proyecto, pero aquí se adjuntan para proporcionar una idea del trabajo realizado, así de como parara indicar cual es la línea de desarrollo que se recomienda.

### MATLAB

#### Algoritmo FDTD 1D

```
close all;
clear all;
spatialWidth=100; temporalWidth=2;
p=zeros(spatialWidth+1,temporalWidth);
v=zeros(spatialWidth+1,temporalWidth);
length=2;
dx=length/spatialWidth;
c=340;
dt=dx/c;
rho=1.21;
K=rho*c^2
duration=0.1;
iterations=duration/dt;
excitationPoint=2;%spatialWidth/2;
xPML=2;
for n=2:iterations
    t=n*dt;
    for i=2: spatialWidth-1
        if i>(spatialWidth-xPML)
            xi=xPML-(spatialWidth-i);
            a0=log(10)/(K*dt);
            a1=a0*(xi/xPML)^2;
            a2=a0*((xi-1/2)/xPML)^2;
            p(i,1)=exp(-(a1*K)*dt)*p(i,2)-(1-exp(-(a1*K)*dt))/(a1*K)*K*1/
                dx*(v(i+1,2)-v(i,2));
            v(i,1)=exp(-(a2*K)*dt)*v(i,2)-(1-exp(-(a2*K)*dt))/(
                (a2*K)*(1/rho)*1/dx*(p(i,1)-p(i-1,1)));
        else
            p(i,1)=p(i,2)-K*dt/dx*(v(i+1,2)-v(i,2));
            if i==excitationPoint
                %p(i,1)=cos(2*pi*500*t);
                sigma=0.0005;
                t0=3*sigma;
                fs=exp(-(t-t0)/0.0005)^2);
                p(i,1)=fs;
            end
            v(i,1)=v(i,2)-(1/rho)*dt/dx*(p(i,1)-p(i-1,1));
        end
        p(i,2)=p(i,1);
        v(i,2)=v(i,1);
    end
    plot(p(:,2))
    axis([0 spatialWidth -2 2]);
    frame = getframe();
end
```

## Herramientas de control de la tarjeta de sonido, funciones de prueba, funciones básicas.

### Test out con tarjeta de sonido.

```
clear all
close all
AO = analogoutput('winsound');
out = daqhwinfo(AO)
out = daqhwinfo('winsound')
chanout1 = addchannel(AO,1);
chanout2 = addchannel(AO,2);

durationout = 4;
set(AO,'SampleRate',8000)
set(AO,'TriggerType','Manual')
ActualRateout = get(AO,'SampleRate');
len = ActualRateout*durationout;
dataout = [sin(linspace(0,2*pi*1000,len))'
sin(linspace(0,2*pi*2000,len))'];
putdata(AO,dataout)
start(AO)
trigger(AO)
wait(AO,5)
delete(AO)
clear AO
disp('Data Out finalizado. Pulse una tecla...')
pause

AI = analoginput('winsound');
chanin1 = addchannel(AI,1);
chanin2 = addchannel(AI,2);

durationin = 4; %1 second acquisition
set(AI,'SampleRate',8000)
ActualRatein = get(AI,'SampleRate');
set(AI,'SamplesPerTrigger',durationin*ActualRatein)
set(AI,'TriggerType','Manual')
blocksizein = get(AI,'SamplesPerTrigger');
Fs = ActualRatein;
start(AI)
trigger(AI)
wait(AI,durationin + 1)
datain = getdata(AI);
delete(AI)
clear AI

disp('Data in finalizado. Pulse una tecla...')
pause

[f,mag] = daqdocfft(datain,Fs,blocksizein);
plot(f,mag)
grid on
ylabel('Magnitude (dB)')
xlabel('Frequency (Hz)')
title('Frequency Components of Tuning Fork')
sound(datain,Fs)
```

## Test de tarjeta de sonido con MatLab Data Acquisition Toolbox

```
clear all
close all
AO = analogoutput('winsound');
AI = analoginput('winsound');
chanout1 = addchannel(AO,1);
chanin1 = addchannel(AI,1);
chanin2 = addchannel(AI,2);
durationout = 2;
durationin = 2; %2 second acquisition

set(AO,'SampleRate',96000)
set(AI,'SampleRate',96000)
set(AO,'TriggerType','Manual')
set(AI,'TriggerType','Manual')
ActualRateout = get(AO,'SampleRate');
ActualRatein = get(AI,'SampleRate');
blocksizein = get(AI,'SamplesPerTrigger');
set(AI,'SamplesPerTrigger',durationin*ActualRatein)
len = ActualRateout*durationout;
Fsin = ActualRatein;

dataout = sin(linspace(0,2*pi*6000,len))';
putdata(AO,dataout)
start(AO)
trigger(AO)
start(AI)
trigger(AI)
wait(AI,durationin + 1)
datain = getdata(AI);
wait(AO,5)

[f,mag] = daqdocfft(datain,Fsin,blocksizein);
plot(f,mag)
grid on
ylabel('Magnitude (dB)')
xlabel('Frequency (Hz)')
title('Frequency Components of Tuning Fork')
sound(datain,Fsin)

%out = daqhwinfo('winsound')
%out = daqhwinfo(AO)
%out = daqhwinfo(AI)
delete(AO)
clear AO
delete(AI)
clear AI
```

## Herramientas de control ELAB-080 con MATLAB

### Archivo de cabecera ElabDLL.h

```
bool GetHWStatus();
bool GetSerialNumber(long *SerialNumber);
int SetAnalogChannels(int CH1Gain, int CH2Gain, bool CH1Couple, bool CH2Couple,
bool CH1Multiplier, bool CH2Multiplier);
long SetDSODCOffsets(double CH1DCOffVoltage, double CH2DCOffVoltage);
double SetDSOLASampleRate(double DesiredFreq);
int CaptureDSODData(unsigned int total_blocks, unsigned int pre_trigger_blocks, unsigned
int trigger_channel, double trigger_value, unsigned int auto_roll, long
OverrideOtherClocks);
long RetrieveDSODData(unsigned char whatchannels, double *DSOCH1, double
*DSOCH2, unsigned short *LADATA, unsigned char Nth_Sample);
float SetUPPS1(float Voltage);
float SetUPPS2(float Voltage);
int GetUPPSOverload();
double SetProgClocks (char Switch, double Frequency1, double Frequency2, double
*Freq1Actual, double *Freq2Actual, long OverrideClocks);
long SetupAWG(double *AnalogVoltage, short *DigitalData, long BufferSize, double
DCOffsetVoltage, double SampleFrequency, long Use4xGain, double OutputImpedance,
long Repeat, long Triggered, long OverrideOtherClocks);
long AWGStart(long OverrideOtherClocks);
long AWGStop();
```



