

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VERIFICACIÓN DEL ESTADO
DE LOS SÓNARES
UTILIZADOS EN LA ACTIVIDAD PESQUERA**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico

Presentado por:

**KAROL MUÑOZ SALAS
CARLA LISETTE SOSA CARBAJAL**

Lima - PERÚ

2007

RESUMEN

El objetivo de esta tesis consiste en diseñar un sistema de verificación para sónares utilizados en la actividad pesquera, los cuales están conformados por pequeños cristales piezoeléctricos que emiten pulsos acústicos que realizan el proceso de detección del cardumen. Este estudio comprende el diseño tanto de los circuitos como del programa necesario para determinar la frecuencia de estos elementos y mostrar los resultados en la pantalla del computador.

La investigación se desarrolló en cuatro capítulos. En el primer capítulo nos centraremos básicamente en el marco problemático de nuestra investigación, los métodos actuales de verificación de sónares y sus complicaciones. En el segundo capítulo se detallará el estado del arte de esta investigación, las principales aplicaciones del sónar en la industria pesquera, los principales fabricantes de equipos marítimos y los conceptos necesarios para comprender el funcionamiento del sónar.

En el tercer capítulo se detalla la metodología que se siguió en este estudio, así como también se muestra el diagrama de bloques del sistema de verificación del estado de los sónares que desarrollamos, a partir del cual se elaboró el diseño de los circuitos de las distintas etapas que comprende este sistema. También se presentan los diagramas de flujo del software que lo controla y por último se detalla la relación de componentes a utilizar.

Finalmente, en el cuarto capítulo se hace la evaluación del diseño final del sistema, además se describen las condiciones en que se desarrollaron las pruebas preliminares y se muestran los resultados de las simulaciones tanto del software como del hardware y el costo de su implementación.

Como conclusión se desarrollará un sistema eficiente para determinar la eficacia del funcionamiento de los sónares, brindando un servicio mucho más rápido y a menor costo, utilizando la tecnología disponible en el mercado.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
<u>CAPÍTULO 1: PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS SÓNARES Y LA PROBLEMÁTICA DEL MÉTODO.</u>	
1.1. Factores externos que afectan el proceso de verificación de los sónares	2
1.1.1. Industria Pesquera.	2
1.1.1.1. Situación de la economía nacional en el sector pesquero.	2
1.1.2. Factores específicos del sónar y del sistema de verificación del estado de los sónares	6
1.1.2.1. Reguladores de pesca.....	6
1.1.2.2. Uso de los sónares en la industria pesquera nacional	6
1.1.2.3. Riesgos Ambientales.	7
1.1.2.4. Análisis de las empresas que actualmente prestan el servicio.	8
1.1.3. La empresa que actualmente brinda el servicio.	9
1.1.3.1. Recursos financieros destinados a la actividad.....	9
1.1.3.2. Recursos humanos para el análisis de los resultados del sistema de verificación del estado de los sónares.....	9
1.1.3.3. Infraestructura donde se brinda el servicio de prueba de los sónares.	10
1.2. Factores internos del sistema de verificación usado actualmente.	12
1.2.1. Proceso de verificación del estado de los sónares.....	12
1.2.2. Análisis del proceso.....	13
1.3. Declaración del marco problemático.	14
<u>CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LOS TRANSDUCTORES DE LOS SÓNARES UTILIZADOS EN LA ACTIVIDAD PESQUERA.</u>	
2.1. Estado del arte.....	16
2.2. Análisis de las señales de los transductores del sónar.	23
2.2.1. Ondas ultrasónicas.....	23
2.2.1.1. Definición.....	23
2.2.1.2. Características de las ondas ultrasónicas	23
• Atenuación y absorción	23

• Refracción.....	23
• Reflexión.....	24
2.2.1.3. Aplicación de las ondas ultrasónicas en sistemas de medición	24
2.2.2. Sónar.....	25
2.2.2.1. Definición de Sónar	25
2.2.2.2. El ecosonda y su evolución	25
2.2.2.3. Clasificación de sónares.....	25
• De exploración “paso a paso” de haz estrecho.	25
• De exploración “paso a paso” de haz ancho.	26
• Omnidireccional.....	27
2.2.3. Transductor.....	27
2.2.3.1. Definición de Transductor.....	27
2.2.3.2. Clasificación de transductores.....	27
• Magnetostrictivo.....	28
• Piezoeléctrico	28
• Electrostrictivo	28
2.2.3.3. Características de los transductores	28
2.3. Modelo Teórico.....	29
<u>CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA DE VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS SÓNARES.</u>	
3.1. Metodología de diseño o estudio.....	33
3.2. Diagramas de bloques.....	37
3.3. Diagramas esquemáticos de los circuitos.	41
3.4. Diagramas de flujo.....	46
3.5. Relación de componentes a usar.	47
<u>CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS SÓNARES.</u>	
4.1. Diseño final del sistema.....	48
4.2. Pruebas preliminares.....	52
4.3. Costos.	55
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	60
FUENTES.....	61

INTRODUCCIÓN

El Perú es uno de los mayores países pesqueros del mundo, en cuanto a volúmenes de captura se refiere. Según el INEI (instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú), el sector pesquero es el segundo mayor rubro extractivo en nuestro país y el segundo en importancia en nuestra actividad económica por su contribución en divisas, ubicándonos como el primer productor de harina de pescado en el mundo, además de ser una gran fuente generadora de alimentos y empleo. En lo que respecta al consumo, un 72% del total de las capturas es utilizado para consumo humano, y el resto en la elaboración de harina y aceite de pescado (utilizada a su vez para alimentar animales de granja).

La aplicación de nuevas tecnologías basadas en sistemas sónares de detección, imágenes satelitales e integración de software, ha permitido ampliar en gran manera nuestra industria dotando de mayor eficiencia a los procesos de detección y extracción del cardumen, alcanzando mayores niveles de profundidad y realizando una pesca más selectiva mediante la identificación de especies.

La actividad pesquera también está propensa a sufrir pérdidas ya sea por fallas en la detección y almacenamiento o por distribución, procesamiento de pescado y problemas de comercialización. Las pérdidas ocurridas por detección del cardumen son el tema de estudio del presente trabajo de investigación, el cual busca desarrollar un sistema de verificación de estos sónares como un servicio a las empresas pesqueras de tal forma que se puedan detectar dichas fallas antes de que ellas perjudiquen su producción y su competitividad en el mercado.

CAPÍTULO 1:

PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS

SÓNARES Y LA PROBLEMÁTICA DEL MÉTODO.

1.1. Factores externos que afectan el proceso de verificación de los sónares.

1.1.1. Industria Pesquera.

1.1.1.1. Situación de la economía nacional en el sector pesquero.

Según el INEI, el sector pesquero es el segundo mayor rubro extractivo en nuestro país y el segundo en importancia en nuestra actividad económica por su contribución en divisas, ubicándonos como el primer productor de harina de pescado en el mundo, además de ser una gran fuente generadora de alimentos y empleo. [56]

Según la IFFO (International Fishmeal and Fish Oil Organization), la producción anual de harina de pescado en el mundo está en el rango de los 6 a 7 millones de toneladas y ligeramente por debajo del millón de toneladas de aceite de pescado excepto durante los años eventuales de El Niño. Esto requiere una captura anual de 25 a 30 millones de toneladas de pescado del tipo industrial. En sus informes esta organización indica que más del 80% de la producción mundial se origina en diez países, siendo el Perú el mayor productor y exportador (31% del total). Esta organización nos presenta algunos datos para justificar la importancia de la industria pesquera en nuestro país:

- Perú produce cerca del 30% de producción global anual y representa alrededor del 45% del volumen de comercio global.
- La industria peruana opera alrededor de 130 plantas con una capacidad de proceso total de alrededor de 9.000 toneladas de materia prima por hora.

- Un tercio de esta capacidad está especializada en el proceso de harina Prime y Super Prime, calidades especiales de harina de pescado secada al vapor.
- La flota pesquera esta constituida por alrededor de 600 embarcaciones, de las cuales cerca de 550 son embarcaciones de madera (la mayor parte de ellas de un tamaño pequeño para la pesca artesanal). Esta flota representa una capacidad total de bodega de alrededor de 200 000 metros cúbicos.
- La industria en su totalidad emplea directamente cerca de 23 000 trabajadores, de los cuales 16 000 están en la pesca y 7 000 en el proceso. Además, la industria genera actividad económica indirecta (laboratorios, logística, servicios de trading, financieros y servicios varios) empleando un número similar de trabajadores.
- Los activos fijos totales de la industria se estiman en aproximadamente 1.4 miles de millones de dólares americanos a los cuales tienen que ser agregadas las inversiones en programas ambientales valoradas en alrededor de 150 millones de dólares americanos.
- En el 2004, la industria peruana de la harina de pescado generó un producto doméstico interno anual de cerca de 543 miles de millones de "nuevos soles", es decir, alrededor de 150 mil millones de dólares americanos.
- Las exportaciones totales de harina y aceite de pescado alcanzaron en el 2004 los 2.03 millones de toneladas valorizadas en 1.1 miles de millones de dólares americanos, de los cuales la harina de pescado representó 1.75 millones de toneladas valorizadas en 952 millones de dólares americanos (base FOB) y el aceite de pescado representó 286 000 toneladas valorizadas en 150 millones de dólares americanos. [57]

De este informe podemos concluir que contamos con una inmensa riqueza marina, consagrándonos como el país que posee uno de los mares más ricos del mundo con más de 700 especies de peces y 30 de mamíferos.

Y tal como lo revelan estudios elaborados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), más de mil millones de personas en todo el mundo dependen del pescado como fuente de proteínas animales, y según las previsiones, el consumo anual de pescado por persona aumentará con el tiempo, pasando de los 16 kilos actuales a los 19 ó 21 en el 2030. Todo indica que la industria pesquera seguirá jugando un papel importante en la historia de nuestra economía. [56]

A continuación presentaremos el balance de las exportaciones de la actividad pesquera en el año 2005:

Total de Exportaciones:

Total acumulado (millones de US \$ FOB)

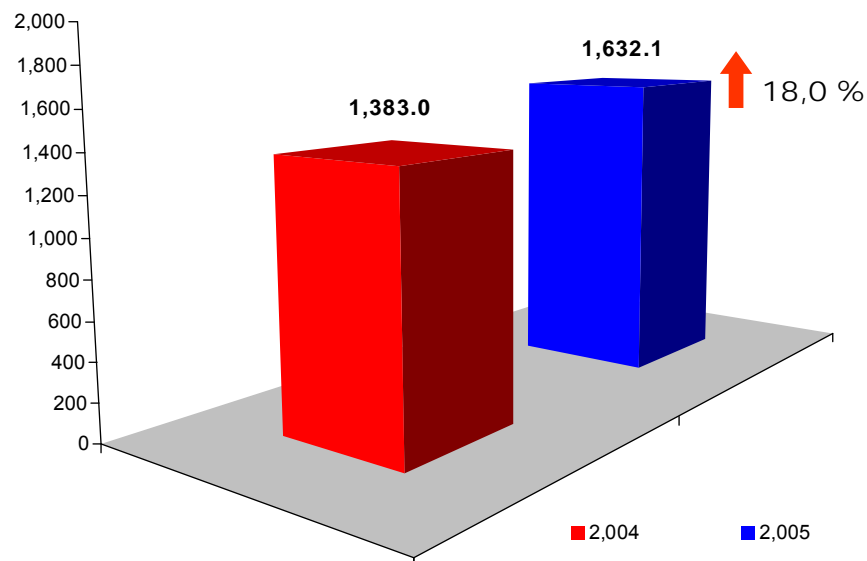
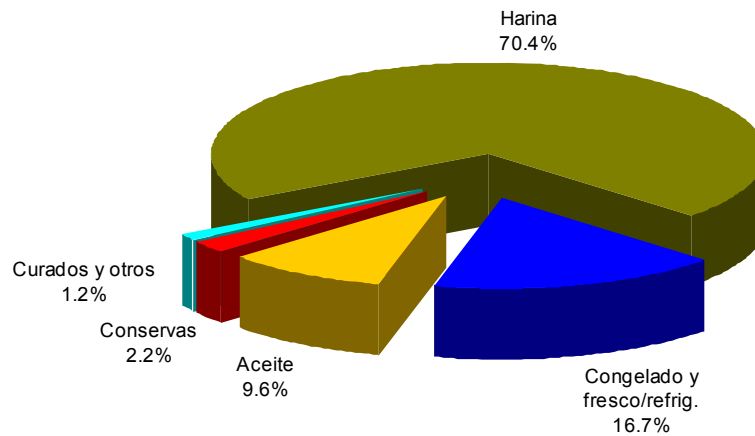


Figura N° 1
Total Acumulado de las Exportaciones

Fuente: www.snp.org.pe

Participación por productos:

Participación por productos (millones de US \$ FOB)



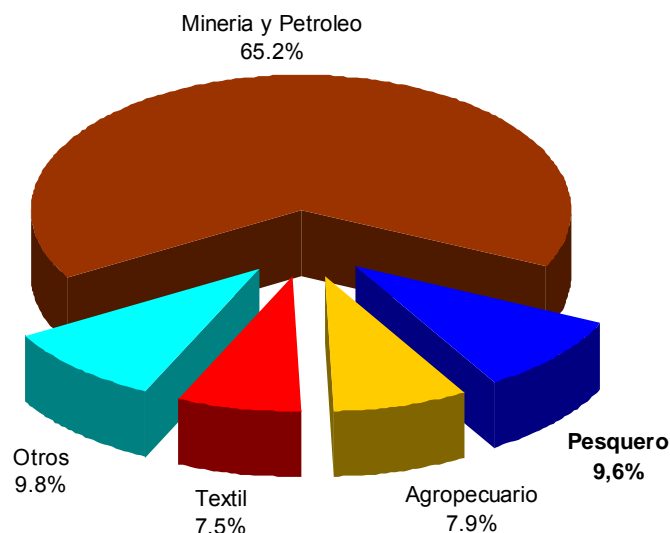
Total exportaciones pesqueras: 1 632,1 US\$ FOB

Figura Nº 2
Participación por Productos en la Exportación

Fuente: www.snp.org.pe

Participación del sector pesquero en las exportaciones nacionales:

Participación del sector pesquero en las exportaciones nacionales (millones de US \$ FOB)



Total exportaciones : 17 000,6 US \$ FOB

Figura Nº 3
Participación del Sector Pesquero en las Exportaciones Nacionales

Fuente: www.snp.org.pe

1.1.2. Factores específicos del sónar y del sistema de verificación del estado de los sónares.

1.1.2.1. Reguladores de pesca.

- Instituto del mar del Perú IMARPE

Estudia la biodiversidad marina, evalúa los recursos pesqueros y proporciona información y asesoramiento para la toma de decisiones sobre la pesca, Acuicultura y protección del medio marino. [59]

- Instituto tecnológico Pesquero

Pertenece al ministerio de la producción, su visión es promover, ejecutar y divulgar programas de investigación científica y tecnológica a fin de contribuir con la utilización racional e integral de los recursos hidrobiológicos promoviendo la tecnología y el conocimiento. [60]

- International Fishmeal and fish Oil Organization IFFO

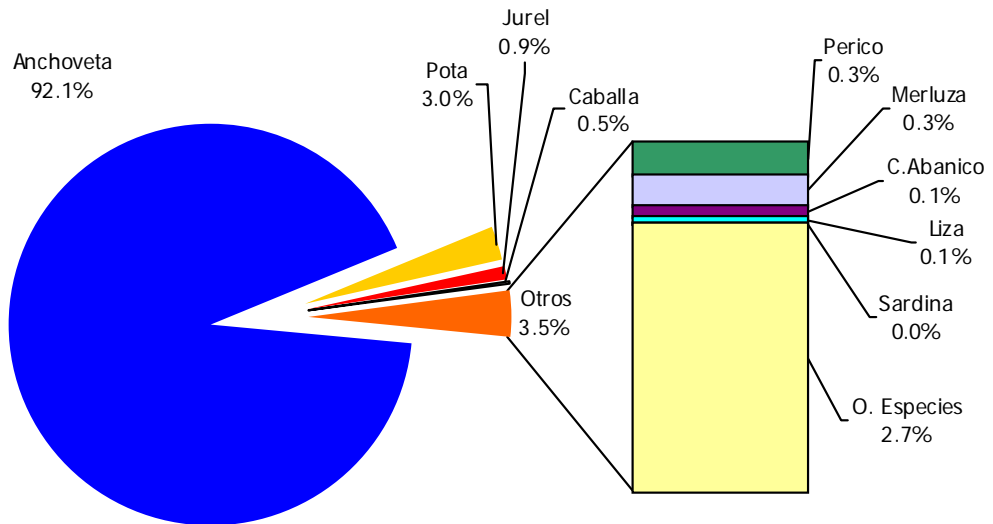
IFFO es una organización internacional que representa a los productores de Harina y el Aceite de pescado y entidades comerciales en el ámbito mundial. Es una organización no gubernamental respetada globalmente como asesor especializado para la organización de la alimentación y de la agricultura de las Naciones Unidas(FAO). [57]

1.1.2.2. Uso de los sónares en la industria pesquera nacional.

Los sónares juegan un rol muy importante en la industria pesquera nacional, debido a que permiten detectar el cardumen en menor tiempo y consecuentemente hacen posible que las empresas pesqueras eleven su productividad. La mayoría de empresas pesqueras peruanas cuentan, por su prestigio y eficiencia, con sónares FURUNO, aunque últimamente los sónares MAQ están ingresando al mercado, debido a que son igual de eficientes pero a un precio mucho más accesible.