## Script de llamada de prueba a cada una de las funciones de la librería de enlace dinámico (DLL)

```
%uso de las funciones en la libreria ElabDLL

[notfound,warnings]=loadlibrary('ElabDLL.dll', 'ElabDLL.h')
libfunctions ElabDLL
libfunctions ElabDLL -full
libfunctionsview ElabDLL

%1
%C prototipe
%bool GetHWStatus()
%Matlab Prototipe
%bool GetHWStatus

a=calllib('ElabDLL', 'GetHWStatus')

%2
%C prototipe
%bool GetSerialNumber(long *SerialNumber)
%Matlab Prototipe
%[bool, longPtr] GetSerialNumber(longPtr)

x = 15;
xp = libpointer('longPtr', x);
get(xp)
b=calllib('ElabDLL', 'GetSerialNumber',xp)
get(xp, 'Value')

%3
%C prototipe
%int SetAnalogChannels(int CH1Gain, int CH2Gain, bool CH1Couple, bool
CH2Couple, bool CH1Multiplier, bool CH2Multiplier)
%Matlab Prototipe
%int32 SetAnalogChannels(int32, int32, bool, bool, bool, bool)

intA=200; %Ch1 mV/div Possible values are 10, 20, 50, 100, 200, 500
intB=200; %Ch2 mV/div Possible values are 10, 20, 50, 100, 200, 500
boolA=0; %Ch1 DC(1)/AC(0)
boolB=0; %Ch2 DC(1)/AC(0)
boolC=0; %Ch1 probe 10X(1)/1X(0)
boolD=0; %Ch2 probe 10X(1)/1X(0)
ReturnInt=calllib('ElabDLL', 'SetAnalogChannels', intA, intB, boolA,
boolB, boolC, boolD)

% ReturnInt=1 Ch1 incorrect value =2 Ch2 incorrect value =0 Success

%4 REVISAR !!!
%C prototipe
%long SetDSODCOffsets(double CH1DCOffVoltage, double CH2DCOffVoltage)
%Matlab Prototipe
%long SetDSODCOffsets(double, double)

% The range allowed is +/- (5*V/div setting).
% Thus in 5V/div, you can set to +/-
% 25V, in 20mV/div, this can be set to +/- 100mV.
```

```

doubleA=0; %Ch1 offset
doubleB=0; %Ch2 offset
ReturnLong=calllib('ElabDLL', 'SetDSODCOffsets', doubleA, doubleB)

%5
%C prototipe
%double SetDSOLASampleRate(double DesiredFreq)
%Matlab Prototipe
%double SetDSOLASampleRate(double)

doubleA=200000; %Frecuencia de muestreo del DSO desde 8KHz a 400MHz
ReturnDouble=calllib('ElabDLL', 'SetDSOLASampleRate', doubleA)
% returndoble Devuelve el valor asignado para el muestreo

%6 REVISAR !!!
%C prototipe
%int CaptureDSOData(unsigned int total_blocks, unsigned int
pre_trigger_blocks, unsigned int trigger_channel, double trigger_value,
unsigned int auto_roll, long OverrideOtherClocks)
%Matlab Prototipe
%int32 CaptureDSOData(uint32, uint32, uint32, double, uint32, long)

uintA=7; %Numero de Bloques 1 a 32 de 1K
uintB=1; %Numero de bloques antes del trigger
uintC=1; % 0 no Trigger, 1 Ch2, 2 Ch2, 3 LA
doubleA=0;
%This value is in volts if the trigger is a DSO trigger, and in bits if a
%LA trigger. The trigger must be "on screen", which is +/- 5 divisions
from the current DC
%offset. If the trigger is an LA trigger, only the least significant 4
bits are used, and one of
%these bits must be a "1"
uintD=1; % if 1 auto trigger, if 0 wait for the trigger
longA=1; % si es 0 no fuerza el cambio de los valores de reloj, 1 fuerza
cambio de valores de relojes en el dispositivo...
ReturnInt=calllib('ElabDLL', 'CaptureDSOData',uintA, uintB, uintC,
doubleA, uintD, longA)

%7 REVISAR !!!
%C prototipe
%long RetrieveDSOData(unsigned char whatchannels, double *DSOCH1, double
*DSOCH2, unsigned short *LADATA, unsigned char Nth_Sample)
%Matlab Prototipe
%[long, doublePtr, doublePtr, uint16Ptr] RetrieveDSOData(uint8,
doublePtr, doublePtr, uint16Ptr, uint8)

uintA=1; %Mascara de bits con los canales que se leeran The LSB is DSO
CH1, bit 1 is DSO CH2, bit 2 is LA CH0-7, bit 3 is LA CH8-15
x = zeros(1, 7000);
doublePtrA = libpointer('doublePtr',x);
doublePtrB = libpointer('doublePtr',x);
uint16PtrA = libpointer('uint16Ptr',x);
uintB=1; %Allows the programmer to download only every Xth Set to "1" to
download all data. Can range from 1-255
ReturnLong=calllib('ElabDLL', 'RetrieveDSOData', uintA, doublePtrA,
doublePtrB, uint16PtrA, uintB)
get(doublePtrA)

```

```

%8
%C prototipe
%float SetUPPS1(float Voltage)
%Matlab Prototipe
%single SetUPPS1(single)

singleA=4.1;
ReturnSingle=calllib('ElabDLL', 'SetUPPS1', singleA)

%9
%C prototipe
%float SetUPPS2(float Voltage)
%Matlab Prototipe
%single SetUPPS2(single)

singleA=9;
ReturnSingle=calllib('ElabDLL', 'SetUPPS2', singleA)

%10
%C prototipe
%int GetUPPSOverload()
%Matlab Prototipe
%int32 GetUPPSOverload

ReturnInt=calllib('ElabDLL', 'GetUPPSOverload')

%11
%C prototipe
%double SetProgClocks (char Switch, double Frequency1, double Frequency2,
double *Freq1Actual, double *Freq2Actual, long OverrideClocks)
%Matlab Prototipe
%[double, doublePtr, doublePtr] SetProgClocks(int8, double, double,
doublePtr, doublePtr, long)

intA=1; %0 for programable cloks off, 1 for turn on the cloks
doubleA=40000000; %configura valor reloj 1
doubleB=50000000; %configura valor reloj 2
x = 0;
doublePtrA = libpointer('doublePtr', x); %retrorna valor establecido de
reloj 1
doublePtrB = libpointer('doublePtr', x); %retrorna valor establecido de
reloj 2
longA=1; %0 devuelve un error si no se puede configurar, con 1 la función
fuerza el cambio de valor en los relojes

ReturnDouble=calllib('ElabDLL', 'SetProgClocks',intA, doubleA, doubleB,
doublePtrA, doublePtrB, longA)
get(doublePtrA) %muestra contenido del puntero y su tipo doublePtrA
% 0 failure, 1 success

%12
%C prototipe
%long SetupAWG(double *AnalogVoltage, short *DigitalData, long
BufferSize, double DCOffsetVoltage, double SampleFrequency, long
Use4xGain, double OutputImpedance, long Repeat,long Triggered, long
OverrideOtherClocks)
%Matlab Prototipe

```

```

%[long, doublePtr, int16Ptr] SetupAWG(doublePtr, int16Ptr, long, double,
double, long, double, long, long, long)

x = 0;
doublePtrA = libpointer('doublePtr', x); %analog data +-1.25V or +-5V
int16PtrA = libpointer('int16Ptr', x); %digital data (5 bits)
longA=0; %Number of samples to play
doubleA=0; % DC offset
doubleB=50000; % play frequency
longB=0; % 0 para modo 1X , 1 para modo 4X , steep 2.5mV / 10mV
doubleC=50; %impedancia de Salida
longC=1; % 1 to repeat the wave, 0 for only one time
longD=0; % 1 to play only if trigger input is on, 0 to play when AWGStart
is Called
longE=1; % 0 to return fail if can't perform the clock change, 1 if force
the change
ReturnLong=calllib('ElabDLL', 'SetupAWG', doublePtrA, int16PtrA, longA,
doubleA, doubleB, longB, doubleC, longC, longD, longE)
get(doublePtrA) %muestra contenido del puntero y su tipo doublePtrA
% "1" if successful, "0" if failure occurs.

%13
%C prototipe
%long AWGStart(long OverrideOtherClocks)
%Matlab Prototipe
%long AWGStart(long)
longA=0;% 0 to return fail if can't perform the clock change, 1 if force
the change
ReturnLong=calllib('ElabDLL', 'AWGStart', longA)
% "1" if successful, "0" if failure occurs.

%14
%C prototipe
%long AWGStop()
%Matlab Prototipe
%long AWGStop
ReturnLongt=calllib('ElabDLL', 'AWGStop')
% "1" if successful, "0" if failure occurs.

% unloadlibrary ElabDLL

```

### **-C. Datos adicionales, "Datasheets" componentes prototipo.**

Se puede encontrar información de interés para el proyecto, en el DVD entregado junto a el.

El DVD se puede encontrar dentro del sobre pegado en la parte trasera de la portada de este documento.

Además a continuación se puede encontrar impresa la documentación técnica básica para entender como funciona el prototipo.

Corresponde a los datos de los fabricantes de los componentes en los que me baso para hacer el diseño.



## **DLL Functions**

### **GetHWStatus**

Prototype: bool GetHWStatus()

Usage:

This function checks to see if the ELAB-080 hardware is present and has power. This will return a 0 if the Elab HW is not found or if it does not have power. It will return a 1 if the Elab-080 is detected and has power.

This does not have to be called for the system to work correctly.

### **GetSerialNumber**

Prototype: bool GetSerialNumber(long \*SerialNumber)

Usage:

This function gets the serial number from the Elab. This function returns a "1" and the serial number in the "SerialNumber" pointer when the serial number is successfully read. When a failure occurs, "0" is returned in both fields.

Each time the DLL is called, it looks for the first Elab-080 it can find. If multiple Elab's are plugged into a single PC, each can be accessed individually by running multiple instances of the DLL. This function can help you determine which Elab you are communicating with.

### **SetAnalogChannels**

Prototype: int SetAnalogChannels(int CH1Gain, int CH2Gain, bool CH1Couple, bool CH2Couple, bool CH1Multiplier, bool CH2Multiplier)

Usage: Sets up the analog gain stages, DC/AC coupling, and 1X/10X probes.

Elements:

CHXGain: Possible values are 10, 20, 50, 100, 200, 500 mV/div. Send just the integer to set this value. If in 10X mode, the raw mV/div should be sent, but the results will come back at 100, 200, 500, 1000, 2000, or 5000 V/div since the probe does the division.

Created by U

Edited: 6/21/2005 4:50 PM  
DLL Documentation.doc

Page 3 of 9

CHXCouple: Set to "1" for DC coupling, "0" for AC coupling. The capacitor in the Elab can take a few seconds to stabilize, so switching from DC to AC coupling requires a wait before the results will be correct.

CHXMultiplier: Set to "1" for 10X probes and "0" for 1X probes

Return: "0" if a gain setting isn't an acceptable value, "1" for success

### **SetDSODCOffsets**

Prototype: long SetDSODCOffsets(double CH1DCOffsetV, double CH2DCOffsetV)

Usage: Sets up the DC offset for each DSO channel

Elements:

CHXDCOffsetV: Sets the DC offset as close as possible to the given voltage. This number represents the voltage that will now be the center of the ADC range, i.e. set to 2.5V if you wish for ground to be 2.5V below the center of the screen. The range of DC offset allowed is based on the current gain settings.

The range allowed is +/- (5\*V/div setting). Thus in 5V/div, you can set to +/- 25V, in 20mV/div, this can be set to +/- 100mV.

Return: Sends "0" for success, a "1" if any channel cannot be set to the given voltage.

### **SetDSOLASampleRate**

Prototype: double SetDSOLASampleRate(double DesiredFreq)

Usage: Set the sample rate for the DSO and LA channels

Elements:

DesiredFreq: The frequency, in Hz, that you would like the DSO and LA to sample at. Can range from 1,000Hz to 80MHz. Frequencies above 80MHz will program, and may work, but are not supported by Dynol.

Return: The actual frequency that was set.

### **CaptureDSOData**

Created by U

Edited: 6/21/2005 4:50 PM  
DLL Documentation.doc

Page 4 of 9



Prototype: int CaptureDSOData(unsigned int total\_blocks, unsigned int pre\_trigger\_blocks, unsigned int trigger\_channel, double trigger\_value, unsigned int auto\_roll, long OverrideOtherClocks)

Usage: Used to command the DSO and LA channels to take a capture, based on the current channel settings.

Elements:

total\_blocks: The total number of 1K blocks to capture. Can range from 1-32.

pre\_trigger\_blocks: If the trigger is turned on, how many blocks will occur before the trigger. This ranges from 0 to (total\_blocks - 1). One block must occur after the trigger.

trigger\_channel: A value for what channel to trigger on. "0" for no trigger, "1" for DSO CH1, "2" for DSO CH2, "3" for LA trigger.

trigger\_value: This value is in volts if the trigger is a DSO trigger, and in bits if a LA trigger. The trigger must be "on screen", which is +/- 5 divisions from the current DC offset. If the trigger is an LA trigger, only the least significant 4 bits are used, and one of these bits must be a "1"

auto\_roll: If this is a "1", the Elab will trigger every few seconds even if no trigger is found. This is sometimes helpful for finding a trigger. If this is a "0" the Elab will wait indefinitely until a real trigger is found.

OverrideClocks: Set to "0" if you wish the function to return a "0" if it cannot perform the clock settings. This is usually because the other clocks in the Elab are above or below 10KHz and you are trying to set these clocks in the opposite frequency band. Set this parameter to "1" if you wish for these clock settings to be programmed even if it corrupts other clocks in the Elab.

Return: "1" for success, "0" for failure

### RetrieveDSOData

Prototype: long RetrieveDSOData(unsigned char watchchannels, double \*DSOCH1, double \*DSOCH2, unsigned short \*LADATA, unsigned char Nth\_Sample)

Usage: This command retrieves any previously captured data from the Elab

Elements:

watchchannels: A bitmask of what channels will be active for the capture. The LSB is DSO CH1, bit 1 is DSO CH2, bit 2 is LA CH0-7, bit 3 is LA CH8-15. There is no advantage during the capture to less channels, but there is an advantage to upload speed.

\*DSOCHx: A pointer to an array of voltage points from the DSO channels. This data returned is in fully calibrated volts.

\*LADATA: A pointer to an array of LA data.

Nth\_Sample: Allows the programmer to download only every Xth sample, speeding the upload. Usually used in continuous mode to speed the display. Set to "1" to download all data. Can range from 1-255. It is possible to do a "partial" download and then go back and do a "full" download as long as no capture is taken inbetween.

Return: The number of samples in the DSO and LA arrays. This number may not be (total blocks \* 1024) as some samples at the beginning and end are thrown away for various purposes.

### SetUPPSX

Prototype: float SetUPPS1(float Voltage)  
float SetUPPS2(float Voltage)

Usage:

This function sets the one of the User Programmable Power Supply channels to a given voltage. The range of voltages is from -12V to 12V. Since there are only 255 possible voltage settings, the actual voltage set is returned. The returned voltage is always rounded to one decimal point.

If the voltage is out of range, "9999" is returned. If the hardware is not present or not responding, "10000" is returned.

The Elab-080 is only specified from -10V to +10V, and dependent on the actual calibration of the Elab unit in use, reaching all the way to +12V or -12V may not be possible. Also, if the power supply is current limiting the output voltage may not be the voltage requested. Check "GetUPPSOverload" to see if the power supply is current limiting.

### GetUPPSOverload

Prototype: int GetUPPSOverload()

Usage:



ORION INSTRUMENTS

Checks to see if the User Programmable Power Supplies are current limiting or not. Returns "0" when no current limit, "1" when UPPS1 is limiting, "2" when UPPS2 is limiting, and "3" when both are limiting.

## SetProgClocks

Prototype: double SetProgClocks (char Switch, double Frequency1, double Frequency2, double \*Freq1Actual, double \*Freq2Actual, long OverrideClocks)

Usage:

Sets the User Programmable Clocks to the given frequencies.

Elements:

Switch: Send "0" to turn off the programmable clocks, "1" to turn on.

FrequencyX: Send a frequency, in Hz, from 1000 to 150MHz to set channel X to the closest possible frequency

FreqXActual: Returns the actual frequency set. It's not possible to hit every frequency requested exactly given the Elab's hardware, so this result tells you what frequency was actually programmed. CH1 and CH2 interact with one another, so if you change the frequency on only one channel, expect the other to change from the previous actual frequency.

OverrideClocks: Set to "0" if you wish the function to return a "0" if it cannot perform the clock settings. This is usually because the other clocks in the Elab are above or below 10KHz and you are trying to set these clocks in the opposite frequency band. Set this parameter to "1" if you wish for these clock settings to be programmed even if it corrupts other clocks in the Elab.

Return: "0" for failure, "1" for success. All clocks in the Elab must be at or above 10KHz or below 10KHz at the same time. Failure will occur if you try and set one clock below 10KHz and the other above 10KHz, or if you have not set OverrideClocks and you attempt a setting that would violate this rule with respect to the DSO or AWG clocks.

## SetupAWG

Prototype: long SetupAWG(double \*AnalogVoltage, short \*DigitalData, long BufferSize, double DCOffsetVoltage, double SampleFrequency, long UseXGain, double OutputImpedance, long Repeat, long Triggered, long OverrideOtherClocks)

Created by JJ Edited: 6/21/2005 4:50 PM  
DLL Documentation.doc

Page 7 of 9



ORION INSTRUMENTS

Usage:  
Programs the AWG with the given settings. This function does not actually start the AWG.

Elements:

\*AnalogVoltage: A pointer to an array of voltages for the Analog output of the AWG. These samples will be played in order and will jump from the last sample back to the first one in continuous mode. In 1X mode, this voltage can range +/- 1.25V, in 4X mode these voltages can range +/- 5V. The max output of the AWG into 50 ohms is

\*DigitalData: A pointer to an array of digital data. Only 5 bits of digital output are available on the Elab, so only the five least significant bits of each array element will be used. All others will be discarded.