En el 2005, los sónares permitieron capturar las siguientes especies:

Por Especies



9 285 365 TM

Figura N° 4
Balance de la Actividad Pesquera por Especies

Fuente: www.snp.org.pe

1.1.2.3. Riesgos Ambientales.

Una de las fuentes de contaminación acústica más preocupante es la utilización del Sónar Activo de Baja Frecuencia (LFAS). Esta energía puede generar impactos negativos en mamíferos marinos, peces y otras formas de vida marina. El sónar activo de baja frecuencia es un dispositivo que emite una señal de baja frecuencia en el océano, esta señal rebota en los objetos que se hallan en el agua y vuelve a un dispositivo que escucha y analiza la señal a fin de determinar la naturaleza y la posición del objeto.

Este tipo de sónar fue desarrollado para aplicaciones militares con el fin de detectar submarinos enemigos utilizando la misma baja frecuencia que las ballenas usan para comunicarse y a la que son más sensibles acústicamente. [58]

Los mamíferos marinos tienen el sentido del oído muy desarrollado, ya que lo utilizan para la localización de su alimento, la navegación y la comunicación. Un sonido de alta intensidad y baja frecuencia puede causar los siguientes daños a la vida marina:

- Mortalidad o lesiones serias causadas por hemorragia en pulmones, cavidades aéreas y otros órganos.
- Mortalidad o lesiones serias causadas por la formación de burbujas de nitrógeno en el torrente sanguíneo produciendo embolias.
- Pérdida temporal o permanente del oído, lo que perjudica la capacidad de los animales para navegar, comunicarse, eludir a los depredadores, y alimentarse.
- Cambio en las conductas normales que pueden conducir al abandono del hábitat, cambio de rutas migratorias e interrupción de conductas de apareamiento, alimentación y crianza.
- Aumento de las conductas agresivas que pueden terminar en lesiones de los animales.
- Enmascaramiento de sonidos biológicos significativos para la supervivencia de las especies, tales como alertas sobre depredadores o localización de parejas reproductivas.
- Disminución en la disponibilidad y viabilidad de capturar presas (como peces y camarones).
- De todos estos, los efectos más preocupantes son los varamientos masivos de ballenas y delfines ya que no todos los animales heridos varan en la costa, algunos perecen en el océano sin la posibilidad de ser socorridos. [58]

1.1.2.4. **Análisis de las empresas que actualmente prestan el servicio.**

Actualmente, el servicio de verificación del estado de los sónares es brindado únicamente por Marco Peruana S.A. , empresa afiliada de Astilleros Marco Chilena Ltda., siendo esta última afiliada de la Corporación Marco Seattle, USA.

Marco Peruana S.A. fue creada en el Año 1965 para atender el Sector Pesquero Peruano. Marco Peruana S.A., a través de los años, se posicionó fuertemente en las áreas de Electrónica, Marina, Equipos y Maquinaria de Cubierta y Óleo

hidráulica. Tiene su oficina principal en el Callao y Sucursales en Chimbote y Pisco. Conscientes que para crecer es importante la diversificación de sectores, a partir del Año 1994 se comienza con el desarrollo de proyectos óleo hidráulicos hacia el Sector Minero y la venta de equipos de refrigeración al Sector Transporte.

En la actualidad, vende equipos, servicio y repuestos a los Sectores: Pesquero, Minero, Industrial, Transporte y Construcción.

La empresa está en capacidad de ofrecer lo siguiente:

- Ingeniería.
- Capacitación.
- Equipos Electrónicos, Óleo hidráulicos, de Cubierta y Refrigeración.
- Repuestos para Equipos Electrónicos, Óleo hidráulicos, de Cubierta y Refrigeración.
- Servicio para Equipos Electrónicos, Óleo hidráulicos, de Cubierta y Refrigeración.

Como representante de diversas marcas como son: Furuno, Eaton-Vickers, Thermo King, y otras, tiene información técnica y servicio técnico para atender post-venta. [54]

1.1.3. La empresa que actualmente brinda el servicio.

1.1.3.1. Recursos financieros destinados a la actividad.

La empresa brinda el servicio de prueba a cada sónar por un precio razonable de ciento cincuenta dólares americanos, pero si se considera la gran cantidad de sónares con los que cuentan las empresas pesqueras más importantes, aproximadamente treinta embarcaciones, entonces se concluye que estas invierten enormes sumas de dinero para realizar estos controles de calidad y no tener pérdidas especialmente cuando es temporada de pesca y el tiempo apremia.

1.1.3.2. Recursos humanos para el análisis de los resultados del sistema de verificación del estado de los sónares.

La empresa que presta el servicio envía a su personal técnico para el desarrollo de la prueba, ya que se requiere la presencia de estos para obtener las conclusiones y observaciones de los resultados del sistema de verificación. Muchas veces las

empresas pesqueras envían también a su personal técnico para supervisar el desarrollo de la prueba y verificar las conclusiones de los resultados.

1.1.3.3. Infraestructura donde se brinda el servicio de prueba de los sónares.

El servicio de verificación del estado de los sónares se realiza en la embarcación donde se encuentra el sónar a analizar. Precisamente se desarrolla la prueba ahí porque retirar el sónar de la embarcación es una labor muy difícil, lo que ocasiona pérdida de tiempo y dinero para la empresa que solicita el servicio. Además se corre el riesgo de que el sónar pueda caer al agua al momento de trasladarlo de la embarcación en la que se encuentra al taller más cercano.



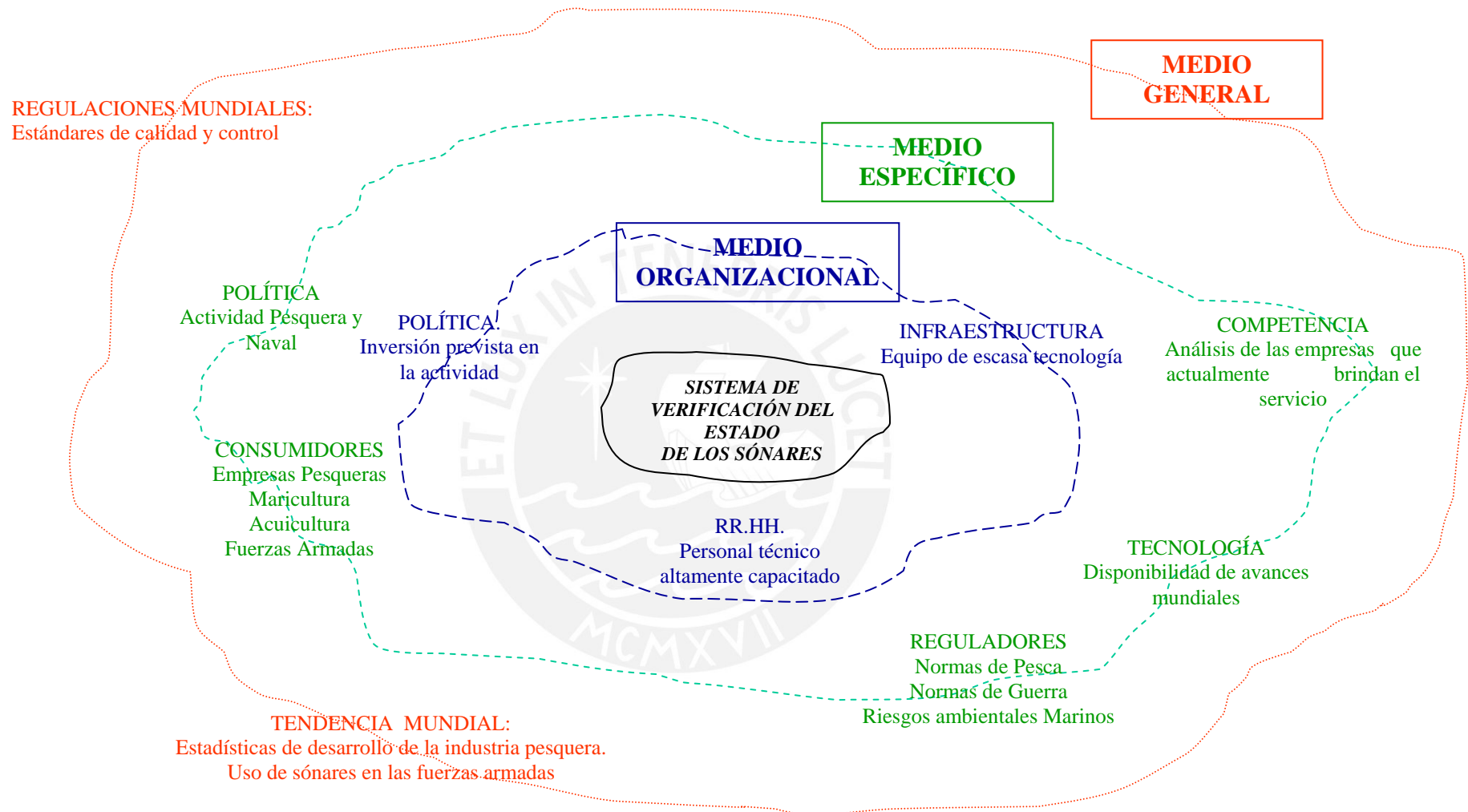
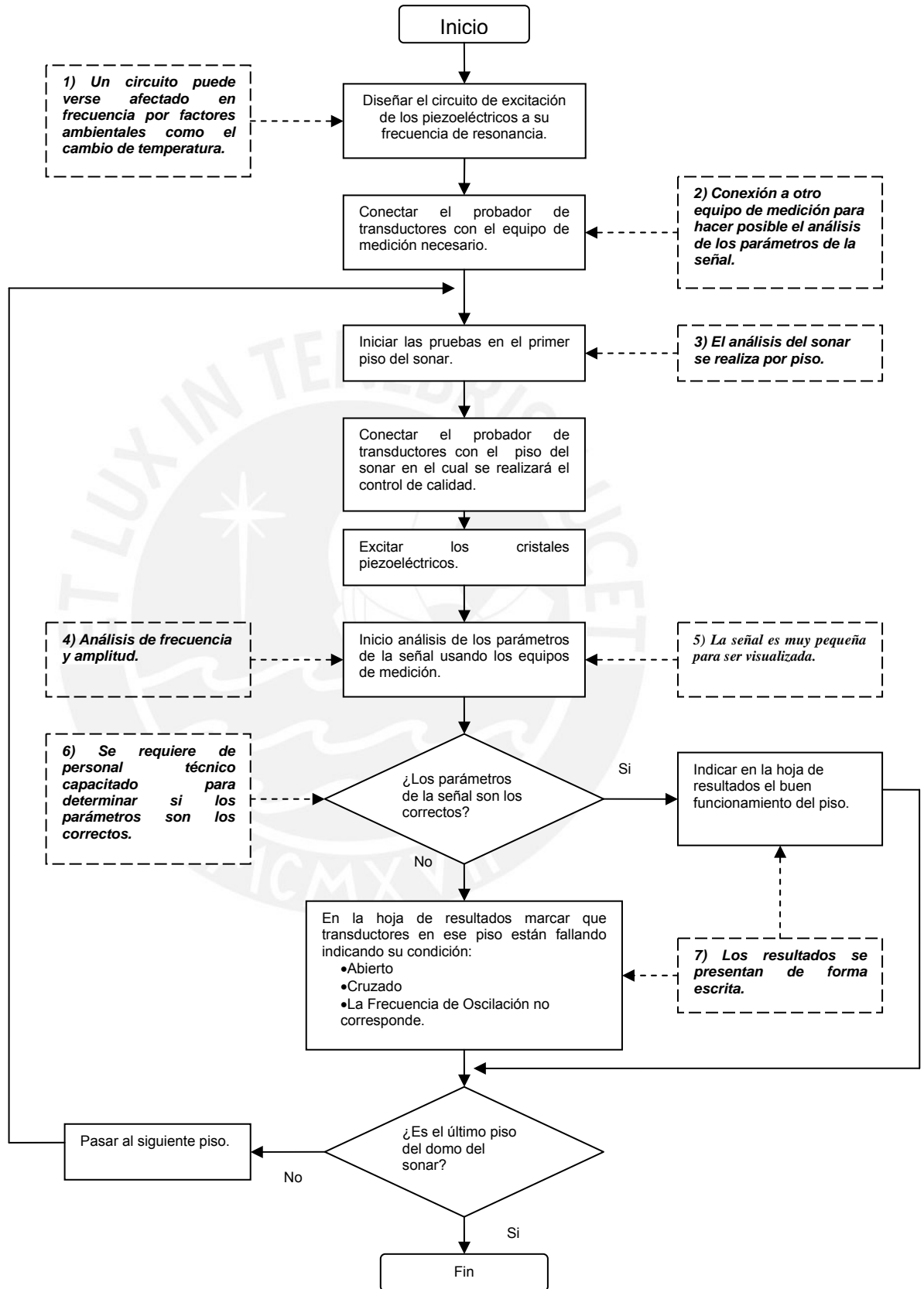


Figura N° 5
Marco problemático del sistema de verificación de los sónares

1.2. **Factores internos del sistema de verificación usado actualmente.**

1.2.1. **Proceso de verificación del estado de los sónares.**



1.2.2. Análisis del Proceso.

Actualmente las empresas pesqueras cuentan con equipos de verificación de sónares únicamente brindados por la empresa Marco Peruana, representante de Furuno en nuestro país.

Este equipo dispone de un circuito resonador que excita los elementos piezoeléctricos haciéndolos oscilar a una frecuencia de 55kHz. Las salidas de este circuito van conectadas a un elemento que realiza el cambio a cada piezoeléctrico en un arreglo de filas y columnas de tal forma que cada uno sea verificado.

Cada piezoeléctrico generará una señal oscilante que será visualizada en el osciloscopio, a partir de la cual se obtendrá el valor de ciertos parámetros como son frecuencia y amplitud. Si el valor de frecuencia coincide con la frecuencia de oscilación inicial de 55kHz se asume que el elemento se encuentra trabajando correctamente, en caso contrario el elemento estaría dañado. Y de esta manera se prosigue con la prueba de los siguientes elementos.

1.2.2.1. Un circuito puede verse afectado en frecuencia por factores ambientales como el cambio de temperatura.

Factores ambientales como la temperatura influyen en los componentes electrónicos de los circuitos utilizados en las pruebas, lo cual los hace inestables y con alta probabilidad de generar falsas lecturas, por lo que se requiere que el equipo de prueba sea de mayor precisión.

1.2.2.2. Conexión a otro equipo de medición para hacer posible el análisis de los parámetros de la señal.

Se requiere del osciloscopio para hacer el análisis de la señal. Por lo que para hacer un control de calidad será necesario el sistema de verificación del estado de los sónares y también se deberá adquirir un osciloscopio.

1.2.2.3. El análisis del sónar se realiza por piso.

El proceso de análisis requiere que se realicen nuevas conexiones para el control de los transductores de cada piso en el domo del sónar, siendo mayor el tiempo necesario para realizar el servicio.

1.2.2.4. Análisis de frecuencia y amplitud.

El análisis de la señal se basa en la frecuencia de la señal observada en el osciloscopio. Se recomienda un análisis más completo, mayor cantidad de parámetros, para comprobar la correcta transmisión y recepción de los transductores.

1.2.2.5. La señal es muy pequeña para ser visualizada.

Para conocer el comportamiento de los transductores es necesario analizar las gráficas obtenidas, estas señales normalmente son de muy pequeña amplitud, por lo que se recomienda amplificarla antes del análisis.

1.2.2.6. Se requiere de personal técnico capacitado para determinar si los parámetros son los correctos.

Es necesario contar con personal suficientemente capacitado, el cual tenga conocimientos amplios sobre los parámetros correctos de funcionamiento de un sónar. Además debe poder entender los gráficos obtenidos en el osciloscopio, dejando a su criterio la evaluación de los transductores.

1.2.2.7. Los resultados se presentan de forma escrita.

Luego de obtener los parámetros, los resultados se entregan de manera escrita. El cliente debe obtener sus propias conclusiones de los resultados presentados.

1.3. Declaración del marco problemático.

No obstante los altos avances tecnológicos en los equipos sónares de pesca y de aplicaciones militares, y la importancia del correcto funcionamiento de los mismos para un buen desempeño en su área, los métodos de verificación ofrecidos

actualmente son aún muy imprecisos, los únicos centros de pruebas sofisticados existentes son de industrias muy desarrolladas en países como Japón, pero este servicio no está al alcance de los usuarios más comunes como son las empresas pesqueras.

Todo equipo sónar se basa principalmente en un sistema de transmisión y recepción referido a una generación de pulsos acústicos sobre el medio acuático y la respuesta de eco sobre el objetivo. Si los elementos piezoeléctricos que forman parte del sónar y que son los encargados de realizar este proceso trabajan defectuosamente, el sistema de detección generará fallas, lo que hará deficiente su trabajo.

El analizador de transductores es un módulo limitado debido a que requiere para la prueba el uso de otros equipos, tales como el osciloscopio, por lo que es necesario para realizar este análisis llevar dicho equipo al lugar donde se realizará la prueba, que generalmente se realiza en la misma embarcación.

El análisis de los transductores de los domos de sónares se encarga de la medición y evaluación de dos parámetros únicamente, frecuencia y amplitud. Normalmente los transductores piezoeléctricos de los sónares CSH5 analizados es de 55kHz, cualquier desfase en frecuencia indica un mal funcionamiento, aunque es necesario tener en cuenta la temperatura del ambiente, ya que este es un factor que influye en los circuitos diseñados para tal prueba. La señal resultante que se visualiza en el osciloscopio es también de muy pequeña amplitud por lo que es necesario un sistema amplificador de señal de tal manera que sus parámetros sean definidos con mayor exactitud.

El sistema en general, se basa principalmente en la obtención de conclusiones y observación de los resultados, esto es realizado por el personal técnico de la empresa que presta el servicio, basándose en las gráficas obtenidas de dicho análisis.