BufferSize: The number of samples to be played back. This can range from 10-65536.

DCOffsetVoltage: An analog DC offset to be applied to the analog waveform.

SampleFrequency: A frequency, in Hz for the playback rate of the AWG data.

UseXGain: Set to "0" for 1X mode, in which the step size is 2.5mV. Set to 10X mode to increase step size to 10mV.

OutputImpedance: The load that the AWG is driving. Since the AWG is a 50 ohm source, this needs to be set in order to correctly calculate the real output voltage of the AWG into a non-50 ohm load.

Repeat: Set to "1" to play the wave until "AWGStop" is called. Set to "0" to playback once and stop automatically.

Triggered: Set to "1" to only playback when the trigger input is a logic "1". Set to "0" to play back whenever AWGStart is called.

OverrideClocks: Set to "0" if you wish the function to return a "0" if it cannot perform the clock settings. This is usually because the other clocks in the Elab are above or below 10KHz and you are trying to set these clocks in the opposite frequency band. Set this parameter to "1" if you wish for these clock settings to be programmed even if it corrupts other clocks in the Elab.

Return: "0" for failure, "1" for success. All clocks in the Elab must be at or above 10KHz or below 10KHz at the same time. Failure will occur if you try and set one clock below 10KHz and the other above 10KHz, or you have not set OverrideClocks.

Created by JJ Edited: 6/21/2005 4:50 PM  
DLL Documentation.doc

Page 8 of 9





### AWGStart

Prototype: long AWGStart(long OverrideOtherClocks)

Usage:

Starts the AWG running with settings from SetupAWG. If the AWG is in single shot mode, this can be used to restart the AWG as many times as needed.

Elements:

OverrideClocks: Set to "0" if you wish the function to return a "0" if it cannot set the sample clock due to other clock settings. This is usually because the other clocks in the Elab are above or below 10KHz and you are trying to set these clocks in the opposite frequency band. Set this parameter to "1" if you wish for these clock settings to be programmed even if it corrupts other clocks in the Elab.

Return: "1" if successful, "0" if failure occurs.

### AWGStop

Prototype: long AWGStop()

Usage:

Stops the AWG from running.

Elements:

Return: "1" if successful, "0" if failure occurs.

Created by U

Edited: 6/21/2005 4:50 PM  
DLI Documentation.doc

Page 9 of 9



## ELAB-080 Specifications

### Digital Storage Oscilloscope and Logic Analyzer Specifications:

Number of Analog Channels:	2
Number of Digital Channels:	16
Maximum Sample Rate:	80 MS/s
Available Sample Rates:	(1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500)KHz (1, 2, 5, 10, 20, 40, 80)MHz <sup>(1)</sup> 1KHz-80MHz arbitrary sample rates DSO and LA sample synchronously
Maximum Memory Depth:	32K samples
Available Capture Depths:	1K, 2K, 4K, 8K, 16K, or 32K samples <sup>(6)</sup>
Horizontal Range:	2 ns/div to 5 S/div in 1, 2, 5 steps
Trigger Types:	Analog Rising, Analog Falling, Bits 0-3 of Logic Analyzer
Trigger Delay Range:	+/- 100% of full capture length
<b>Analog Channels:</b>	
Vertical Resolution:	8 bits
Input Impedance:	1 M $\Omega$    11pF
Maximum Input [no damage]:	130 V <sub>rms</sub> at BNC connector
Maximum Measurable Signal:	5V peak-peak <sup>(8)</sup>
-3dB analog BW:	DC coupled: DC to 60MHz AC coupled: 1Hz to 60MHz
Vertical Range:	1X probe: 5mV/div to 500mV/div <sup>(2)</sup> 10X probe: 20mV/div to 10V/div <sup>(2)</sup>
Offset Range:	+/- 4 divisions (Full screen)
Trigger Range:	+/- 4 divisions (Full screen)

### ELAB-080 DSO/LA Specifications (continued)

#### Digital Channels:

Vertical Resolution:	1 bit
Input Impedance:	100K $\Omega$    typically 4.5pF, max 40pF
Input Threshold:	$V_{trip} = 2.0V$ , $V_{low} = 0.8V$
Maximum Input:	-0.5 to +7.0V
Virtual Bus Display:	Binary, Decimal, Hex, Octal

#### Arbitrary Waveform Generator Specifications:

Number of Analog Channels:	1
Number of Digital Channels:	5
Max Sample Rate:	100MHz <sup>(1)</sup>
Available Sample Rates:	1KHz to 100MHz, Arbitrary, ~0.36% steps
Max number of samples:	64Ksamples
Available Playback Depths:	10 - 65,536 Samples, inclusive
Playback types:	Single Shot, Repeating, Triggered
Trigger Voltage:	2.6V
Maximum Trigger Input:	-0.5V to +6.5V
Trigger Delay:	typically 7 sample clock cycles
Arbitrary Waveform Input:	Built-in, GUI, or File

### ELAB-080 AWG Specifications (continued)

#### Analog Channel:

Vertical Resolution:	10 bits
Maximum Output Voltage:	+/- 3V (waveform + DC offset) <sup>(2)</sup>
Maximum Waveform Amplitude:	+/- 1.1V (1x mode) <sup>(3)</sup> +/- 3.0V (4x mode)
Minimum Output Step Size:	2.5mV typ. (1x mode) 10mV typ. (4x mode)
DC Offset Range:	+/- 3V <sup>(3)</sup>
Output Impedance:	50 $\Omega$
-3dB Analog Bandwidth:	20 MHz
Internal Waveform Generation:	Sine, Triangle, Square, Sawtooth

#### Digital Channels:

Vertical Resolution:	1 bit
Output Voltages:	0V, 3.3V
Maximum Output Current:	+/- 24mA (per channel)

## ELAB-080 Specifications (continued)

### Clock Generator Specifications:

Number of Digital Channels:	2
Maximum Clock Frequency:	150MHz <sup>(1)</sup>
Available Clock Frequencies:	1KHz to 150MHz, Arbitrary, ~0.36% steps
Output Voltage:	0V, 3.3V
Maximum Output Current:	+/- 24mA (per clock)

### Programmable Power Supply Specifications:

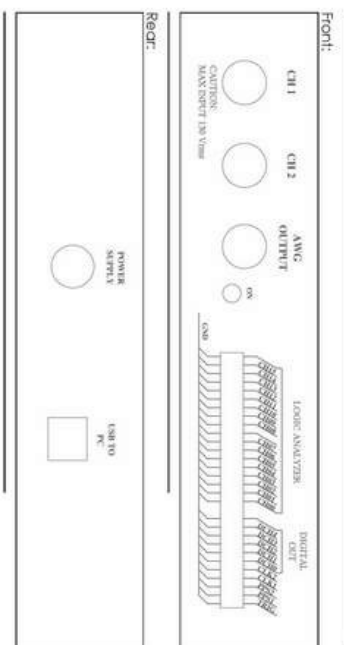
Number of Independent Outputs:	2
Maximum Output Voltage:	+/- 10V
Voltage Adjustment Steps:	+/- 100mV
Voltage Accuracy:	+/- 5mV @ 50mA load
Maximum Output Current:	+/- 60mA <sup>(2)</sup> Typically 100mA @ 3V

### General Specifications:

Power Supply Input Voltage:	105-130VAC, 50-60Hz
Operating Temperature Range:	0 – 104 Degrees F 0 - 40 Degrees C (Non-Condensing)
Dimensions:	7.25" X 4.92" X 1.65" (W X D X H) 184mm X 125mm X 42mm
Weight:	22.4oz, 635g (Elob unit) 25.4oz, 720g (Power Supply)
Time base accuracy	+/- 0.2%
PC Requirements	Windows 98SE, ME, 2000, XP One (1) Free USB port
Connection to PC:	USB v1.1

## ELAB-080 Specifications (continued)

### Panel Connections:



<sup>1</sup> All clocks in share the same base clock. Because of this, **ALL** active clocks (DSO, AWG, user clocks) must be below 100Hz or above 100Hz.

<sup>2</sup> Some ranges are implemented in software. These are 5mV (1%), 20mV (10%), 50mV (10%), and 10V (10%).

<sup>3</sup> These voltages are implemented in software. These are 5mV (1%), 20mV (10%), 50mV (10%), and 10V (10%).