CAPÍTULO 2:

ANÁLISIS DE LOS TRANSDUCTORES DE LOS SÓNARES

UTILIZADOS EN LA ACTIVIDAD PESQUERA.

2.1. Estado del arte.

2.1.1. Presentación del asunto de estudio.

Los recursos del mar son utilizados en las pesqueras para fines alimenticios por lo tanto la localización de estos es una de las tantas problemáticas que se presentan cuando una embarcación sale de pesca. El método artesanal usado para la localización del cardumen ha sido la observación de estos desde el barco basándose en la presencia de aves, delfines u otros mamíferos alrededor. Últimamente los métodos de pesca han evolucionado por lo que los equipos tecnológicos que actualmente se utilizan son: el ecosonda que se encarga de la detección vertical y el sónar que lo hace de manera horizontal. Estos equipos han demostrado ser eficaces para incrementar significativamente la localización de cardumen por lo que su aplicación es un factor esencial para el éxito de las empresas pesqueras.

El funcionamiento del sónar consiste en transmitir fuertes impulsos sonoros para luego captar los ecos que servirán para ubicar el objeto que los produce en transductores. El conjunto de transductores de un equipo de sónar puede moverse e inclinarse en diversas posiciones, con el propósito de localizar el cardumen. Así, es posible comprender la importancia del buen funcionamiento de los transductores del sónar en la actividad pesquera. Sin embargo debido a las condiciones en las que trabaja el sónar, estos transductores a medida que pasa el tiempo se averían por el efecto de la humedad o por la presión ejercida por el medio acuático, que es mayor a la ejercida por el aire y que además aumenta con la profundidad. Por esta razón se considera importante que cada empresa pesquera realice un control de calidad a los sónares, para de esta manera elaborar un informe indicando las condiciones en que se encuentran los transductores, evitando así perjudicar la producción.

A continuación presentamos un análisis de los transductores, su elaboración, desempeño e importancia en la actividad pesquera, así también un breve comentario de la tecnología de sónares existente en el mercado. Además se hace una mención a una técnica desarrollada por un fabricante de sónares para realizar la prueba de transductores.

2.1.2. Estado de la Investigación.

"**Sound Navigation and Ranging**", más conocido por sus iniciales SÓNAR es un equipo tecnológico que se utiliza para ubicar objetos en el agua, en el caso de las empresas pesqueras su objetivo es encontrar el cardumen para luego proceder a la captura. Su comportamiento es parecido al del radar pero en un medio marino. La detección del cardumen por métodos acústicos es la utilizada en los sónares, debido a que las ondas acústicas se propagan con mayor facilidad en el mar en cambio las ondas electromagnéticas se propagan con dificultad en este medio pero con mucha facilidad en el vacío.

El pilar de la acústica es el transductor, generalmente son transductores piezoeléctricos con una cáscara vibrante. Dicho transductor transforma la señal eléctrica en sonido enviándola al mar y el sonido recibido lo transforma en una señal eléctrica. Frecuentemente, la salida del transductor debe ser acondicionada con el fin de obtener señales confiables para su registro o envío. El acondicionamiento de señal se encarga de amplificar las señales de bajo nivel, además de realizar la filtración del ruido presente. Finalmente, la etapa de registro o transmisión permite el almacenamiento y/o envío de la señal adquirida con el objeto de su análisis y proceso posterior.

El registro de las señales de ruido del cardumen se puede realizar empleando hidrófonos, que típicamente emplean transductores cerámicos piezoeléctricos, siendo este el elemento principal. Este hidrófono se basa en la propiedad de respuesta de materiales tales como el PZT (Zirconato titanato de plomo), PVDF (Polivinil fluorido) y otros, para responder a los cambios de presión positiva y negativa que se generan cuando una onda de sonido se desplaza en el mar. [66]

En cuanto al desempeño en este medio, los piezoeléctricos muestran una buena respuesta y características de resistencia a la corrosión, que permiten su uso bajo

estas condiciones. Adicionalmente, estos proveen baja impedancia en calidad de transductores acústicos, factor que minimiza las pérdidas de señal por refracción y/o reflexión sonora.

Los transductores piezoeléctricos presentan buena estabilidad térmica, sin embargo, las difíciles condiciones ambientales marinas, hacen que se investigue la influencia de los cambios de temperatura en el funcionamiento del transductor. En general, en caso de necesidad, existen dos formas de controlar la inestabilidad de frecuencia de los transductores piezoeléctricos: con circuitos de termo compensación y con calibración periódica. En el primer tipo, los circuitos requieren del registro de más variables eléctricas y, por tanto, son más costosos, además de aumentar el volumen del sensor. En el segundo caso, se dispone de una serie de pruebas periódicas con señales patrón de calibración que indican la posible inestabilidad, debidas a cambios de temperatura del cristal piezoeléctrico. [66]

Las limitaciones que presenta el transductor piezoeléctrico conllevan a que se utilice otro tipo de material para la elaboración de transductores para sónares. Se desarrolló una mezcla que promete mejor poder acústico y otras capacidades como baja frecuencia y amplio ancho de banda, esta mezcla se denomina TERFENOL-D. Con este estudio, los compradores de sónares tienen la posibilidad de elegir entre cualquiera de los materiales ya mencionados para los transductores de los sónares. Los transductores son sensibles, por lo que pueden localizar el cardumen fácilmente. Además estos adoptan distintas configuraciones para realizar un mejor análisis y así evitar que la avería de varios elementos afecte substancialmente el comportamiento del conjunto. [13]

El factor necesario e indispensable para el buen funcionamiento de un transductor es su oscilación a la frecuencia correcta, para lo cual se aplica pruebas a los transductores. La frecuencia de resonancia del transductor piezoeléctrico se determina experimentalmente usando impedancia espectroscópica.

El espectro de la impedancia del transductor proporciona la información de la frecuencia a la que resuena así como su factor de calidad. Esta frecuencia a la que trabajan los sónares es importante porque determina el alcance y la penetración del sonido en el medio marino. A mayor frecuencia será menor el alcance y la penetración, así también la relación entre la frecuencia y el tamaño del transductor es inversamente proporcional, a menor frecuencia mayor será el tamaño del transductor y por consiguiente mayor el ancho del haz.

Algunos fabricantes de sónares se encargan de realizar las pruebas de transductores. Entre las marcas que fabrican los sónares tenemos:



Figura N° 6
Logo de la compañía Simrad

Fuente: www.simrad.com

Simrad

SIMRAD, empresa especializada en electrónica para navegación, pertenece al grupo noruego KONGSBERG, uno de los líderes mundiales en su sector. El grupo KONGSBERG se crea en 1814 y desde la fecha su expansión ha sido imparable: hoy en día cuenta con filiales en todo el mundo al servicio de la Marina Mercante, la Simulación y Entrenamiento, el Posicionamiento y Control, la Prospección Oceanográfica, el Control de Tráfico Marítimo, la Protección de Costas, los Pesqueros y Marina Costera y los Yates y Barcos de recreo. Sus centros de fabricación están en Noruega, Dinamarca, Reino Unido y Canadá.

Desde la superficie hasta las grandes profundidades, SIMRAD ofrece a todo tipo de embarcaciones los equipos más avanzados y a la vez sencillos en el manejo, para que los navegantes se orienten y exploren con total seguridad por mares y océanos. Así, cabe destacar los Simuladores de Maniobras, Sistemas de Navegación Subacuática, Sónar, Ecosondas y Radares, entre otros. La nueva familia de sónares Simrad, diseñados para alcances cortos y largos, proporciona imágenes de gran calidad ya que utilizan transductores con un gran ancho de banda combinados con la última tecnología digital de transmisión/recepción.

Sobre los navíos de pesca hay numerosas fuentes que originan ruido, como propulsores, generadores, motores y otros equipos hidroacústicos. Con la operación de múltiple frecuencia de Simrad, se puede obtener una máxima eficiencia evitando la interferencia, ya que frecuencias altas y bajas tienen gamas de detección diferentes sobre condiciones y especies diferentes. Otra característica es la estabilización del rayo, tanto los rayos horizontales como verticales son estabilizados permitiendo al rayo del sónar quedarse en el objetivo, independiente de los movimientos del navío, hasta en mares agitados. [53]

WESMAR

WESTERN MARINE ELECTRONICS

Figura N° 7
Logo de la compañía Wesmar

Fuente: www.wesmar.com

WESMAR

Fundada en 1965, en Estados Unidos, es una empresa que diseña y elabora sus productos manteniendo una ingeniería sofisticada en su laboratorio de diseño, además cuenta con laboratorios para realizar pruebas. Sus productos son exportados a todo el mundo para la actividad pesquera, comercial y deportiva. [50]



Figura N° 8
Logo de la compañía MAQ

Fuente: www.maqsonar.com

MAQ

MAQ produce sónares de sistemas omnidireccionales para la industria pesquera. La fábrica está situada en Ontario, Canadá. La compañía esta dedicada a la investigación y al desarrollo para entregar equipos de alta tecnología a aquellos usuarios finales con grandes expectativas.

Los sónares MAQ ofrecen ciertas características como:

- Haces estrechos de 5° para largo alcance.
- Modo dual de frecuencias en forma simultánea.
- Estabilización del haz en movimiento.
- Seguimiento automático del pescado.
- Información de la dirección y velocidad del pescado.
- Consumo reducido de energía.

Esta empresa hace buen uso del fax y el correo electrónico, además de actualizar continuamente su software. También pone a disposición de sus compradores un correo electrónico para atención de consultas. [52]

Raymarine

Figura N° 9
Logo de la compañía Raymarine

Fuente: www.raymarine.com

Raymarine

Raymarine entrega productos innovadores al mercado electrónico marino. Esta empresa fue formada como compañía el 2001, en Estados Unidos. Los más recientes sónares de Raymarine son los modelos L1250 y el L1250RC. Ambos son mejores en poder, extensión y tamaño de visualización de la señal recibida que el Raymarine L760. [51]



Figura N° 10
Logo de la compañía Furuno

Fuente: www.furuno.com

Furuno

El origen de Furuno Electric Co., se remonta a 1938, cuando los dos hermanos mayores de la familia Furuno abrieron un pequeño taller de reparación de equipos de radio en el puerto de la ciudad de Shimabara. El año siguiente, ellos establecieron "Furuno Denki Shokai" en el puerto de Kuchinotsu Nagasaki, de mucho tráfico de buques de transporte. Tras unos años dedicados a la electrónica para barcos de pesca y mercantes, fundaron "Furuno Electric Co., Ltd. en 1948. [61]

Furuno posee una instalación equipada con uno de los tanques de prueba de transductores más grande del sector privado. Esta instalación ha sido construida para facilitar la prueba, investigación y desarrollo de los transductores destinados a equipos marinos. Entre los equipos de prueba se tiene un gran tanque de agua para transductores para sónares omnidireccionales con un ancho de 5m, un largo de 11m y un fondo de 6,5m. La capacidad de este tanque les permite realizar pruebas eficientes y precisas de los transductores, lo cual influirá en la mejora del diseño de los equipos.

La prueba para los transductores de sónares es realizada de la siguiente manera: Primero, se utilizará una máquina diseñada especialmente para bajar el transductor al agua. Los pulsos acústicos son entonces transmitidos. Estos son recibidos por un hidrófono acústico localizado en el tanque. Los pulsos pueden ser analizados para asegurar una transmisión correcta y las características direccionales del

transductor. El hidrófono acústico puede ser movido en cualquier dirección, lo que nos permitirá comprobar la omnidireccionalidad del sónar. [15]



Figura Nº 11
Probador de Transductores de la Compañía Furuno

Fuente: www.furuno.es

2.1.3. Síntesis sobre el asunto en estudio.

De todas las marcas de sónares presentes en el mercado: Simrad, Wesmar, Raymarine, MAQ y Furuno, la mayoría de empresas pesqueras peruanas cuenta con esta última según la información brindada por un especialista en el área. Al tener sónares Furuno se ven obligados a recurrir a la tecnología de esta empresa para el respectivo control de calidad de los sónares, existiendo un único representante en nuestro país haciendo que la prestación de este servicio se convierta en un monopolio.

Siendo los sónares equipos importantes en el éxito de las empresas pesqueras, se requiere un buen funcionamiento de estos. Por lo tanto es indispensable conocer en que estado se encuentra la base de funcionamiento de los sónares y transductores.

Para hacer este control de calidad de los transductores se implementará una nueva tecnología, cuya base es el estudio del funcionamiento y desempeño de los

transductores para luego con estos conceptos desarrollar un sistema de verificación del estado de los sónares. La prestación del servicio se daría a un precio más asequible que el actual, brindando mayor eficiencia, por lo que se prevé que este equipo de pruebas a realizar tenga una gran aceptación en las empresas pesqueras.

2.2. Análisis de las señales de los transductores del sónar.

2.2.1. Ondas ultrasónicas.

2.2.1.1. Definición.

Se denominan así a aquellas ondas que poseen una frecuencia mayor a 20kHz. Las unidades de Hz me indican la cantidad de vibraciones que ocurren en un segundo. La velocidad de las ondas ultrasónicas es de 1500 metros por segundo en un medio marino. Se dan algunas variaciones dependiendo de las características del área en la que se desplazan como temperatura, salinidad y presión.

La velocidad aumenta:

- 3m/s por cada grado de temperatura.
- 1.7m/s por cada 100 metros más de profundidad.

2.2.1.2. Características de las ondas ultrasónicas.

- **Atenuación y absorción.**

La onda ultrasónica a medida que va penetrando en el medio marino pierde intensidad. Las principales causas de la atenuación son:

- La energía acústica de la onda ultrasónica decremente gradualmente por la reflexión, refracción y la difusión en el agua.
- La energía acústica es absorbida por la viscosidad del medio y se convierte en otras formas de energía.

A mayor sea la frecuencia, mayor será la atenuación y absorción de las ondas ultrasónicas.

- **Refracción.**

La onda ultrasónica no viaja en el medio marino de manera directa, por el contrario, se refracta. Esta refracción es causada por la variación de la

velocidad (debido a la temperatura) en el agua o a medida que la onda pasa por una interfase, causando una discontinuidad de la velocidad de las ondas.

- **Reflexión.**

La reflexión es un factor importante a tomar en cuenta cuando se diseña un sónar, ya que determina su capacidad de “oír”. Si la onda ultrasónica incide sobre un espejo, esta se refleja completamente sin absorción. Sin embargo el medio marino tiene diferentes ambientes compuestos por rocas y arena, que provocan diferentes propiedades de reflexión, lo mismo ocurre con los peces que dependiendo de su tamaño, forma y densidad reflejarán la onda con otras características.

2.2.1.3. Aplicación de las ondas ultrasónicas en sistemas de medición.

Los transductores ultrasónicos, como dispositivos formando parte de un equipamiento, han encontrado numerosas aplicaciones en campos variados, especialmente en la visualización de partes y estructuras internas. El rango de aplicaciones está determinado por la frecuencia de trabajo, la potencia con la que irradian al medio y el tipo de emisión (impulsiva o continua).

- En procesos industriales donde se requiere alta potencia son utilizados para operaciones como soldadura, maquinados y limpieza de materiales, los sistemas pulso eco de baja potencia se usan en la medición de espesores, control de nivel, flujo, etc.
- Dentro de la industria, también constituyen una valiosa herramienta en la detección de grietas, huecos e inclusiones.
- En el ámbito de laboratorio han permitido la caracterización y el estudio de nuevos materiales.
- En la medicina son utilizados para el diagnóstico de enfermedades mediante la visualización del interior del cuerpo humano, medición de flujo sanguíneo, o en tratamientos terapéuticos, afecciones en huesos y músculos, destrucción de cálculos renales, tumores etc. [48]

2.2.2. Sónar.

2.2.2.1. Definición de Sónar.

El término proviene de **S**ound **N**avigation and **R**anging. Es un sistema que refleja y transmite sonido en el medio marino para detectar y localizar objetos. Es análogo al radar, el cual está basado en la reflexión de las ondas de radio en un medio aéreo.

2.2.2.2. El ecosonda y su evolución.

En el ecosonda, la energía acústica se transmite de manera tal que se obtienen los ecos de sólo una parte del piso marino, lo cual se logra dirigiendo el sonido a través de un haz especial, que tiene una forma parecida a un cono.

En un principio este haz era muy ancho, lo que hacía perder resolución y, por consiguiente, exactitud. Luego se implementó el ecosonda de haz angosto que significa una mayor exactitud para trabajos hidrográficos, pero la pequeña área iluminada por el sonido de los ecosondas de haz angosto, resultó ser insuficiente. Para cubrir mayores áreas y minimizar los costos de operación, se desarrollaron sistemas capaces de recorrer extensas zonas con una precisión y exactitud adecuadas. Estos sistemas sónares emiten varios haces angostos de sonido, con una determinada ordenación de tal manera que barren toda una área simultáneamente. [47]

2.2.2.3. Clasificación de Sónares.

Tres clases de sónares producen las fábricas: Los de exploración “paso a paso” de haz estrecho; los de exploración “paso a paso” de haz ancho; y los omnidireccionales o también llamados de haz múltiple.

- **De exploración “paso a paso” de haz estrecho.**

Son los sónares de funcionamiento más simple. Su funcionamiento se asemeja a la manera en que opera un faro en la oscuridad. El haz de exploración, emitido por el transductor, rota alrededor de la embarcación sobre un plano casi horizontal y bajo la superficie del mar, proyectando una energía ultrasónica que va alejándose de la embarcación y que retornará a la embarcación al encontrar un cardumen en su camino. Sin embargo a

diferencia del faro, la rotación del haz no es continua, sino más bien “paso a paso”.

El haz explora primero en una dirección determinada por un corto periodo de tiempo luego lo hace en una dirección adyacente de aproximadamente 6° de diferencia a la dirección del haz anterior y así sucesivamente hasta completar los 360° alrededor de la embarcación. Estos 6° de diferencia en la dirección del haz de exploración en dos posiciones adyacentes es lo que da la denominación de “haz estrecho” a este tipo de sónar.

Si se desea tener mayor alcance, el sónar necesita más tiempo para emitir el haz, por lo que la velocidad de este disminuye necesariamente, por el contrario si se desea tener mayor velocidad del haz, la distancia de alcance será menor. Por lo que se concluye que este sónar no es muy eficiente, además este modelo genera zonas ciegas ya que es capaz de detectar solo la región bajo el agua que es cubierta por el haz de exploración en un instante dado.

- **De exploración “paso a paso” de haz ancho.**

Una forma de reducir las limitaciones que presentan los sónares de haz estrecho es ampliando el ángulo horizontal del haz de exploración. Así mientras más ancho sea el haz menos exploraciones sucesivas de dicho haz serán necesarias para completar los 360° , por lo que la velocidad del haz ancho será mayor que la del haz estrecho.

Este haz ancho se consigue con el arreglo de varios transductores dispuestos en arco, en cambio el sónar de haz estrecho solo posee un transductor.

Se concluye que el sónar de haz ancho es más eficiente por las siguientes razones: Explora una sección más amplia; la exploración de 360° la hace a mayor velocidad; y disminuye la cantidad de zonas ciegas. Sin embargo es un sónar de exploración “paso a paso” por lo que siempre existirá una relación inversa entre la distancia de alcance y la velocidad de rotación del haz de exploración.

- **Omnidireccional.**

También llamados de haz múltiple o círculo completo. Emplean una tecnología más elaborada y compleja. Estos sónares utilizan transductores múltiples dispuestos en forma cilíndrica, de esta manera puede transmitir múltiples haces de exploración en todas las direcciones alrededor de la embarcación. Por lo que toda la situación bajo el mar es explorada y presentada en la pantalla en tiempo real. En consecuencia la posibilidad que se de la situación de zonas ciegas es nula. En los sónares omnidireccionales, la distancia de alcance es el único factor a elegir. Pero este depende de la frecuencia de operación y potencia de transmisión del sónar, así también de la salinidad y temperatura del agua.

2.2.3. Transductor.

2.2.3.1. Definición de Transductor.

Un transductor es un dispositivo capaz de convertir un tipo de energía en otra. Los transductores empleados en acústica convierten energía eléctrica en acústica e inversamente. Algunas características fundamentales:

- Un transductor submarino necesita 60 veces más potencia para proyectar la misma cantidad de energía que un altavoz equivalente usado en el aire.
- La presión ejercida por el medio acuático es mayor que la ejercida por el aire y además aumenta con la profundidad, lo que obliga a dotar a los transductores de una cierta resistencia mecánica.

Los transductores que trabajan en el agua y convierten el sonido en electricidad se llaman HIDRÓFONOS, los que realizan el proceso contrario se llaman PROYECTORES. Muchas veces un mismo transductor puede realizar ambos procesos. [68]

2.2.3.2. Clasificación de transductores.

Los transductores, según su modo de operación, se clasifican en:

- **Magnetostrictivo.**

Poseen un eje de hierro con un espiral de níquel. El pulso eléctrico (corriente DC) genera un campo magnético en el espiral que produce una contracción y por lo tanto reduce su diámetro. Una vez que deja de circular corriente recupera su tamaño original. Con corriente AC se generan contracciones y expansiones. Cuando la frecuencia aplicada es la frecuencia de resonancia del transductor, la amplitud de la vibración será la máxima. [62]

- **Piezoeléctrico.**

Estos transductores ultrasónicos piezoeléctricos son dispositivos que se utilizan para transformar la energía mecánica, en el rango de frecuencias ultrasónicas (mayor a 20 kHz), en energía eléctrica o viceversa.

Está hecho de dos platos con un fondo de cristal de cuarzo en el medio. Al aplicarle voltaje a través de los platos produce un cambio en el grosor del fondo de cuarzo (efecto piezoeléctrico). La variación del voltaje causa la vibración del cuarzo y por ende la vibración de toda la unidad. La compresión del cristal origina un diferencial de voltaje en las caras del cristal. De igual manera que el caso anterior la amplitud de la vibración será máxima cuando oscile a la frecuencia natural del cristal. [62]

- **Electrostrictivo.**

Basado en el transductor piezoeléctrico. Son livianos y reversibles. [62]

2.2.3.3. Características de los transductores.

Los transductores, según sus parámetros acústicos, definen el comportamiento de los sónares:

- **Frecuencia.**

La frecuencia de resonancia de los transductores es la que define la distancia de alcance del sónar. El tamaño de los transductores determina la frecuencia a la que operan estos, a mayor sea el tamaño, menor la frecuencia de resonancia y viceversa. Otra interdependencia es la que existe con la atenuación, a mayor

sea la frecuencia natural del transductor mayor será la atenuación de la onda en el mar.

- **Ancho de Banda.**

El transductor debe transmitir en un ancho de banda pequeño para que esta sea eficiente, obteniendo un factor de calidad alto. Pero para una buena recepción se necesita que el factor de calidad sea bajo, debido a la discriminación de ecos.

- **Longitud de Onda.**

La longitud de onda determina el alcance de la onda, a mayor sea la longitud de onda, mayor será la energía aplicada y consecuentemente aumentará la distancia de alcance. [62]

2.3. Modelo Teórico.

El modelo teórico se basa principalmente en el análisis de los transductores del sónar CSH-5, por lo que se requiere un profundo análisis de este proceso. Siendo muy importante para la comprensión de este análisis los conceptos de ondas ultrasónicas y transductores, ya que estos últimos son la base del sónar, pues se encargan de la transmisión y recepción.

En el caso de la transmisión, transformando energía eléctrica en energía mecánica, es decir, pulsos eléctricos en vibraciones longitudinales que se propagan a través del medio marino utilizando la presión, y en el caso de la recepción se realiza el proceso inverso. Por lo anterior se considera esencial el estudio de los parámetros de la señal, ya que el buen funcionamiento del sónar depende de las señales emitidas y recibidas por el conjunto de transductores del sónar, siendo sus características y comportamiento, factores importantes para el desempeño del probador.

- **Sensibilidad.**

La sensibilidad es la destreza del sónar para detectar reflejos a cierta profundidad. A mayor sea la amplitud de la señal recibida o emitida, mayor será

la sensibilidad del conjunto de transductores del sónar. Una sensibilidad excesiva puede causar que el objeto reflectante se confunda como parte del fondo marino. [65]

- **Velocidad.**

La velocidad de las ondas ultrasónicas esta determinada por la densidad y elasticidad del medio, estas variables se ven afectadas por los cambios de temperatura en el medio marino. Concluyendo que la velocidad sufrirá variaciones solo cuando la temperatura no sea constante.

- **Frecuencia.**

Es la cantidad de oscilaciones que suceden en un segundo. La frecuencia se mide en Hertzios (Hz). A la frecuencia de resonancia de la señal se obtiene una amplitud máxima. El desempeño de un transductor está determinado principalmente por la característica de la señal de frecuencia obtenida del circuito oscilador a partir de la vibración del elemento piezoeléctrico y a la cual se emiten las ondas acústicas.

- **Periodo.**

Es el tiempo en el que se da una oscilación completa. Es la inversa de la frecuencia.

- **Longitud de onda.**

Existe una relación entre la longitud de onda, velocidad y frecuencia. La velocidad es constante en cada medio de transmisión (para una temperatura que no varia en el tiempo), por lo que a mayor sea la frecuencia menor será la longitud de onda.

La longitud de onda se define como la distancia entre dos puntos que están en un mismo estado de vibración. [67]

- **Intensidad.**

La intensidad es la energía que cruza un área de unidad por segundo. La intensidad disminuye con la distancia. [67]

- **Amplitud.**

La amplitud esta relacionada con la intensidad, el valor de esta decrementa cuando la intensidad de la onda disminuye. Esta disminución se da mientras mayor sea la distancia de propagación.

- **Tiempo de respuesta.**

Es el tiempo transcurrido desde la emisión de un pulso de ondas ultrasónicas hasta el momento en que se recibe el eco.

Se tendrá como consideración los sistemas anteriormente elaborados para así brindar al usuario un nuevo sistema que proporcione resultados con mayor precisión y exactitud utilizando alta tecnología. Dichos resultados deberán presentarse en una interfaz de fácil comprensión, la cual pueda mostrar claramente las características de funcionamiento de los transductores y determinar el estado en que se encuentran operando.

Este sistema de verificación no será para un exclusivo tipo de transductor, sino que se desea presentar la flexibilidad de probar transductores con diferente frecuencia natural, debido a la existencia de diferentes tipos de sónares como los de haz estrecho, haz ancho y omnidireccionales. Como proyección se considera romper el monopolio que existe actualmente en el mercado nacional, brindando el servicio de análisis de los transductores a menor precio que el actual. Se considera el factor económico muy importante, para poder lograr competitividad en el mercado.

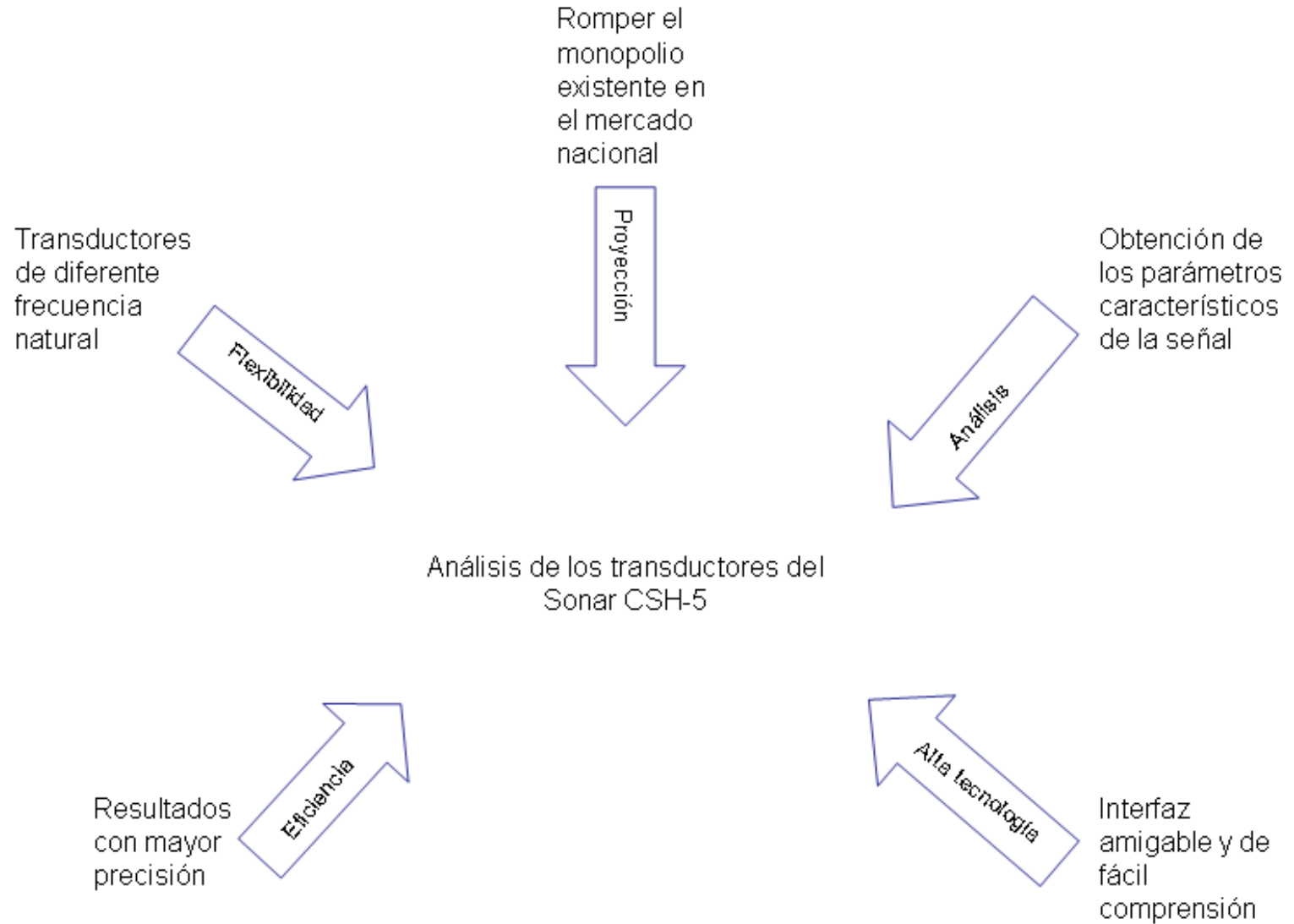


Figura Nº 12
Modelo Teórico

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA DE VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS SÓNARES

3.1. Metodología de diseño o estudio.

3.1.1. Universo y muestra.

El universo para nuestro tema de investigación está formado por los sónares de las embarcaciones de las empresas pesqueras.

La muestra que se utilizará está conformada por el modelo del sónar omnidireccional CSH-5 de la marca Furuno.



Figura N° 13
Sónar CSH-5

Fuente: www.furuno.com

El sónar CSH-5 puede presentar la situación submarina instantáneamente en los 360° alrededor de la embarcación en 16 colores sobre una pantalla de catorce pulgadas. Cuando se conecta al sensor GPS, sensor de rumbo/giro o un ecosonda puede presentar en su pantalla la posición del barco, su velocidad, rumbo, fondo y temperatura del agua. [61]

La configuración del sistema del sónar CSH-5, es la que se muestra en la figura N° 14. El domo del sónar CSH-5 esta conformado por doscientos cuarenta cristales. Su estructura es de 12 pisos, en cada piso se encuentran 20 cristales, a los cuales se puede tener acceso mediante tres conectores, el conector P1 de 15 pines, el conector P2 de 7 pines y por ultimo el conector P3 de 10 pines, cuya configuración se muestra en la tabla N° 1. Si cada piso tiene los 3 conectores ya mencionados, entonces el sónar esta formado por 36 conectores, 12 de cada tipo de conector, por lo que el análisis del sistema de verificación de sónares se hará por piso para simplificar el cableado al momento de realizar las pruebas.

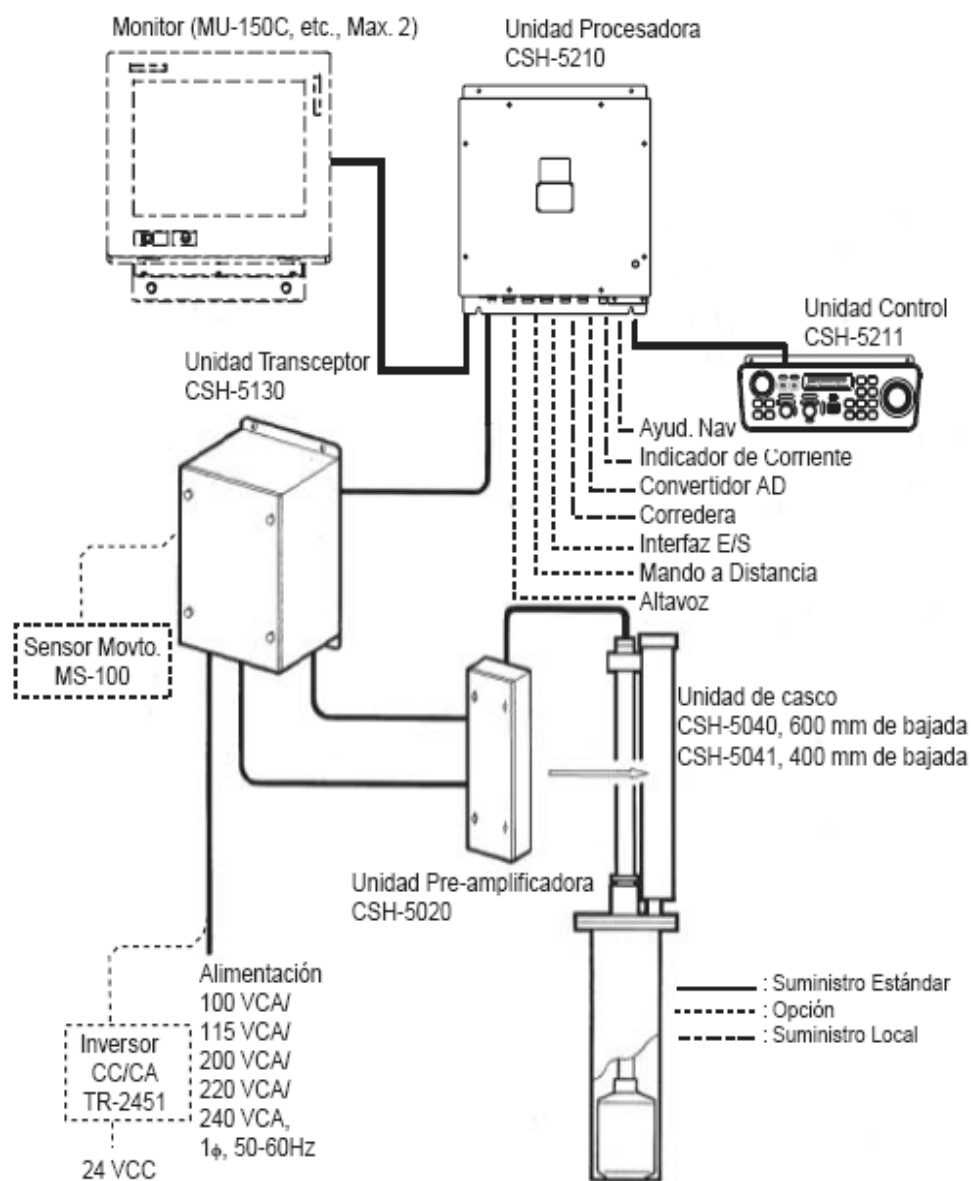


Figura N° 14
Configuración del sistema del sónar CSH-5

Fuente: www.furuno.com

Conector P1			Conector P2			Conector P3		
Pin	Cristal	Color de cable	Pin	Cristal	Color de cable	Pin	Color de cable	
1	10	Plomo	1	12	Amarillo	1	Amarillo	Común de los cristales impares
2	8	Plomo	2	14	Blanco	2	Naranja	
3	6	Blanco	3	16	Amarillo	3	Naranja	
4	4	Blanco	4	18	Amarillo	4	Blanco	
5	2	Amarillo	5	20	Amarillo	5	xxx	No conectado
6	19	Naranja	6	GND	Verde	6	xxx	
7	17	Naranja	7	GND	Verde	7	Plomo	Común de los cristales pares
8	15	Naranja				8	Plomo	
9	13	Blanco				9	Verde	
10	11	Blanco				10	Verde	
11	9	Plomo						
12	7	Plomo						
13	5	Verde						
14	3	Verde						
15	1	Naranja						

Tabla N° 1
Configuración de la conexión de los cristales del sónar CSH-5

3.1.2. Procedimiento e instrumentos de análisis.

Se detalla a continuación el desarrollo de la investigación:

Etapa 1: Investigación preliminar.