<sup>4</sup> These voltages are with no load. Voltages will be reduced as load increases due to the 50 Ohm output impedance of the AWG.

<sup>5</sup> Current limit is total for (+) voltages and total for (-) voltages independently. For example, it is possible to pull +60mA from one channel and -60mA from the other, but not +60mA and +60mA.

<sup>6</sup> This is the maximum voltage that can be measured at the input connector. This means that with a 10X probe, 50V can be measured, or 500V with a 100X probe. This voltage is peak-peak voltage, and is independent of the DC offset level. For example, with the DC offset = -25V, 0.5V can be measured.

<sup>7</sup> When programming with the DLL, memory is available in 1K increments from 1K-32K.

# Piezoelectric Ceramic Sensors (PIEZOTITE®)



## Ultrasonic Sensors

### Open Structure Type

#### ■ Features

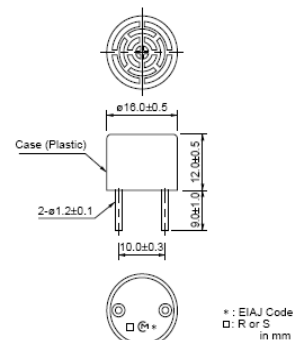
1. Compact and light weight.
2. High sensitivity and sound pressure.
3. Less power consumption.
4. High reliability.

#### ■ Applications

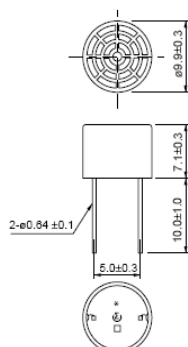
Burglar alarms, Range finders, Automatic doors, Remote control.



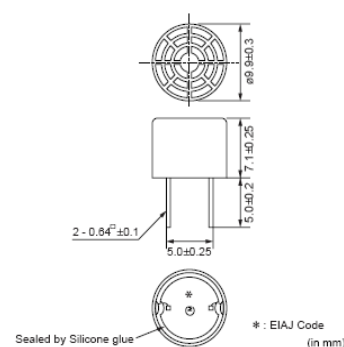
MA40B8R/S



MA40S4R/S



MA40S5



Part Number	Construction	Using Method	Nominal Freq. (kHz)	Overall Sensitivity (mVp-p)	Sensitivity (dB)	S.P.L. (dB)	Directivity (°)	Cap. (pF)	Operating Temp. Range (°C)	Detectable Range (m)	Resolution (mm)	Max. Input Voltage (Vp-p)
MA40B8R	Open struct.	Receiver	40	-	-63 typ. (0dB=10V/Pa)	-	50	2000	-30 to 85	0.2 to 6	9	-
MA40B8S	Open struct.	Transmitter	40	-	-	120 typ. (0dB=0.02mPa)	50	2000	-30 to 85	0.2 to 6	9	40 Continuous signal
MA40S4R	Open struct.	Receiver	40	-	-63 typ. (0dB=10V/Pa)	-	80	2550	-40 to 85	0.2 to 4	9	-
MA40S4S	Open struct.	Transmitter	40	-	-	120 typ. (0dB=0.02mPa)	80	2550	-40 to 85	0.2 to 4	9	20 Continuous signal
MA40S5	Open struct.	Dual Use	40	20 typ.	-	-	60 typ.	2550	-30 to 85	0.5 to 2	9	20 Pulse width 0.4ms Interval 100ms

Distance:30cm, Overall sensitivity:0dB=10Vp-p, Sensitivity:0dB=1Vrms/ $\mu$ bar, Sound pressure level:0dB=2x10<sup>-5</sup> $\mu$ bar, 1 $\mu$ bar=0.1Pa

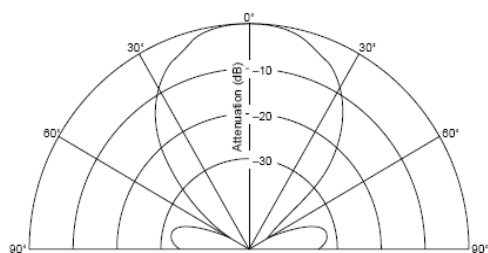
The sensor can be used in the operating temperature range.

Please refer to the individual specification for the temperature drift of Sensitivity/Sound pressure level or environmental characteristics in that temperature range.

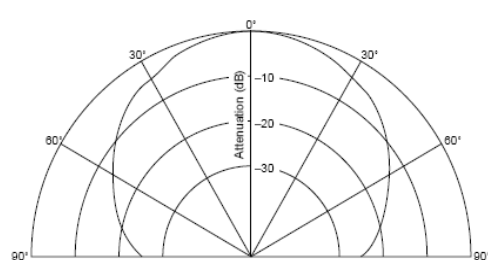
Directivity, detectable range and resolution are typical values. They can be changed by application circuit and fixing method of the sensor.

■ Directivity in Sensitivity

MA40B8R

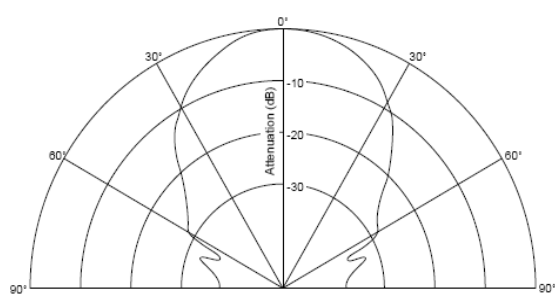


MA40S4R



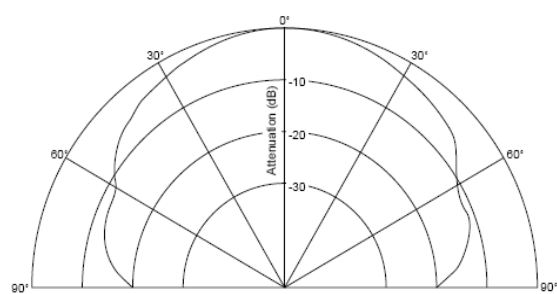
■ Directivity in S. P. L.

MA40B8S



■ Directivity in S. P. L.

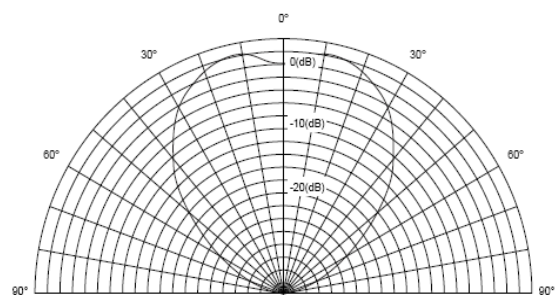
MA40S4S



■ Directivity in Overall Sensitivity

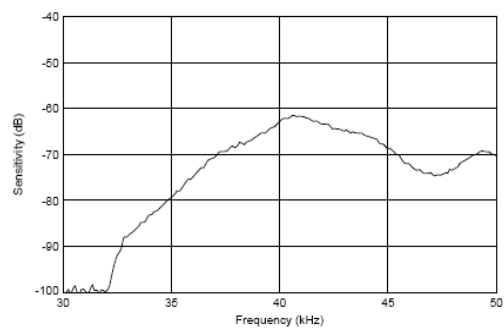
MA40S5

Beam Pattern

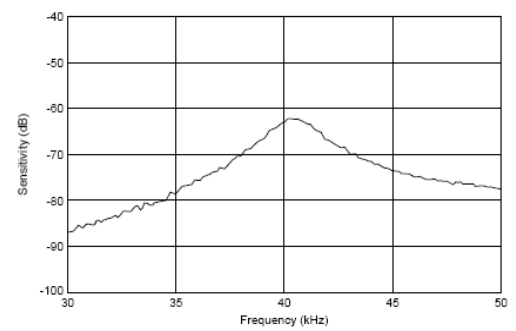


## ■ S. P. L. -Freq. Characteristics

MA40B8R

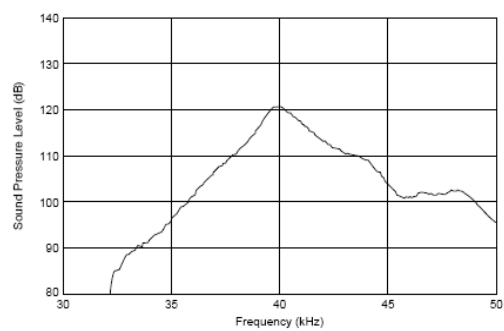


MA40S4R

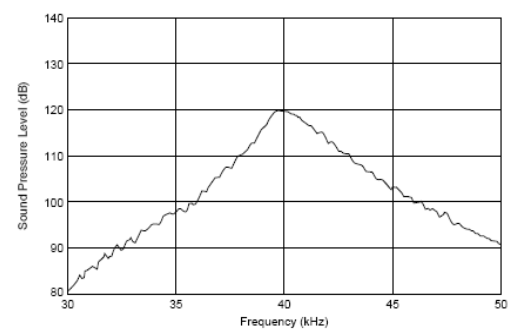


## ■ Sensitivity-Freq. Characteristics

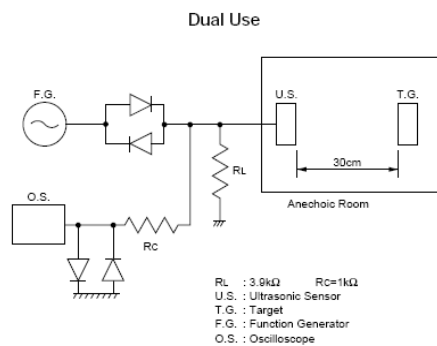
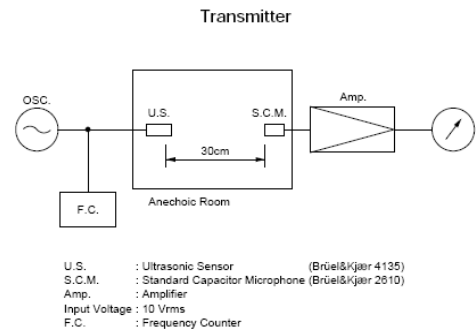
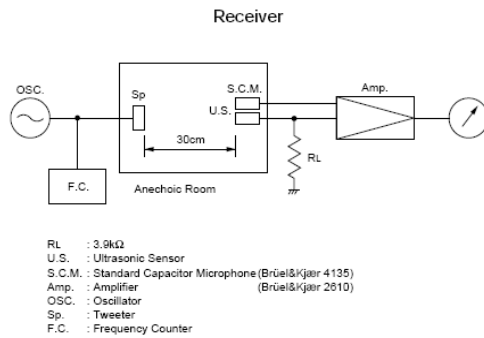
MA40B8S



MA40S4S



## ■ Test Circuit



## ■ Notice (Soldering and Mounting)

1. Pay attention to the mounting position as these sensors have directivity.
2. Please avoid applying DC-bias by connecting DC blocking capacitor or some other way because, otherwise, the component may be damaged.
3. Do not use in water.

## ● Part Numbering (The structure of the "Global Part Numbers" that have been adopted since June 2001 and the meaning of each code are described herein.) (If you have any questions about details, inquire at your usual Murata sales office or distributor.)

### Ultrasonic Sensors

(Global Part Number) 

MA	40MF	14	-1N	-M
----	------	----	-----	----

- ① Product ID  
 ② Series  
 ③ Characteristics  
 ④ Individual Specification Code  
 ⑤ Packaging

\* Global Part Number shows only an example which might be different from actual part number.

\* Any other definitions than "① Product ID" might have different digit numbers from actual Global Part Number.

## Programas MATLAB Para la presentación.

### Funciones ELAB-080 llamadas desde MATLAB

%uso de las funciones en la libreria ElabDLL

```
[notfound,warnings]=loadlibrary('ElabDLL.dll', 'ElabDLL.h')
libfunctions ElabDLL
libfunctions ElabDLL -full
libfunctionsview ElabDLL

%1
%C prototipe
%bool GetHWStatus()
%Matlab Prototipe
%bool GetHWStatus

a=calllib('ElabDLL', 'GetHWStatus')
% 0 not found or without power 1 if is ready to work
%2
%C prototipe
%bool GetSerialNumber(long *SerialNumber)
%Matlab Prototipe
%[bool, longPtr] GetSerialNumber(longPtr)

x = 15;
xp = libpointer('longPtr', x);
get(xp)
b=calllib('ElabDLL', 'GetSerialNumber',xp)
get(xp, 'Value')

%3
%C prototipe
%int SetAnalogChannels(int CH1Gain, int CH2Gain, bool CH1Couple, bool CH2Couple,
    bool CH1Multiplier, bool CH2Multiplier)
%Matlab Prototipe
%int32 SetAnalogChannels(int32, int32, bool, bool, bool, bool)

intA=500; %Ch1 mV/div Possible values are 10, 20, 50, 100, 200, 500
intB=100; %Ch2 mV/div Possible values are 10, 20, 50, 100, 200, 500
boolA=1; %Ch1 DC(1)/AC(0)
boolB=1; %Ch2 DC(1)/AC(0)
boolC=1; %Ch1 probe 10X(1)/1X(0)
boolD=0; %Ch2 probe 10X(1)/1X(0)
ReturnInt=calllib('ElabDLL', 'SetAnalogChannels', intA, intB, boolA, boolB,
    boolC, boolD)
% ReturnInt=1 Ch1 incorrect value =2 Ch2 incorrect value =0 Success

%4
%C prototipe
%long SetDSODCOffsets(double CH1DCOffVoltage, double CH2DCOffVoltage)
%Matlab Prototipe
%long SetDSODCOffsets(double, double)

% The range allowed is +/- (5*V/div setting).
% Thus in 5V/div, you can set to +/-
% 25V, in 20mV/div, this can be set to +/- 100mV.

doubleA=0.1; %Ch1 offset
doubleB=0.1; %Ch2 offset
ReturnLong=calllib('ElabDLL', 'SetDSODCOffsets', doubleA, doubleB)
```



```

% 1 failure, 0 success

%5
%C prototype
%double SetDSOLASampleRate(double DesiredFreq)
%Matlab Prototype
%double SetDSOLASampleRate(double)

doubleA=300000; %Frecuencia de muestreo del DSO desde 8KHz a 40MHz
ReturnDouble=calllib('ElabDLL', 'SetDSOLASampleRate', doubleA)
% returndouble Devuelve el valor asignado para el muestreo

%6
%C prototype
%int CaptureDSOData(unsigned int total_blocks, unsigned int pre_trigger_blocks,
    unsigned int trigger_channel, double trigger_value, unsigned int
    auto_roll, long OverrideOtherClocks)
%Matlab Prototype
% int32 CaptureDSOData(uint32, uint32, uint32, double, uint32, long)

uintA=31; %Numero de Bloques 1 a 32 de 1K
uintB=0; %Numero de bloques antes del trigger
uintC=1; % 0 no Trigger, 1 Ch2, 2 Ch2, 3 LA
doubleA=0;
%This value is in volts if the trigger is a DSO trigger, and in bits if a
%LA trigger. The trigger must be "on screen", which is +/- 5 divisions from the
    current DC
%offset. If the trigger is an LA trigger, only the least significant 4 bits are
    used, and one of
%these bits must be "1"
uintD=1; % if 1 auto trigger, if 0 wait for the trigger
longA=1; % si es 0 no fuerza el cambio de los valores de reloj, 1 fuerza cambio
    de valores de relojes en el dispositivo...
ReturnInt=calllib('ElabDLL', 'CaptureDSOData',uintA, uintB, uintC, doubleA,
    uintD, longA)
% 0 failure, 1 success

%7
%C prototype
%long RetrieveDSOData(unsigned char watchchannels, double *DSOCH1, double
    *DSOCH2, unsigned short *LADATA, unsigned char Nth_Sample)
%Matlab Prototype
%long, doublePtr, doublePtr, uint16Ptr] RetrieveDSOData(uint8, doublePtr,
    doublePtr, uint16Ptr, uint8)

uintA=1; %Mascara de bits con los canales que se leeran The LSB is DSO CH1, bit
    1 is DSO CH2, bit 2 is LA CH0-7, bit 3 is LA CH8-15
x = zeros(32768, 1);
y = zeros(32768, 1);
z = zeros(32768, 1); %reserva espacio en memoria 32*1024 "filas" por 3 columnas
    una por canal
doublePtrA = libpointer('doublePtr',x);
doublePtrB = libpointer('doublePtr',y);
uint16PtrA = libpointer('uint16Ptr',z);
uintB=1; %Allows the programmer to download only every Xth Set to "1" to
    download all data. Can range from 1-255
ReturnLong=calllib('ElabDLL', 'RetrieveDSOData', uintA, doublePtrA, doublePtrB,
    uint16PtrA, uintB)

canal1=get(doublePtrA, 'Value');
close all
plot(canal1)