- Importancia de los sónares en el desarrollo del país y sus aplicaciones.
- Identificación de los procesos relacionados al uso de los sónares en la industria pesquera.
- Revisión de la documentación del proceso del sistema de verificación de los sónares con el que actualmente cuentan las empresas.

- Entrevista con empresa pesquera peruana que utiliza sónares, con el fin de conocer sus requerimientos, el tipo de pruebas que desean y cuan eficiente quieren que sea el análisis.
- Definir objetivos de la solución.

Etapa 2: Análisis del proceso del sistema de verificación de sónares.

- Estudio de los sónares y transductores, definición, características, aplicaciones, etc.
- Análisis de los requerimientos, parámetros a medir, presentación de resultados, etc.
- Planteamiento del proceso de verificación de los sónares.
- Diseño del esquema donde se describa las etapas del proceso a desarrollar.

Etapa 3: Desarrollo de la solución.

- Desarrollo de circuitos necesarios.
- Pruebas de los circuitos.
- Desarrollo del modelo del sistema de verificación de sónares.
- Pruebas del modelo.

Etapa 4: Conclusiones y recomendaciones.

- Conclusiones de las pruebas realizadas en la embarcación pesquera.
- Recomendaciones para la mejora de este sistema.
- Evaluación de costos.

En lo que se refiere a instrumentos de análisis, se usará:

- Informes semanales de los avances realizados.
- Fichas de registro de pruebas.
- Software utilizado:
 - o Eagle Layout Editor
 - o Avr Studio Atmel
 - o VMLAB

3.2. Diagramas de bloques.

La figura N° 15 muestra el diagrama de bloques inicial del sistema de verificación de los sónares, el cual está conformado por cuatro etapas, conmutación, circuito resonador, amplificación y comparador para la conversión de la señal a onda cuadrada, lo que permitirá que el programa del microcontrolador pueda analizar esta señal y mostrar la frecuencia de resonancia del cristal en la pantalla del computador.

El valor de la frecuencia de los cristales analizados son enviados al computador utilizando el puerto serial, el estado de la transferencia de la información se mostrará en la ventana de HyperTerminal; también es posible capturar el estado del archivo transferido y enviar la información directamente a una impresora para registrar los reportes del análisis de cada sónar, finalmente basándose en este reporte la empresa pesquera podrá concluir si el sónar se encuentra funcionando correctamente o en caso contrario tomar las medidas necesarias para su posterior reemplazo. Se considera que un sónar no opera correctamente si los cristales dañados se encuentran agrupados en un porcentaje mayor al 5% del total de los cristales del sónar, según el ingeniero de flota de una empresa pesquera.

En la etapa de conmutación se usará el integrado 74HC4066. En esta etapa se asignó la conexión de dos cristales para cada circuito integrado, por lo que se utilizarán diez de estos para todo el sistema, ya que cada piso del sónar esta conformado por veinte cristales, siendo la realización del análisis por pisos. La activación de los conmutadores, los cuales están conectados a los cristales, es controlada por dos decodificadores (cada uno de cuatro entradas - dieciséis salidas). Estos decodificadores están conectados a un contador binario, el cual a su vez es controlado por una señal de reloj que asignará el tiempo de análisis de cada cristal.

Se desarrolló la etapa de conmutación anteriormente explicada para que el sistema de verificación sea automático ya que en un inicio se había establecido hacer esta conmutación manualmente utilizando selectores.

En una segunda revisión se observó que se podría realizar una mejora en el diseño aprovechando el tipo de conexión de los cristales en los sónares con un ordenamiento par e impar tal como se muestra en la tabla N° 1, lo que permite disminuir el número de integrados 74HC4066, así también se usará un solo decodificador (4 entradas - 16 salidas). Este decodificador ya no será controlado por el contador binario, sino por el programa del microcontrolador lo que simplifica el hardware del sistema de verificación de los sónares.

De esta manera se llegó a la propuesta del diagrama de bloques 2 mostrado en la figura N° 16.



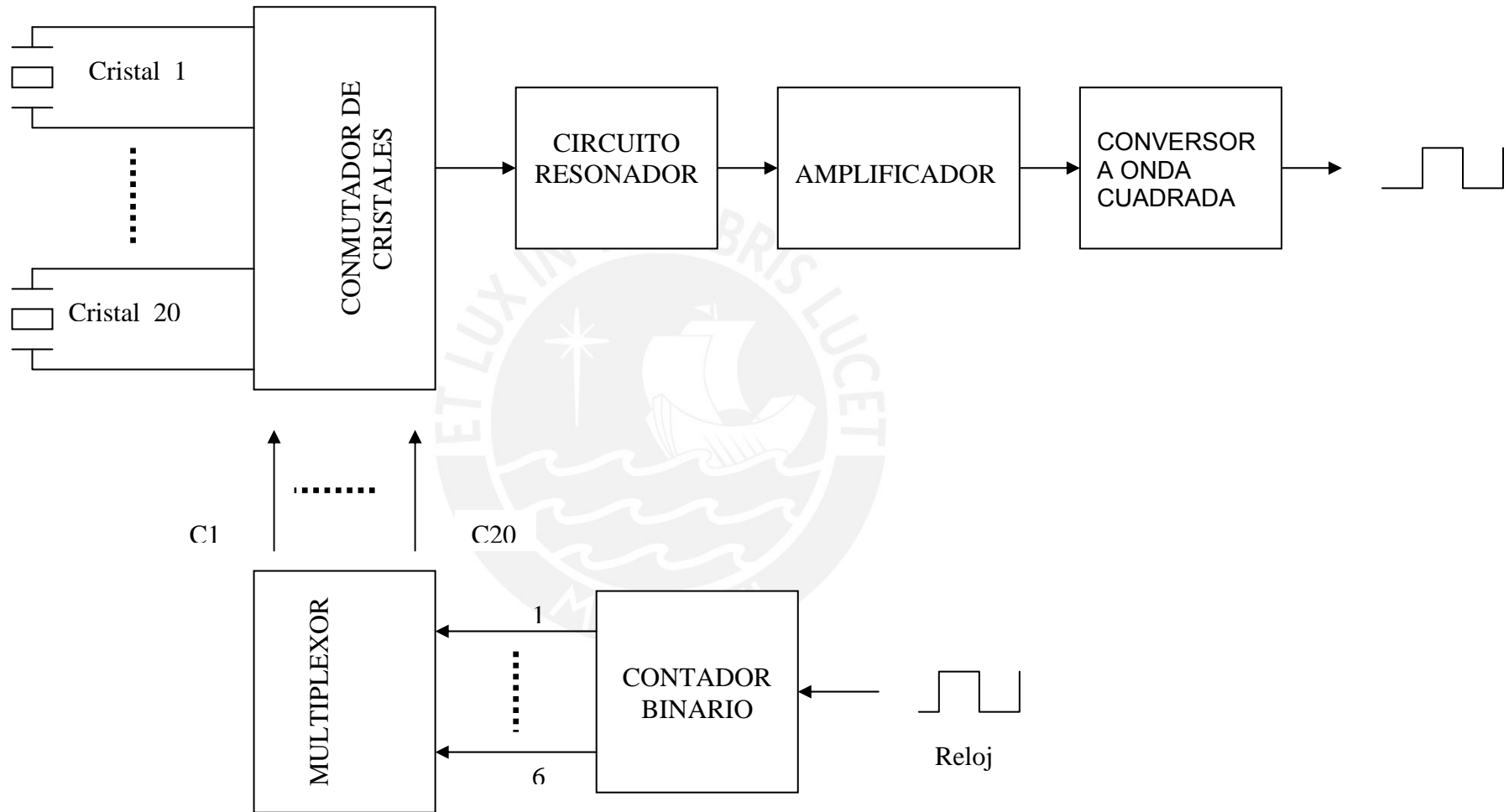


Figura Nº 15
Diagrama de Bloques Nº 1

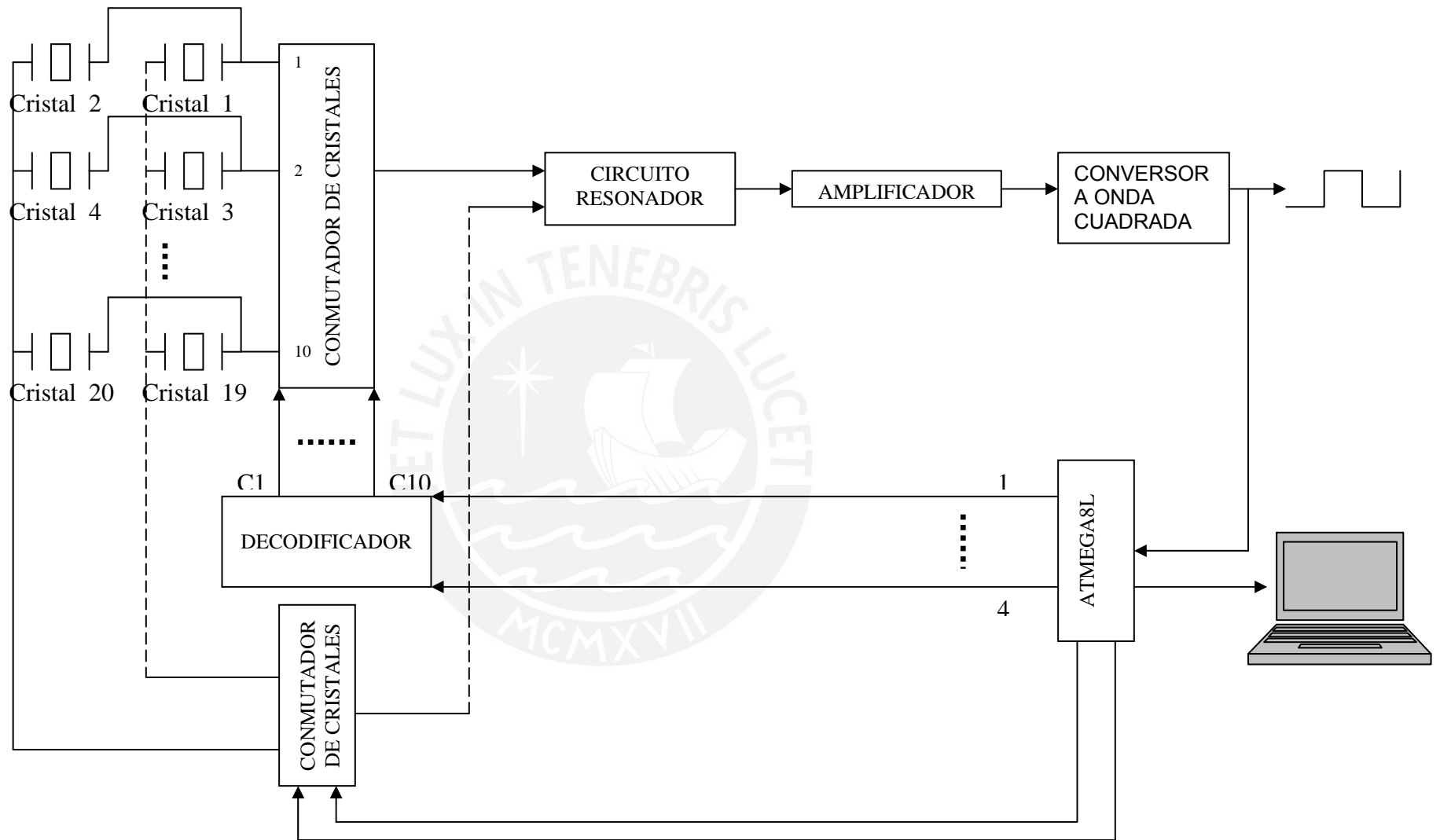


Figura Nº 16
Diagrama de Bloques Nº 2

3.3. Diagramas esquemáticos de los circuitos.

3.3.1. Circuitos Resonadores.

En un inicio se desarrolló el circuito oscilador Colpitts, mostrado en la figura N° 17, el cual funcionaba correctamente cuando el cristal estaba fuera del sónar, sin embargo al realizar las pruebas dentro de la estructura misma se observó que a la salida había una marcada tendencia del circuito a resonar a su segunda armónica, registrándose así una frecuencia de 114 KHz aproximadamente, lo cual no cumplía con los requerimientos del sistema.

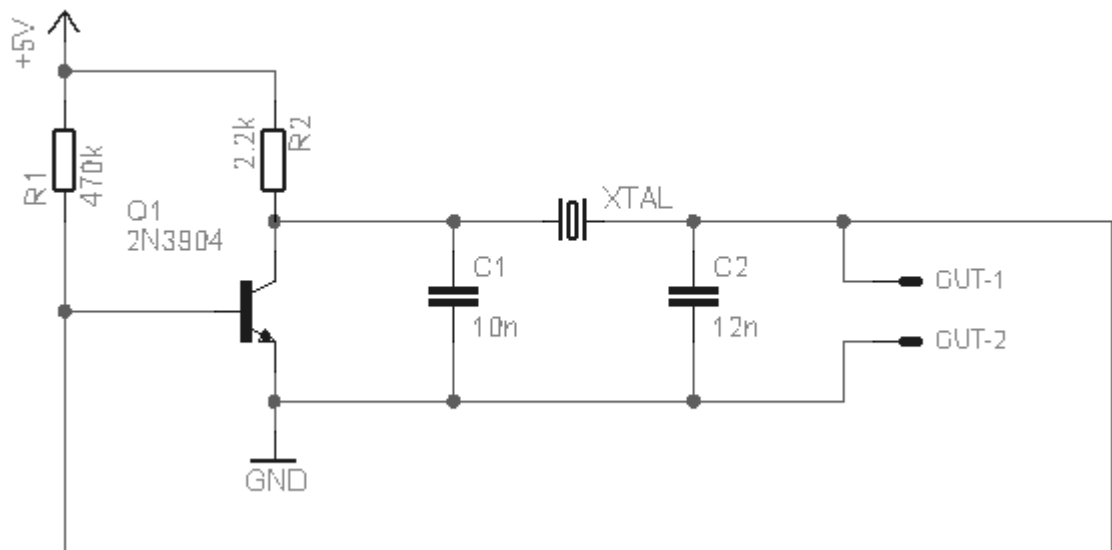


Figura N° 17
Oscilador Colpitts

Para solucionar este problema se optó por realizar las pruebas de los cristales con otros circuitos osciladores los cuales presentamos a continuación:

El siguiente circuito mostrado en la figura N° 18 entrega una señal estable y de baja distorsión. Cuenta además con una etapa de amplificación lo que permite entregar un voltaje de 5V. Durante las pruebas se observó que los cristales no dañados resonaban a una frecuencia de 54,08KHz cercana a la frecuencia de resonancia del cristal de 55Khz. La explicación de este circuito se encuentra detallada en el anexo C.