```

```

pause
canal2=get(doublePtrB, 'Value')
plot(canal2)
LA_CH0_15=get(uint16Ptr, 'Value')

%8
%C prototipe
%float SetUPPS1(float Voltage)
%Matlab Prototipe
%single SetUPPS1(single)

singleA=4.1;
ReturnSingle=calllib('ElabDLL', 'SetUPPS1', singleA)

%9
%C prototipe
%float SetUPPS2(float Voltage)
%Matlab Prototipe
%single SetUPPS2(single)

singleA=9;
ReturnSingle=calllib('ElabDLL', 'SetUPPS2', singleA)

%10
%C prototipe
%int GetUPPSOverload()
%Matlab Prototipe
%int32 GetUPPSOverload

ReturnInt=calllib('ElabDLL', 'GetUPPSOverload')

%11
%C prototipe
%double SetProgClocks (char Switch, double Frequency1, double Frequency2, double
    *Freq1Actual, double *Freq2Actual, long OverrideClocks)
%Matlab Prototipe
%[double, doublePtr, doublePtr] SetProgClocks(int8, double, double, doublePtr,
    doublePtr, long)

intA=1; %0 for programable cloks off, 1 for turn on the cloks
doubleA=400000000; %configura valor reloj 1
doubleB=500000000; %configura valor reloj 2
x = 0;
doublePtrA = libpointer('doublePtr', x); %retrorna valor establecido de reloj 1
doublePtrB = libpointer('doublePtr', x); %retrorna valor establecido de reloj 2
longA=1; %0 devuelve un error si no se puede configurar, con 1 la función fuerza
    el cambio de valor en los relojes

ReturnDouble=calllib('ElabDLL', 'SetProgClocks',intA, doubleA, doubleB,
    doublePtrA, doublePtrB, longA)
get(doublePtrA) %muestra contenido del puntero y su tipo doublePtrA
% 0 failure, 1 success

%12
%C prototipe
%long SetupAWG(double *AnalogVoltage, short *DigitalData, long BufferSize,
    double DCOffsetVoltage, double SampleFrequency, long Use4xGain, double
    OutputImpedance, long Repeat, long Triggered, long OverrideOtherClocks)
%Matlab Prototipe
%[long, doublePtr, int16Ptr] SetupAWG(doublePtr, int16Ptr, long, double, double,
    long, double, long, long, long)
n=1:10;
x=sin(n); %Datos a transmitir por el generador de funciones analógico
y=0; %Datos a transmitir por el generador de funciones digital

```

```

doublePtrA = libpointer('doublePtr', x); %analog data +-1.25V or +-5V
int16PtrA = libpointer('int16Ptr', y); %digital data (5 bits)
longA=10; %Number of samples to play
doubleA=0; % DC offset
doubleB=50000; % play frequency
longB=1; % 0 para modo 1X , 1 para modo 4X , steep 2.5mV / 10mV
doubleC=50; %impedancia de Salida
longC=1; % 1 to repeat the wave, 0 for only one time
longD=0; % 1 to play only if trigger input is on, 0 to play when AWGStart is
    Called
longE=1; % 0 to return fail if can't perform the clock change, 1 if force the
    change
ReturnLong=calllib('ElabDLL', 'SetupAWG', doublePtrA, int16PtrA, longA, doubleA,
    doubleB, longB, doubleC, longC, longD, longE)
awg_out=get(doublePtrA, 'Value'); %muestra contenido del puntero y su tipo
    doublePtrA
% "1" if successful, "0" if failure occurs.

%13
%C prototipe
%long AWGStart(long OverrideOtherClocks)
%Matlab Prototipe
%long AWGStart(long)
longA=0;% 0 to return fail if can't perform the clock change, 1 if force the
    change
ReturnLong=calllib('ElabDLL', 'AWGStart', longA)
% "1" if successful, "0" if failure occurs.

%14
%C prototipe
%long AWGStop()
%Matlab Prototipe
%long AWGStop
ReturnLongt=calllib('ElabDLL', 'AWGStop')
% "1" if successful, "0" if failure occurs.

% unloadlibrary ElabDLL

```

## Simulación FDTD con captura de emisiones y de retorno de ecos.

```
close all;
clear all;
spatialWidth=400; temporalWidth=2;
p=zeros(spatialWidth+1,temporalWidth); % filas, columnas
v=zeros(spatialWidth+1,temporalWidth);
length=0.1;
dx=length/spatialWidth;
c=340;
dt=dx/c;
amplitude=1
rho=1.21;
K=rho*c^2;
duration=0.0008;
iterations=duration/dt;
excitationPoint=2;%spatialWidth/2; %modifico punto de excitacion
xPML=2;
%signal=zeros((0.0002/dt),2); %matriz donde se almacenará la señal emitida y la
    recibida
load signal_test.mat %carga una variable llamada signal que contiene dos
    vectores columna correspondientes a los datos de la señal a emitir, y el
    espacio en memoria de la señal a recibir
[a b]=size(signal);
s1=1; %contador usado para capturar señal a emitir
s2=1; %contador usado para capturar señal de retorno
%falta introducir atenuación real, programa para generar señal en función
%del valor de las variables de control.
for n=2:iterations
    t=n*dt;
    for i=2: spatialWidth-1
        if i>(spatialWidth-xPML)
            xi=xPML-(spatialWidth-i);
            a0=log(10)/(K*dt);
            a1=a0*(xi/xPML)^2;
            a2=a0*((xi-1/2)/xPML)^2;
            p(i,1)=exp(-(a1*K)*dt)*p(i,2)-(1-exp(-(a1*K)*dt))/
(a1*K)*K*1/dx*(v(i+1,2)-v(i,2));
            v(i,1)=exp(-(a2*K)*dt)*v(i,2)-(1-exp(-(a2*K)*dt))/
(a2*K)*(1/rho)*1/dx*(p(i,1)-p(i-1,1));
        else
            p(i,1)=p(i,2)-K*dt/dx*(v(i+1,2)-v(i,2));
            if i==excitationPoint & (n<a) %modifico para generar unicamente una
                señal de duración determinada.
                p(i,1)=amplitude*signal(s1,1);
                s1=s1+1;
            end
            %p(i,1)=2*cos(2*pi*40000*t);
            %signal(s1,1)=p(i,1); %captura señal emitida
            %s1=s1+1; %incrementa contador para captura de señal
            %sigma=0.0005;
            %t0=3*sigma;
            %fs=exp(-(t-t0)/0.0005)^2);
            %p(i,1)=fs;
            if i==excitationPoint & (n>a) & (p(i,1)>0.001|p(i,1)<-0.001) &
                s2<=a%Condicion de retorno
                signal(s2,2)=p(i,1); %se captura retorno
                s2=s2+1;
            end
            v(i,1)=v(i,2)-(1/rho)*dt/dx*(p(i,1)-p(i-1,1));
        end
    end
    p(i,2)=p(i,1)*0.995;%he introducido el factor de atenuación 0.99 de
    atenuación
```

```
    v(i,2)=v(i,1)*0.995;%he introducido el factor de atenuación 0.99
end
plot(p(:,2))
axis([0 spatialWidth -2 2]);
frame = getframe();
end

% Db=20*log(signal( calculo de la atenuacion en dB )
```

## Programa de test de captura de datos con "ELAB-080--MATLAB" y TRANSDUCTOR DE 40KHZ.

```
%Programa que captura datos de un emisor de ultrasonidos resonante a 40KHz
    mediante un receptor de ultrasonidos resonante a 40KHz
[notfound,warnings]=loadlibrary('ElabDLL.dll', 'ElabDLL.h')

%Configurar SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS
disp(' Configuración del sistema de adquisición de datos')
intA = input('Set Ch1 mV/div. Possible values are 10, 20, 50, 100, 200, 500
\n');
intB= 500 ;
boolA= input('Set Ch1 DC(1)/AC(0) \n');
boolB=0;
boolC= input('Set Ch1 probe 10X(1)/1X(0) \n');
boolD=0;
ReturnSetAnalogChannels=calllib('ElabDLL', 'SetAnalogChannels', intA, intB,
boolA, boolB, boolC, boolD);
doubleA=0;
doubleB=0;
ReturnSetDSODCOffsets=calllib('ElabDLL', 'SetDSODCOffsets', doubleA, doubleB);
doubleA=190000;
MuestreoAsignado=calllib('ElabDLL', 'SetDSOLASampleRate', doubleA);

%poner en marcha el GENERADOR DE FUNCIONES
Frecuency=40000; %frecuencia de la señal generada
PlayFrecuency=100000000; %frecuencia de muestreo o reproducción
SamplesPlay=PlayFrecuency/Frecuency; %puntos por periodo
n=0:2*pi/SamplesPlay:2*pi; %Vector escalar con el numero de puntos por periodo
x=cos(n);%Datos a transmitir por el generador de funciones analógico
doublePtrA = libpointer('doublePtr', x); %analog data +-1.25V or +-5V
int16PtrA = libpointer('int16Ptr', x); %digital data (5 bits)
SignalAWG=get(doublePtrA,'Value');
close all
plot(SignalAWG) %forma de la señal a emitir
title('Forma de la señal que se emitirá en el Generador de Funciones')
pause
doubleA=0;%DC offset
longB=1; %1x=0 4x=1
doubleC=50; %impedancia de salida
longC=1; %1=repeat
longD=0;%1 play with trigger
longE=1;% change clocks to perform the generation.
ReturnSetupAWG=calllib('ElabDLL', 'SetupAWG', doublePtrA, int16PtrA,
    SamplesPlay, doubleA, PlayFrecuency, longB, doubleC, longC, longD, longE);
longA=1;
ReturnAWGStart=calllib('ElabDLL', 'AWGStart', longA);
%poner en marcha la captura de datos
blocknumbers=16;
uintB=1;
uintC=0;
doubleA=0;
uintD=1;
longA=1;
ReturnCaptureDSODData=calllib('ElabDLL', 'CaptureDSODData',blocknumbers, uintB,
    uintC, doubleA, uintD, longA);
%Descargar datos del ELAB
uintA=1;
x = zeros(blocknumbers*1024, 1);%reserva espacio en memoria 32*1024 "filas" por
    3 columnas una por canal
y = zeros(blocknumbers*1024, 1);
z = zeros(blocknumbers*1024, 1);
```

```

doublePtrA = libpointer('doublePtr',x);
doublePtrB = libpointer('doublePtr',y);
uint16PtrA = libpointer('uint16Ptr',z);
uintBA=1;
CapturedSamples=calllib('ElabDLL', 'RetrieveDSOData', uintA, doublePtrA,
    doublePtrB, uint16PtrA, uintB);

%parar AWG
ReturnAWGStop=calllib('ElabDLL', 'AWGStop');

%Confirmar correcto funcionamiento de los sistemas
if (ReturnSetupAWG==1) & (ReturnAWGStart==1)& (ReturnAWGStop==1)
    disp(' El generador de funciones digital esta configurado correctamente y funciona')
    PlayFrecuency
    SamplesPlay
else
    disp(' El generador de funciones digital NO esta configurado correctamente')
    return
end
if ReturnCaptureDSOData
    disp(' Se ha realizado la captura de datos correctamente')
else
    disp(' NO Se ha realizado la captura de datos correctamente')
    return
end

if (ReturnSetAnalogChannels==0) & (ReturnSetDSODCOffsets==0)&
    (MuestreoAsignado~=0) & (ReturnCaptureDSOData==1)& (CapturedSamples~=0)
    disp(' El Osciloscopio digital esta configurado correctamente y funciona')
    MuestreoAsignado
    CapturedSamples
else
    disp(' El Osciloscopio digital NO esta configurado correctamente')
    return
end
SignalAWG=get(doublePtrA,'Value');

%visualizar datos del DSO
canal1=get(doublePtrA,'Value');
close all
plot(canal1)
grid
xlabel('Muestras')
ylabel('Amplitud')
texto=['Canal 1 con ', num2str(CapturedSamples), ' muestras y frecuencia de muestreo= ', num2str(MuestreoAsignado),'Hz'];
title(texto)
pause
close all
[f,mag] = daqdocfft(canal1,MuestreoAsignado,CapturedSamples);
plot(f,mag)
grid on
ylabel('Magnitude (dB)')
xlabel('Frequency (Hz)')
title('Frequency Components Ch1')
% unloadlibrary ElabDLL

```

## Programa de test que realiza un barrido en frecuencias para ver la respuesta en frecuencia de los transductores DE 40KHZ con sistema "ELAB-080—MATLAB"

```
%Programa que muestra la respuesta en frecuencia de un emisor de
%ultrasonidos resonante a 40KHZ y de un receptor de ultrasonidos resonante
%a 40KHZ por medio de un barrido en frecuencias.
[notfound,warnings]=loadlibrary('ElabDLL.dll', 'ElabDLL.h')

%Configurar SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS
intA =20; %20mV/div Possible values are 10, 20, 50, 100, 200, 500
intB= 500 ;
boolA=0; %configurado en AC    DC(1)/AC(0)
boolB=0;
boolC=0; %probe ch1 1x 10X(1)/1X(0)
boolD=0;
ReturnSetAnalogChannels=calllib('ElabDLL', 'SetAnalogChannels', intA, intB,
boolA, boolB, boolC, boolD);
doubleA=0;
doubleB=0;
ReturnSetDSODCOffsets=calllib('ElabDLL', 'SetDSODCOffsets', doubleA, doubleB);
doubleA=200000;
MuestreoAsignado=calllib('ElabDLL', 'SetDSOLASampleRate', doubleA);

%poner en marcha el GENERADOR DE FUNCIONES

for Frecuency=20000:1000:80000 %frecuencia de la señal generada
    PlayFrecuency=100000000; %frecuencia de muestreo o reproducción
    SamplesPlay=PlayFrecuency/Frecuency; %puntos por periodo
    n=0:2*pi/SamplesPlay:2*pi; %Vector escalar con el numero de puntos por
    periodo
    x=cos(n);%Datos a transmitir por el generador de funciones analógico
    doublePtrA = libpointer('doublePtr', x); %analog data +-1.25V or +-5V
    int16PtrA = libpointer('int16Ptr', x); %digital data (5 bits)
    SignalAWG=get(doublePtrA,'Value');
    doubleA=0;%DC offset
    longB=1; %1x=0 4x=1
    doubleC=50; %impedancia de salida
    longC=1; %1=repeat
    longD=0;%1 play with trigger
    longE=1;% change clocks to perform the generation.
    ReturnSetupAWG=calllib('ElabDLL', 'SetupAWG', doublePtrA, int16PtrA,
        SamplesPlay, doubleA, PlayFrecuency, longB, doubleC, longC, longD, longE);
    longA=1;
    ReturnAWGStart=calllib('ElabDLL', 'AWGStart', longA);

    %poner en marcha la captura de datos
    blocknumbers=12;
    uintB=1;
    uintC=0;
    doubleA=0;
    uintD=1;
    longA=1;
    ReturnCaptureDSODData=calllib('ElabDLL', 'CaptureDSODData',blocknumbers,
        uintB, uintC, doubleA, uintD, longA);

    %Descargar datos del ELAB
    uintA=1;
    x = zeros(blocknumbers*1024, 1);%reserva espacio en memoria
        blocknumbers*1024 "filas" por 3 variables
    y = zeros(blocknumbers*1024, 1);
```



```

z = zeros(blocknumbers*1024, 1);
doublePtrB = libpointer('doublePtr',y);
uint16PtrA = libpointer('uint16Ptr',z);
doublePtrA = libpointer('doublePtr',x);
uintBA=1;

CapturedSamples=calllib('ElabDLL', 'RetrieveDSOData', uintA, doublePtrA,
    doublePtrB, uint16PtrA, uintB);

%parar AWG
ReturnAWGStop=calllib('ElabDLL', 'AWGStop');

%visualizar datos del DSO
canall=get(doublePtrA,'Value');
[f,mag] = daqdocfft(canall,MuestreoAsignado,CapturedSamples);
plot(f,mag)
grid on
ylabel('Magnitude (dB)')
xlabel('Frequency (Hz)')
title('Frequency Components Ch1')
frame = getframe();
end

% unloadlibrary ElabDLL

```