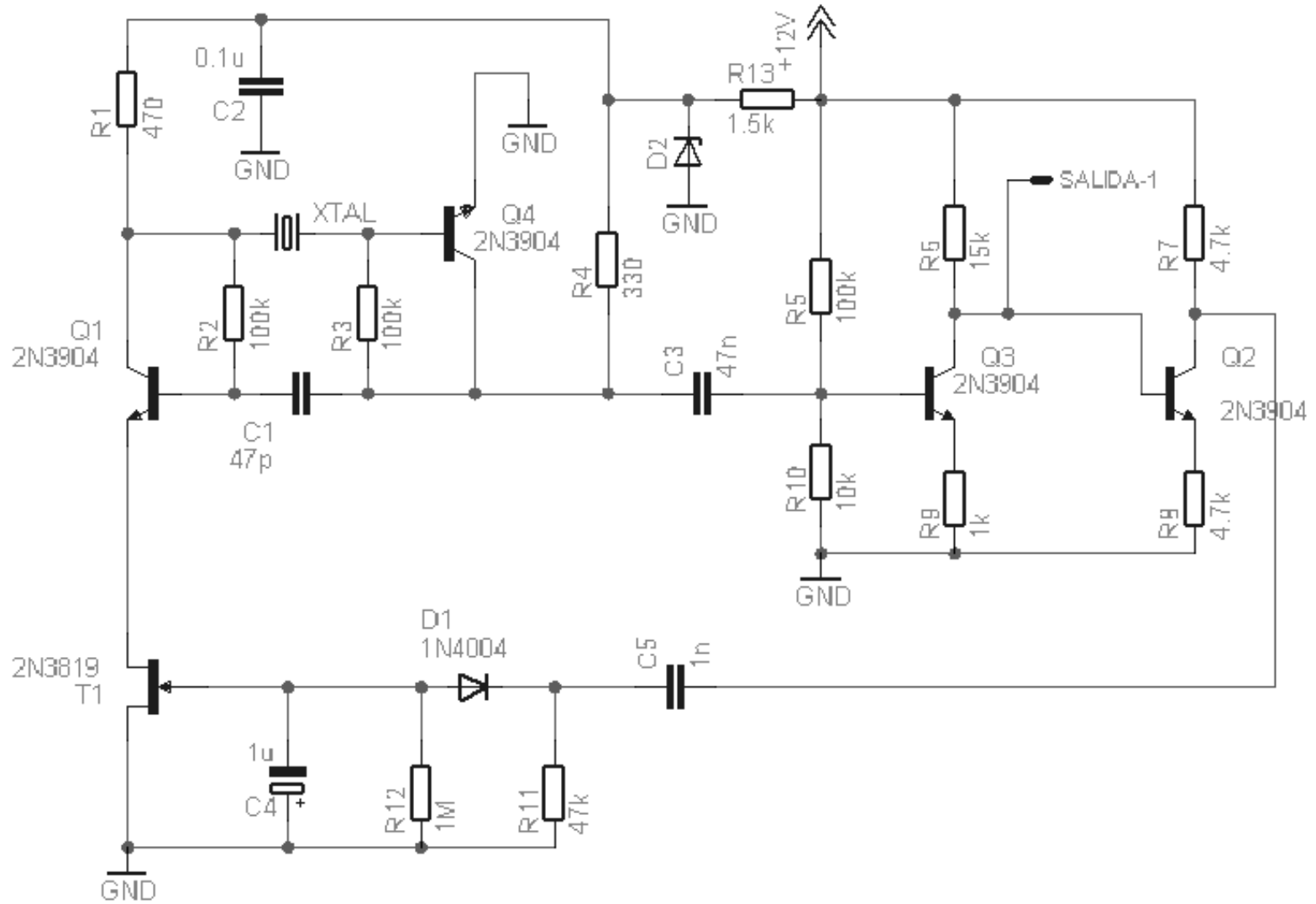


Figura Nº 18
 Oscilador a cristal

El circuito de la figura N° 19 muestra a la salida una señal sinusoidal inestable de baja amplitud con una frecuencia que varía de 55KHz a los 114 Khz perteneciente a su segunda armónica.

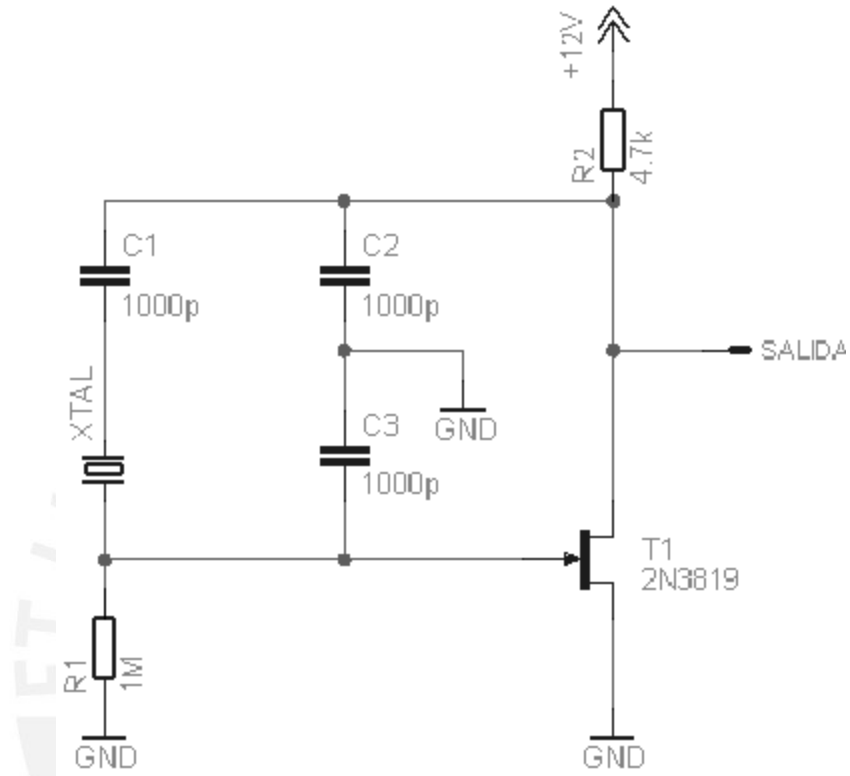


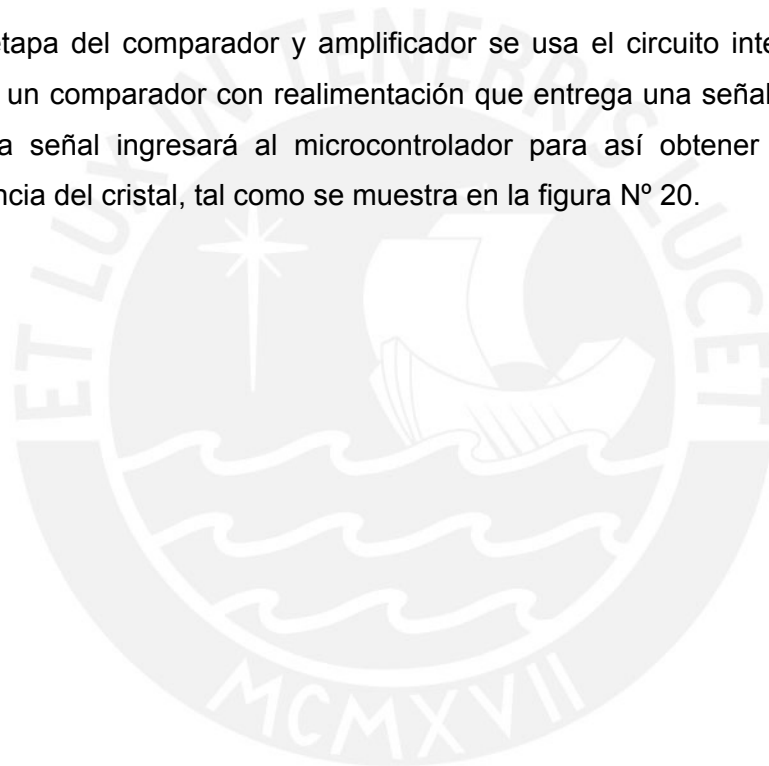
Figura N° 19
Oscilador Colpitts a cristal

3.3.2. Diagrama General.

El diagrama esquemático general de la figura N° 20 muestra las etapas que conforman el desarrollo del sistema de verificación de sónares explicado en el diagrama de bloques N°2 mostrado anteriormente en la figura N° 16.

Cada etapa muestra los circuitos ya probados, conmutador, amplificador, comparador y resonador. En la etapa de conmutación, como ya se mencionó anteriormente se usará el integrado 74HC4066, el decodificador 74HC154, y las compuertas de negación 74LS04.

En la etapa del comparador y amplificador se usa el circuito integrado LM339, el cual es un comparador con realimentación que entrega una señal cuadrada de 0 a 5v, esta señal ingresará al microcontrolador para así obtener la frecuencia de resonancia del cristal, tal como se muestra en la figura N° 20.



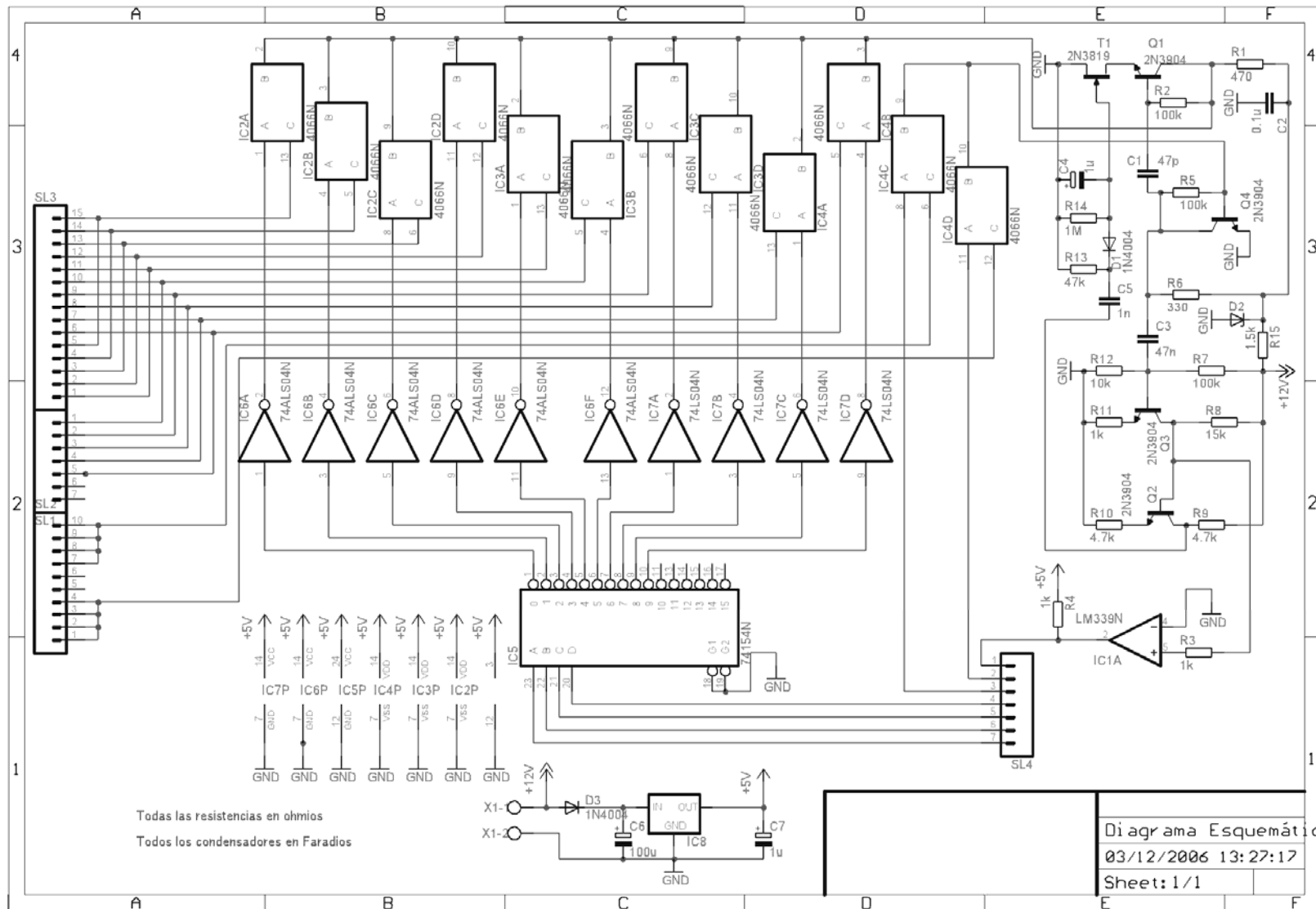
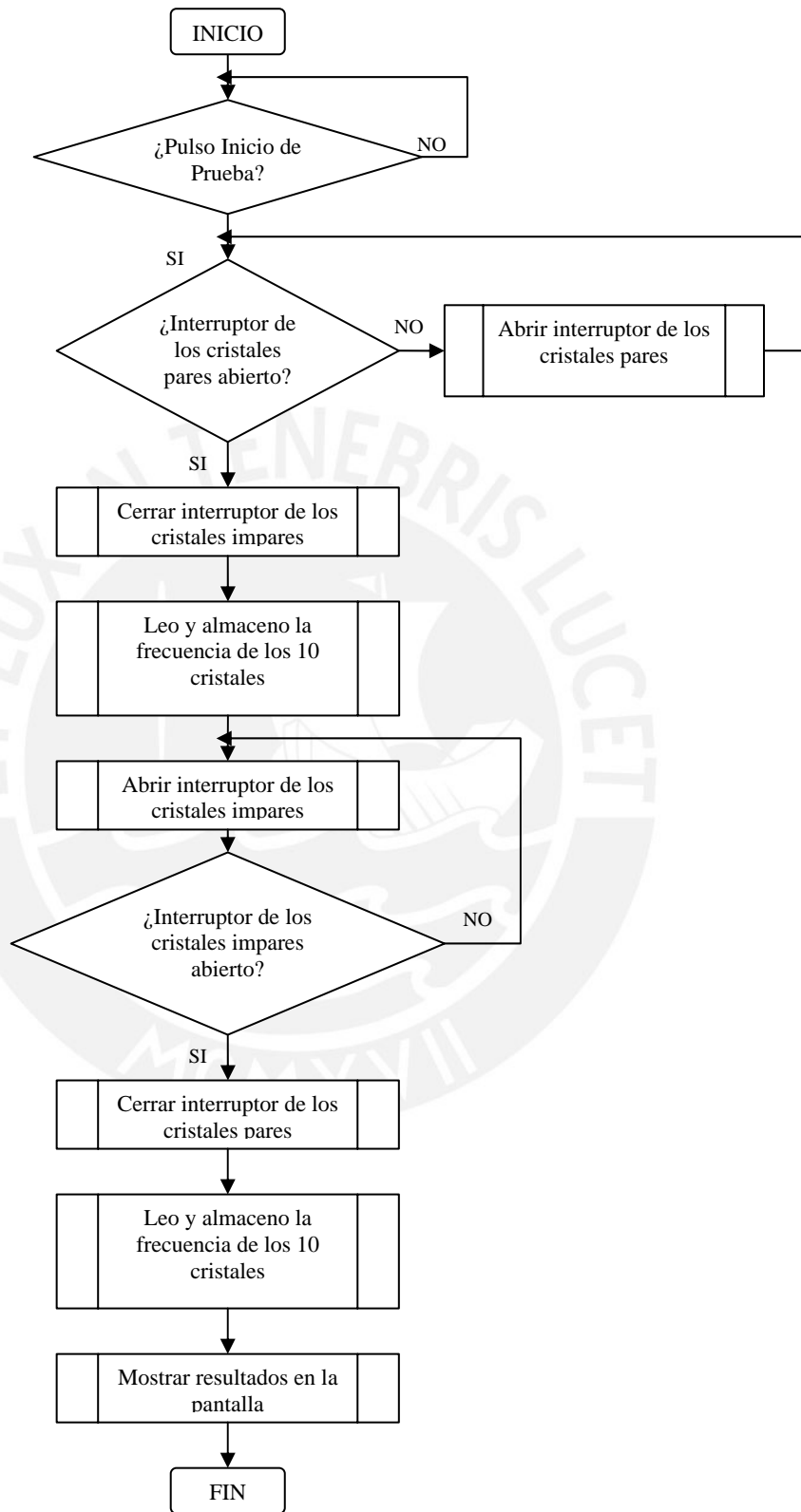


Figura N° 20
Diagrama Esquemático General

3.4. Diagramas de flujo.

3.4.1. Diagrama de flujo general.



3.5. Relación de componentes a usar.

- Microcontrolador
 - o Atmega8L

- Circuitos Integrados:
 - o Cuádruple interruptor Bilateral 74HC4066
 - o Compuerta NOT 74LS04
 - o Comparador de tensión LM339
 - o Decodificador 74HC154
 - o Regulador de voltaje LM7805
 - o Conversor TTL - RS232

- Cristal 55KHz

- Transistores
 - o NPN 2N3904
 - o JFET K54

- Diodos
 - o 1N4004
 - o Zener 1N4148
 - o Led

- Resistencias
 - o 200 Ω
 - o 330 Ω
 - o 470 Ω
 - o 500 Ω
 - o 660 Ω
 - o 1k Ω
 - o 1.5k Ω
 - o 2k Ω
 - o 4.7k Ω
 - o 10k Ω
 - o 15k Ω
 - o 47k Ω
 - o 100k Ω
 - o 1M Ω

- Condensadores
 - o 47pF
 - o 1nF
 - o 47nF
 - o 100nF
 - o 1uF
 - o 100uF

CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS SÓNARES

4.1. Diseño final del sistema.

El diseño final del sistema de verificación de los sónares se muestra en la figura N° 21. Aquí se presentan las etapas que comprende este sistema, el cual inicia su análisis mediante la activación de un pulsador. Etapa de conmutación para la verificación de cada cristal, circuito resonador para generar una frecuencia de 55 Khz.(Anexo C) con la que trabajan los elementos piezoeléctricos del modelo de sónar CSH-5 que se está verificando y finalmente una etapa de conversión de la señal a onda cuadrada, señal que será recibida por el microcontrolador ATMEGA8L, el cual tiene las conexiones a los circuitos necesarios para su debido funcionamiento así como también realizar la transmisión serial de los resultados del análisis hacia el computador.

El software del microcontrolador tendrá la capacidad de determinar la frecuencia a la que está resonando el cristal a partir de la señal que recibe, con lo cual se verifica el correcto funcionamiento del elemento piezoeléctrico del sónar. Si una gran parte de estos elementos resuenan a frecuencias fuera de un rango aceptable, el sónar estará trabajando deficientemente y será necesario reemplazarlo para evitar lecturas erróneas durante el proceso de detección de pesca.

Finalmente, estos resultados serán transmitidos a la PC utilizando un puerto serial y mostrados en pantalla para ser visualizados por el cliente.

4.1.1. Especificaciones del sistema de verificación de sónares.

El análisis del estado de los sónares se realizará en la embarcación misma y por tanto el equipo será operado por un técnico de la empresa pesquera, el cual deberá

tener en cuenta una serie de instrucciones para su correcto funcionamiento. Este equipo consiste en un sistema que realiza la verificación del correcto funcionamiento de los sónares utilizados en la actividad pesquera haciendo un análisis de la frecuencia a la que están operando los cristales del sónar y la transmisión de estos valores de frecuencia al computador generando un archivo con el cual se puede determinar el estado en que se encuentra el sónar.

Especificaciones eléctricas.

La fuente de alimentación de este equipo debe ser de 220VAC.

Conexión eléctrica.

Una instalación eléctrica indebida dañará los componentes electrónicos.

- Usando un voltímetro, compruebe el voltaje en la fuente de alimentación eléctrica asegurándose de trabajar con la especificada para este equipo.
- Coloque los tres cables del sónar pertenecientes al primer piso a los conectores que se encuentran en el equipo.
- Conecte el cable eléctrico del equipo a la fuente de alimentación.
- El equipo deberá encontrarse apagado mientras se realice el cambio de los conectores para el análisis de cada piso.

Inicio del análisis.

- Identificar los tres cables de cada piso de sónar para efectuar el análisis y la muestra de resultados de forma ordenada y rápida, de tal manera que se puedan especificar las zonas de cristales que se pudieran encontrar dañadas.
- Encender el equipo.
- Cuando se encuentren listas todas las conexiones, se presiona el pulsador de inicio para dar inicio al análisis de los 20 cristales del piso del sónar.
- Cuando se hayan transmitidos los datos de todos los cristales se apagará el equipo para realizar las conexiones de los conectores del siguiente piso.

Medidas de precaución.

Se debe tener en cuenta las condiciones climáticas de la zona en la que se encuentra la embarcación, sobre todo cuando baje la temperatura ambiente.

Para mantener el equipo en buen estado será recomendable:

- Inspeccionar el exterior del equipo. El mismo deberá estar libre de suciedad, grasa, etc.
- Limpiar los conectores antes de iniciar las conexiones para el respectivo análisis de los cristales del sónar.
- Cubrir los conectores del equipo mientras no se este utilizando, con sus respectivas tapas protectoras.
- Mantener el equipo en un ambiente cerrado para evitar acumulación de suciedad y posibles colisiones que pudieran dañar el equipo.

Instrucciones de mantenimiento.

Del operador:

- Se realizará un mantenimiento preventivo que consta de limpieza del equipo, control de sus componentes y estado de los mismos.
- Se debe verificar que el equipo esté limpio, seco, y no tenga golpes u otros daños que puedan afectar su funcionamiento.
- Los conectores deben estar libres de polvo o suciedad.
- Verificación del funcionamiento del equipo, en caso de falla comunicarla al personal de mantenimiento de la empresa proveedora.

De la empresa proveedora del servicio:

- Verificación periódica del mantenimiento efectuado por el operador.
- Pruebas de rutina para el seguimiento de fallas.
- Reemplazo de unidades falladas y/o partes componentes del equipo.

4.2. Pruebas preliminares.

Para realizar las pruebas de las etapas de conmutación, resonador y comparador se implementaron los circuitos previamente explicados en un tablero de conexiones, y para observar las señales obtenidas se utilizó un osciloscopio. Estas pruebas fueron realizadas a temperatura ambiente de 18 a 20 ° C. Durante las mismas usamos los cristales que extrajimos del sónar CSH-5. Ellos se encontraban, unos sin la resina que envuelve al sónar y otros con esta resina. Las primeras pruebas se realizaron con el primer tipo de cristal para lo cual se elaboró el circuito resonador Colpitts de la figura N° 17 de donde se obtuvo una frecuencia de oscilación de 55kHz. Al realizar las pruebas con el segundo tipo de cristal observamos que la frecuencia de resonancia de los cristales era de 114 kHz aproximadamente, por tal motivo se decidió cambiar el circuito resonador e iniciar una nueva investigación de otros posibles circuitos resonadores.

Finalmente luego de mucha investigación y pruebas hallamos un circuito resonador que era útil para ambos tipos de cristales. El circuito resonador escogido, mostrado en la figura N° 18, hacía oscilar el cristal a una frecuencia aproximada a la de 55kHz. La etapa del circuito comparador entrega una señal cuadrada de 0 a 5VDC, lo que permite que el microcontrolador reciba una señal correcta para su respectivo análisis. Para la etapa de conmutación en un inicio se utilizaron conmutadores mecánicos de dos y diez pines, el primero para la conmutación par/impar y el de diez para el análisis de los cristales en cada configuración par/impar. Esta etapa fue luego mejorada, optamos por usar los conmutadores del circuito integrado 74HC4066. En esta etapa no se presentaron problemas, únicamente se verificó que dicho circuito integrado no afecte la frecuencia de la señal entrante, es decir que la frecuencia y amplitud de la señal de entrada sea la misma de la salida, lo cual comprobamos satisfactoriamente.

Posteriormente, para el diseño del software se elaboró el diagrama de flujo del programa del microcontrolador, en base a este diagrama general desarrollamos el programa que se encuentra en el anexo A. Para verificar su funcionamiento utilizamos el programa VMLAB, donde simulamos a la entrada al microcontrolador una onda cuadrada de 55kHz aproximadamente a todos los conmutadores, con voltaje de 0 a 5VDC, similar al que se obtiene de los circuitos anteriores, tal como se muestra a continuación:

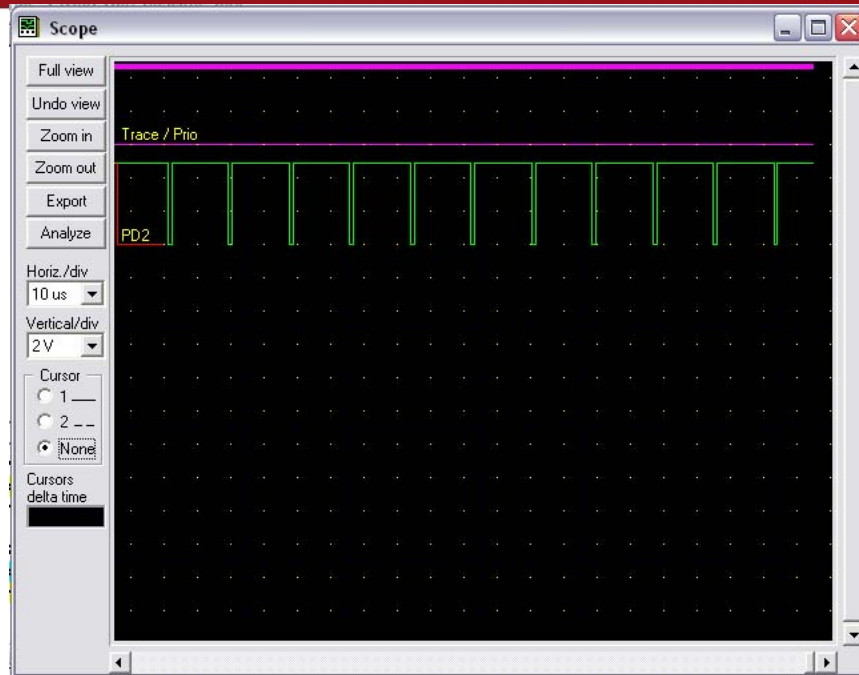


Figura N° 22
Onda cuadrada de 55kHz

Luego en el panel de control se configuró para el análisis que la activación del pulsador “1” indique el inicio del programa. Se dispuso además almacenar la información a mostrar en el computador, en un archivo RX.

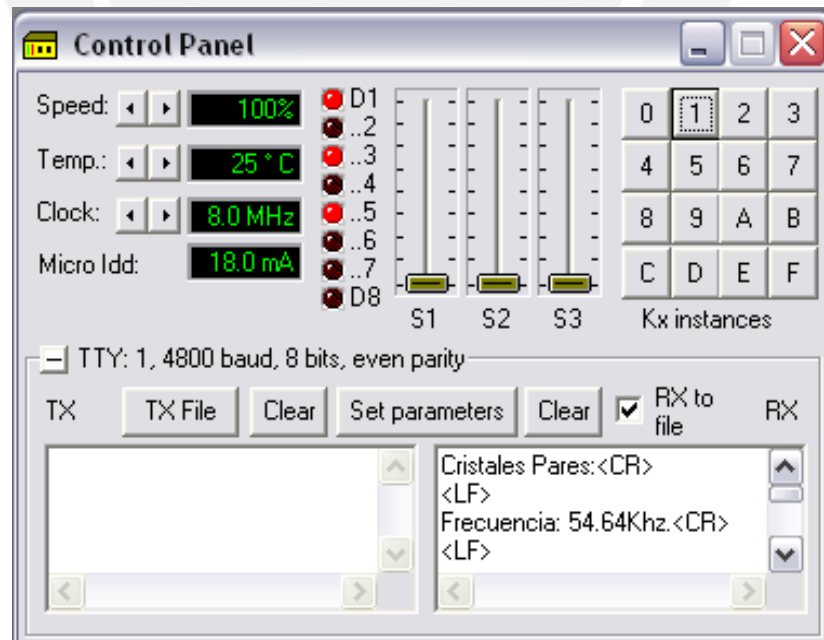
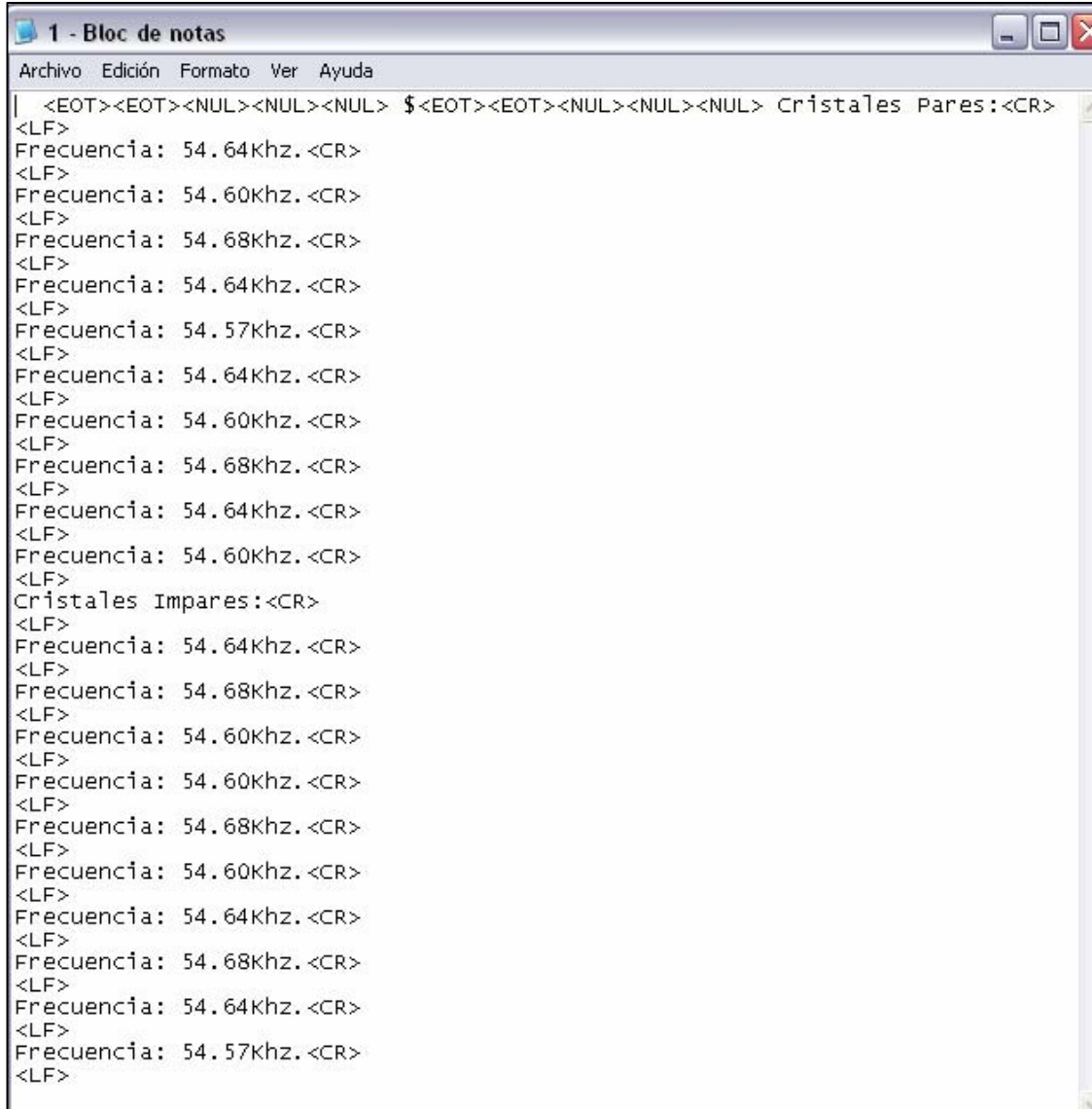


Figura N° 23
Panel de Control del VMLAB

A continuación en la figura N° 24 se observa los valores de frecuencias obtenidos en el programa VMLAB que se encuentran en el archivo RX.



```

1 - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
| <EOT><EOT><NUL><NUL><NUL> $<EOT><EOT><NUL><NUL><NUL> Cristales Pares:<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.64Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.60Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.68Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.64Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.57Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.64Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.60Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.68Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.64Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.60Khz.<CR>
<LF>
Cristales Impares:<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.64Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.68Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.60Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.60Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.68Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.60Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.64Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.68Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.64Khz.<CR>
<LF>
Frecuencia: 54.57Khz.<CR>
<LF>

```

Figura N° 24
Resultados de la simulación

Se concluye que el programa es correcto pues muestra los valores de frecuencia de la señal con un error de 0.73%, así también la conmutación es correcta por lo que se puede observar en los indicadores luminosos del panel de control concluyendo de esta manera que los resultados de esta simulación son satisfactorios.

4.3. Costos.

Los costos estimados para la implementación del sistema de verificación de los sónares son:

Componentes del Diagrama esquemático Final				
Tipo	Cantidad	Componente	Costo S/. Por unidad	Costo S/. Total
Microcontrolador	1	Atmega8L	17	17
Circuitos Integrados:	3	Cuádruple interruptor Bilateral 74HC4066	1,2	3,6
	2	Compuerta NOT 74LS04	1	2
	1	Comparador de tensión LM339	1,5	1,5
	1	Decodificador 74HC154	2,6	2,6
	1	Regulador de voltaje LM7805	1,5	1,5
	1	Convertor TTL - RS232	4	4
	4	NPN 2N3904	0,3	1,2
Transistores	1	JFET K54	1	1
Diodos	2	1N4004	0,1	0,2
	1	Zener 1N4148	0,8	0,8
	1	Led	0,2	0,2
Resistencias	1	200Ω	0,05	0,05
	1	330 Ω	0,05	0,05
	1	470 Ω	0,05	0,05
	1	500Ω	0,05	0,05
	3	660	0,05	0,15
	3	1kΩ	0,05	0,15
	1	2k	0,05	0,05
	1	1.5k Ω	0,05	0,05
	2	4.7k Ω	0,05	0,1
	2	10k Ω	0,05	0,1
	1	15k Ω	0,05	0,05
	1	47k Ω	0,05	0,05
	3	100k Ω	0,05	0,15
	1	1M Ω	0,05	0,05
Condensadores	1	47pF	0,2	0,2
	1	1nF	0,2	0,2
	1	47nF	0,2	0,2
	3	100nF	0,2	0,6
	6	1uF	0,3	1,8
	1	100uF	0,3	0,3
			Subtotal S/,	40

Tabla Nº 2
Costo de componentes del sistema de verificación de sónares

Componentes del Diagrama esquemático Final				
Tipo	Cantidad	Componente	Costo S/. Por unidad	Costo S/. Total
Conectores	1	Molex 15 pines	2	2
	1	Molex 10 pines	2	2
	1	Molex 7 pines	1,8	1,8
	1	Bornera 2 terminales	1,5	1,5
	2	Pulsadores	1,5	3
	1	Conector serial 9 pines	2	2
	2	Jumper 3 pines	0,5	1
	1	Conector cable ISP	1	1
			Subtotal S/.	14,3

Tabla N° 3
Costo de componentes del sistema de verificación de sónares

Fuente y otros			
Cantidad	Componente	Costo S/. Por unidad	Costo S/. Total
1	Transformador 12VAC 2A	20	20
3	Fusible	1	3
2	Portafusible	0,5	1
1	Interruptor Neón	2	2
1	Led	0,2	0,2
1	Molex 15 pines	2	2
1	Molex 10 pines	2	2
1	Molex 7 pines	1,8	1,8
1	Rectificador	4	4
1	Caja	15	15
1	Otros(cables)	80	80
		Total S/,	131

Tabla N° 4
Costo de componentes del sistema de verificación de sónares

Servicios		Costo S/.
Elaboración de tarjeta impresa		60
Ingeniería		19754,7
Total S/,		19814,7

Tabla N° 5
Costo de servicios del sistema de verificación de sónares

Finalmente el costo aproximado del equipo sería **20 000 (veinte mil) nuevos soles**, lo que equivale al tiempo de dedicación del estudio (ocho horas diarias durante tres meses) y el de su implementación. Este costo es mínimo comparado con la cantidad de empresas pesqueras que requieren el servicio para realizar este análisis, ya que el que actualmente se brinda cuesta aproximadamente ciento cincuenta dólares americanos y no es tan eficiente como el desarrollado en este estudio, además que las empresas pesqueras cuentan con un gran número de sónares habiendo que realizar siempre estos controles de calidad.

Tomando como referencia una empresa pesquera peruana, la cual cuenta con veintiséis embarcaciones donde veinte sónares son del tipo CSH-5 que se va analizar, para los que realiza este control semestralmente, invirtiendo una cantidad aproximada de veinte mil soles al año. De esto se puede concluir que la empresa que brinda el servicio recuperaría el monto invertido en el equipo de verificación de sónares en un año en una sola empresa pesquera, por lo que se considera una buena inversión.

CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un sistema eficiente para determinar la correcta operación de los sónares, brindando un servicio mucho más rápido ya que los datos son comunicados inmediatamente al computador, debido a que la conmutación se realiza automáticamente y no de forma manual como en la actualidad, donde además se toma apunte de la frecuencia observada en el osciloscopio haciendo el proceso de verificación muy lento.
2. Para la realización del análisis de los sónares es necesario obtener la frecuencia a la que está oscilando cada uno de sus cristales. De esta manera es posible determinar en que rango de frecuencias se puede decir que el sónar funciona correctamente.
3. Ante la falta tecnológica con la que actualmente se brindan estos servicios de verificación, se ha desarrollado un sistema que muestre los resultados en el computador haciendo que el análisis sea mucho más eficiente.
4. El funcionamiento del sistema de verificación de sónares se basa en una lógica que conmuta los cristales por tiempos, siendo el tiempo de conmutación para cada cristal de dos segundos. En caso de que no se recibiera ninguna señal del cristal, este se encontraría abierto o cortocircuitado y el sistema lo considerará dañado, transfiriendo esta información a la ventana del HyperTerminal. Esta conmutación además realiza una secuencia que analiza en un principio los cristales impares y luego los pares. Esto sirvió de base para la realización del diagrama de bloques, lo que permitió que el diseño de nuestro sistema sea más simplificado.

5. Los circuitos diseñados para la verificación de los cristales fueron implementados y probados a una temperatura ambiente de 18 a 20° C. Las pruebas a realizar dentro de las embarcaciones a una temperatura inferior a la ya mencionada podrían variar la respuesta del oscilador resonando a sus frecuencias armónicas múltiples.
6. Para el desarrollo de las pruebas del software del microcontrolador se simuló una señal de entrada de 55KHZ para lo cual se obtuvo resultados satisfactorios. Lo que se quería comprobar en esta prueba era la etapa de conmutación de los cristales y la obtención de la frecuencia de la señal. Cuando se realicen las pruebas con los sónares instalados en las embarcaciones pesqueras, se podrá concluir de acuerdo a la frecuencia obtenida de cada cristal si este se encuentra en correcto funcionamiento o dañado.
7. Actualmente el servicio que se brinda cuesta aproximadamente ciento cincuenta dólares americanos por sónar y cada empresa cuenta con un gran número de sónares. El costo al que se esta ofreciendo el equipo de verificación de sónares desarrollado es aproximado al gasto que se realiza anualmente en dichas pruebas en una sola empresa. De este análisis se concluye que la empresa que presta el servicio recuperaría el monto invertido en este equipo en menos de un año.

RECOMENDACIONES

1. Se considera importante el diseño del circuito resonador ya que es este la parte esencial del sistema de verificación de sónares debido a de su funcionamiento depende un correcto análisis de los sónares, es por eso que se le dedicó gran tiempo en el diseño del sistema.
2. Para que el sistema de verificación sea mucho mas preciso al momento de obtener la frecuencia de oscilación de los cristales es necesario realizar un análisis de cada uno de ellos durante un tiempo en el que el microcontrolador pueda tomar varias muestras de la señal.
3. Durante el proceso de verificación es necesario contar con personal especializado en el tema, para realizar las conexiones del sistema de verificación al sónar, de donde se tomarán las muestras, y al computador donde serán transmitidos los resultados para ser finalmente visualizados por el usuario.
4. Debido a los factores externos como condiciones climáticas que influyen en la prueba, sería recomendable diseñar un sistema como el que actualmente se realiza en una de las instalaciones de la empresa Furuno en Japón, que analice además de la frecuencia y amplitud otros parámetros como potencia, distorsión, directividad y sensibilidad, los cuales determinarían de una manera mas fehaciente el correcto funcionamiento del sónar.
5. Se recomienda elaborar un programa que muestre gráficamente el estado de los cristales para una mejor comprensión por parte del usuario en vez del uso de HyperTerminal.

FUENTES

1. ELLIOTT MINOR Associated Press.
2005 Hi-tech sonar finds fish:[ALL Edition], *Times Union Albany*, N.Y.:Mar 6, p. A6
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=804814861&Fmt=3&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
2. Chester D Loggins.
2002 Forward-looking sonar design alternatives, *Sea Technology Arlington*:Jun Vol. 43, Iss. 6, p. 10 (5 pp.)
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=132738831&Fmt=4&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
3. Bernard, Julien Emmanuel.
2002 Design and realization of actively tunable sonar transducers, *Proquest Dissertations And Theses*. 297 pages; [Ph.D. dissertation].United States -- Pennsylvania: The Pennsylvania State University; 2002. Publication Number: AAT 3051621.
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=727386341&Fmt=2&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
4. James, Christine Alicia.
2000 Objective knowledge in science: Dialectical objectivity and the history of sonar technology, *Proquest Dissertations And Theses*. 267 pages; [Ph.D. dissertation].United States -- South Carolina: University of South Carolina; 2000. Publication Number: AAT 9981266.
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=727715011&Fmt=2&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
5. Martin, Antoine.
2000 Obstacle detection by a forward-looking sonar integrated in an autonomous underwater vehicle, *Proquest Dissertations And Theses*. 170 pages; [M.S. dissertation].United States -- Florida: Florida Atlantic University; 2000. Publication Number: AAT 1400125.
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=732226511&Fmt=2&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
6. Boucher, Gary Robert.
1999 Sonar three-dimensional image formation for underwater vehicular collision avoidance, *Proquest Dissertations And Theses*. 231 pages; [D.E. dissertation].United States -- Louisiana: Louisiana Tech University; 1999. Publication Number: AAT 9918273.
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=733090581&Fmt=2&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
7. Kraeutner, Paul Hans.
1998 Small-aperture acoustic imaging using model-based array signal processing, *Proquest Dissertations And Theses*. 196 pages; [Ph.D. dissertation].Canada: Simon Fraser University (Canada); 1998. Publication Number: AAT NQ37723.
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=729789611&Fmt=2&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
8. John K Horne, Clarence S Clay.
1998 Sonar systems and aquatic organisms: Matching equipment and model parameters, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Ottawa: May. Tomo 55, No. 5; pág. 1296 (11 páginas)
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=9702274822>

9. Ev Collier.
2005 FINDING FISH, *National Fisherman Portland*:Jul. Vol. 86, Iss. 3, p. 34-35 (2 pp.)
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=853821531&Fmt=4&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
10. Michael Crowley.
2005 Sounder hits the mark, *National Fisherman Portland*:Jul. Vol. 86, Iss. 3, p. 47 (1 pp.)
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=853821591&Fmt=4&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
11. R E Newnham, D C Markley, R J Meyer Jr, W J Hughes.
2004 MULTIMODE UNDERWATER TRANSDUCERS *American Ceramic Society. American Ceramic Society Bulletin Columbus*:Sep. Vol. 83, Iss. 9, p. 25-28 (4 pp.)
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=691349481&Fmt=4&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
12. Michael Crowley
2001 High tech for the sea floor, *National Fisherman Portland*:Dec. Vol. 82, Iss. 8, p. 44 (2 pp.)
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=90037897&Fmt=4&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
13. Charlie Bright.
2000 Better sonar driven by new transducer materials, *Sea Technology Arlington*:Jun. Vol. 41, Iss. 6, p. 17 (4 pp.)
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=55633640&Fmt=4&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
14. S A Thorpe, M J Ulloa, D Baldwin, A J Hall.
1998 An autonomously recording inverted echo sounder: ARIES II, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology Boston*: Dec. Vol. 15, Iss. 6, p. 1346-1360 (15 pp.)
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=37820666&Fmt=3&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
15. FURUNO España
http://80.81.125.36/Furuno/notasprensa/Edificio_Prueba.pdf
16. T L Jessen, K E Simmonds, R S Schechter, R B Mignogna.
2001 Observations/simulation of near-field pressures for a 1-3 piezocomposite transducer, *Ceramic Engineering and Science Proceedings Columbus*: Vol. 22, Iss. 4, p. 485 (11 pp.)
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=82094284&Fmt=4&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
17. Kosub, David
2005 Sound Findings, *Scientific American*; Jan, Vol. 292 Issue 1, p22-23, 2p, 1c
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=fth&an=15285927>
18. Schultz, Ken
2003 Sonar on the Go: WHAT TO LOOK FOR WHEN PICKING A PORTABLE DEPTHFINDER, *Field & Stream*; Dec2002-Jan, Vol. 107 Issue 8, p40, 2p, 3bw
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=fth&an=8599060&lang=es>
19. Ashley, Steven
1993 Superconducting transducer, *Mechanical Engineering*; Oct, Vol. 115 Issue 10, p29, 1/2p, 1c
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=buh&an=9402101641&lang=es>

20. Chen, Yeong-Chin ycchen@mail.tf.edu.tw
2004 The impedance-matching design and simulation on high power elctro- acoustical transducer. *Sensors & Actuators A: Physical*; Sep, Vol. 115 Issue 1, p38-45, 8p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=14187606&lang=es>
21. Abrar, A. aneela.abrar@paisley.ac.uk
2004 Multilayer piezocomposite structures with piezoceramic volume fractions determined by mathematical optimisation. *Ultrasonics*; Vol. 42 Issue 1-9, p259, 7p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=1266ang=es>
22. Cobo, P.1
2002 Increasing the vertical resolution of conventional sub-bottom profilers by parametric equalization. *Geophysical Prospecting*; Mar, Vol. 50 Issue 2, p139-149, 0p, 2 charts, 2 diagrams, 18 graphs, 2bw
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=6526470&lang=es>
23. Shumpert, John David.
2001 Modeling of periodic dielectric structures (electromagnetic crystals) *Proquest Dissertations And Theses*. 180 pages; [Ph.D. dissertation]. United States -- Michigan: University of Michigan; 2001. Publication Number: AAT 3001049
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=728451241&Fmt=2&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
24. Pinto, Marc -Bellettini, Andrea- Wang, Lian Sheng -Munk Meter- Myers, Vincent- Pautet, Lucie
2004 A New Synthetic Aperture Sonar Design with Multipath Mitigation. *AIP Conference Proceedings*; Vol. 728 Issue 1, p489-496, 8p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=16409748&lang=es>
25. Soni, Snehal R.
2005 A pulser receiver based synthetic aperture sonar. *Proquest Dissertations And Theses*. Section 0148, Part 0544 102 pages; [M.A.Sc. dissertation]. Canada: The University of Regina (Canada); 2005. Publication Number: AAT MR06016.
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=997895721&Fmt=2&clientId=39490&RQT=309&VName=PQD>
26. Carter, G. Clifford
1981 Time delay estimation for passive sonar signal processing
En: *IEEE transactions on acoustics, speech and signal processing* -- Vol. 29, no. 3 (Jun.) p. 463-470
27. Keller, john
2002 Navy asks industry for ideas on developing futuristic sonar signal processing system. *Military & aerospace electronics*. vol. 13 issue 10, p5,
1/2p<<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=buh&an=7667965&lang=es>>
28. Kim-boyle, david, Uitdenbogerd, Alexandra I. y Burt, Warren.
2004 Reviews. *Computer music journal*. vol. 28 issue 2, p77-103, 27p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=13359674&lang=es>>

29. Raynus, Abel
 2000 C generates a frequency burst. edn. vol. 45 issue 3, p152 , 4/5p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=2835566&lang=es>>
30. Hamano, Akira. Nakamura, Takeshi. y Maeda, Hiroshi
 2002 Improvement in school-size estimates of pelagic fish using information from sector-scanning sonar. *Fisheries Oceanography.*, vol. 11 issue 6, p361-365, 5p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=8592136&lang=es>>
31. Quiroz, Erik. fisher, Craig. Meredith, Roger y Sidorovskaia, Natalia A.
 2004 Side-scan sonar survey operations in support of kuaiaex. *Conference proceedings*, vol. 728 issue 1, p366-372, 7p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=16409723&lang=es>>
32. Woodard, J. Creekmore, J.
 2003 Multirate spectral analysis for passive sonar integrated computer-aided engineering. vol. 10 issue 1, p91, 18p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=9035742&lang=es>>
33. Ball, Richard
 2004 Ultrasound piezoelectric crystal research wins grant. *Electronics Weekly*
 Issue 2155, p4-4, 1/5p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=fth&an=14238437&lang=es>>
34. Dong, Shuxiang. Bai, Feiming. Li, Jie-Fang. y Yiehland, Dwight
 2003 Resonance acoustic field position sensor. *Applied Physics letters*. vol. 82 issue 23, p4181, 3p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=9924663&lang=es>>
35. Sang Hoon Lee . y Ki-Hyune Kim
 2004 Side-scan sonar characteristics and manganese nodule abundance in the clarion—clipperton fracture zones, ne equatorial pacific. *Marine Georesources & Geotechnology*. Jan-Jun, vol. 22 issue 1/2, p103-114, 12p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=14352169&lang=es>>
36. Jovine, john
 2000 Piezo-film transducers. *Poptronics*. vol. 1 issue 2, p58, 3p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=fth&an=2782606&lang=es>>
37. Ergun, Arif s. Yaralioglu, Goksen g. y Khuri-Yakub, Butrus t.
 2003 Capacitive micromachined ultrasonic transducers: theory and technology *Journal of aerospace engineering*. vol. 16 issue 2, p76, 9p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=9303133&lang=es>
38. Singmin, A.
 1994 All about piezoelectric elements *Popular Electronics* . vol. 11 issue 3, p69, 3p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=fth&an=9601261207&lang=es>

39. Sevaldsen, Erik m. y Kvadsheim, Petter h.
2004 Active sonar and the marine environment Aip conference proceedings. vol. 728 issue 1, p272-279, 8p
<<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=16409709&lang=es>>
40. Atallah, I. Smith, p.j. probert
2003 Using wavelet analysis to classify and segment sonar signals scattered from underwater sea beds. *International journal of remote sensing.* vol. 24 issue 21, p4113,16p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=11157677&lang=es>
41. George, Alan d. y Garcia, Jesus.
2002 Distributed parallel processing techniques for adaptive sonar beamforming
Journal of computational acoustics. vol. 10 issue 1, p1, 23p
<<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=7229902&lang=es>>
42. Fireman, Jerry
2000 Data acquisition processing
Scientific Computing & Instrumentation. vol. 17 issue 12, p15, 3p
<<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=buh&an=3820508&lang=es>>
43. Tollefsen, Cristina d.s. Zedel, Ien
2003 Evaluation of a doppler sonar system for fisheries applications
ICES Journal of Marine Science, vol. 60 issue 3, p692, 8p
<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=10007227&lang=es>
44. Gauss, Roger. Fromm, David. Lepage, Kevin. Fialkowski, Joseph.
2004 The influence of the sea surface and fish on long-range reverberation aip conference proceedings. vol. 728 issue 1, p157-164, 8p
<<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=aph&an=16409731&lang=es>>
45. Michael, Evans
2001 Navy to send out the right signals to marine life.
<<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=nfh&an=200108211013557108&lang=es>>
46. Anderson, Karl
2004 Side-scanning sonar for sport fishing
Salt water sportsman. vol. 65 issue 5, p34-38, 4p
<<http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=fth&an=12916162&lang=es>>
47. Rodrigo Ramirez, Cristian
La tecnología de sónares de multihaz
www.shoa.cl/vaul/vaul/temas%20profesionales/articulo.pdf
48. Ruiz Toledo, Abelardo
2004 Modelado y evaluación en régimen transitorio de respuestas piezoeléctricas y electrónicas en sistemas de visualización ultrasónica
Trabajo de tesis
<www.ucm.es/bucm/tesis/fis/ucm-t27354.pdf>
49. FAO Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación
2004 Evaluaciones técnico-económicas de la pesca marítima
<<http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s03.htm>>
<<http://www.fao.org/docrep/006/y2786s/y2786s07.htm>>

50. Wesmar
www.wesmar.com
51. Raymarine
www.raymarine.com
52. Mag
www.magsonar.com
53. Simrad
www.simrad.com
54. Marco Peruana sa
www.marco.com.pe
55. Consejo Nacional del Ambiente
www.conam.gob.pe
56. Sociedad Nacional de Pesquería
www.snp.org.pe/contenido/revista
57. Internacional fishmeal and fish oil organization
www.iffonet.net
58. Centro de conservación cetacean
www.ccc-chile.org
59. Instituto del Mar del Peru
www.imarpe.gob.pe
60. Instituto tecnológico Pesquero del Peru
www.itp.org.pe
61. Furuno Company
www.furuno.com
62. KINSLER Lawrence E.
1982 Fundamentals of acoustic.
3a ed., New York, Editorial Wiley.
63. Manual de Operador CSH-5
64. Manual de Servicio CSH-5
65. Transductores de ultrasonido
<http://www.gii.upv.es/personal/gbenet/treballs%20cursos%20anteriors-TIM-IIN-INYP-AYPD/ultrasonidos/trabajo%20ultrasonidos.pdf>
66. Desempeño de transductores piezoeléctricos en sistemas de Investigación acústica marina
http://www.sociedadcolombianadefisica.org.co/revista/vol34_1/articulos/pdf/340186.pdf
67. Aplicaciones de la reflexión del sonido
http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/ionic_public_html/sonar.html#alta
68. El sónar
<http://www.cienciasmisticas.com.ar/tecnologia/comunicaciones/sonar/index.php>