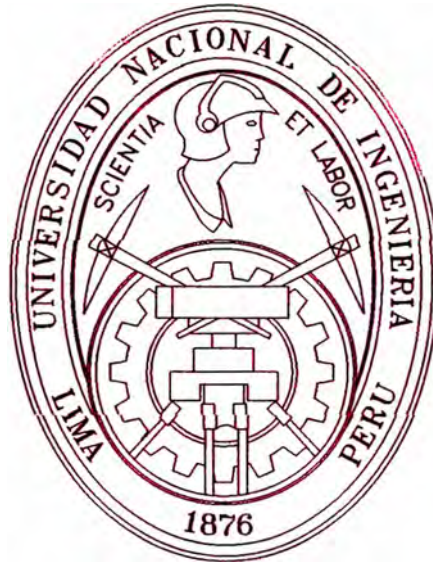


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DE UN  
SONAR DE PESCA MAQ-45 PARA UNA  
EMBARCACIÓN DEL TIPO CERCO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**JAVIER ALBERTO ALVA ZAPATA**

**PROMOCION 2004-I**

**LIMA-PERU**

**2008**

*No puedo dejar de mencionar la coincidencia cronológica que se da en estos momentos entre la elaboración de este trabajo y los inicios de mi relación con mi Alma Mater.*

*Un día como hoy hace diez años llevaba mis primeras clases en la Universidad. Fueron meses de cambios, de adaptación a nuevas costumbres como la de entender que todo lo que nos pudiera o dejara de pasar es únicamente responsabilidad propia.*

*Agradezco a Dios y a mi familia, en especial a mis padres Javier y Rosa y mi hermana Rosmeliz, por el apoyo durante todos estos años de formación, quien mejor que ellos no saben lo difícil que fue esta etapa. Tendría también que agradecer a cada una de las personas que se cruzaron en mi vida y que me dejaron no sólo una lección en el plano académico o profesional, sino también una enseñanza de vida que me ha llevado a mejorar como persona en todas las facetas que el quehacer profesional implica.*

*A todos Ustedes dedico este humilde trabajo.*

## **CONTENIDO**

<b>PROLOGO.....</b>	<b>1</b>
---------------------	----------

### **CAPÍTULO I**

<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>3</b>
---------------------------	----------

1.1. Antecedentes.....	3
------------------------	---

1.1.1.    Reseña histórica sobre la evolución del sonar.....	3
--	---

1.1.2.    Los sonares y la pesca industrial en el Perú.....	6
---	---

1.1.3.    Tecnología de los sonares MAQ.....	10
--	----

1.1.4.    Importancia de la industria pesquera en el Perú.....	11
--	----

1.2. Definiciones.....	16
------------------------	----

1.2.1.    Tipos de pesca.....	16
-------------------------------	----

1.2.2.    Secciones de una embarcación pesquera.....	18
--	----

1.3. Objetivos.....	23
---------------------	----

1.4. Alcances y limitaciones.....	23
-----------------------------------	----

### **CAPÍTULO II**

<b>FUNDAMENTO TEÓRICO SOBRE EL SONAR, EL SONIDO Y SU PROPAGACIÓN .....</b>	<b>27</b>
--	-----------

2.1. La naturaleza del sonar.....	27
-----------------------------------	----

2.2. Ondas sonoras y su propagación.....	28
--	----

2.2.1.    Propagación del sonido en el mar.....	28
---	----

2.2.2.	Intensidad del sonido en el mar .....	31
2.3.	Ecuación general del sonar .....	35

### **CAPÍTULO III**

#### **EL SONAR MAQ-45 .....**

3.1.	Aspectos mecánicos .....	42
3.1.1.	Tubo tanque.....	42
3.1.2.	Tubo eje con brida y extensión.....	46
3.1.3.	Guía tanque.....	49
3.1.4.	Unidad hull o sistema de izado.....	52
3.2.	Aspectos electrónicos .....	55
3.2.1.	Unidad domosónica o transductor .....	55
3.2.2.	Hoist control .....	65
3.2.3.	Unidad transreceptora o transceiver .....	69
3.2.4.	Unidad procesadora .....	78
3.2.5.	Inclinómetro .....	79
3.2.6.	Diagrama de bloques del sonar.....	81

### **CAPÍTULO IV**

#### **SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL SONAR MAQ-45 ..84**

4.1.	Criterios para la selección del sonar.....	84
4.2.	Descripción de la embarcación de pesca tipo cerco.....	93
4.3	Proceso instalación de los equipos.....	94
4.3.1.	Desmontaje del Furuno CH-24 y preparación del MAQ-45 .....	95
4.3.2.	Instalación del domo y orientación de los guidores.....	99
4.3.3.	Fijación de las unidades transceiver y procesadora.....	101

4.3.4. Interconexión de unidades e interfase al navegador .....	104
4.4. Calibración del equipo.....	107

## **CAPÍTULO V**

<b>EVALUACIÓN DE COSTOS .....</b>	<b>118</b>
5.1. Rendimiento del sonar MAQ-45 y regreso de la inversión .....	118
5.2. Ventajas económicas del equipo.....	121
5.3. Costos de instalación del sonar MAQ-45 .....	124
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>129</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>132</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>136</b>

## PRÓLOGO

Este trabajo encierra el fruto de la experiencia adquirida principalmente en el rubro de la electrónica y mecánica naval. En este sentido, se sabe que si bien una embarcación posee varios equipos electrónicos de navegación tales como radares, ecosondas, navegadores, etc. existe uno que por excelencia representa un sistema mecatrónico dada la conjunción de los aspectos mecánicos y electrónicos que hacen posible su funcionamiento: El Sonar. Sobre este equipo y su respectivo proceso de selección, instalación y calibración para un caso real es que trata este informe, el cual sigue la siguiente estructura que a continuación se describe:

El primer capítulo consiste en la introducción, sección en la cual se presenta una breve reseña histórica sobre la evolución de los sonares en el mundo y su aplicación como herramienta de pesca en la industria nacional. También se hace mención sobre la importancia que justamente ha tenido y tiene el sector pesquero en la economía del país. Adicionalmente se podrá encontrar definiciones sobre términos a usar en el presente trabajo. Como punto central del capítulo, se define en esta parte el objetivo, alcances y limitaciones del informe.

El segundo capítulo encierra el marco teórico sobre el cual se basa la operación del sonar. Primero se hace una pequeña presentación sobre algunos conceptos relacionados al sonar y una exposición sobre el sonido y los aspectos y fenómenos

relacionados a su propagación en el mar. A continuación se hace la descripción de la ecuación general del sonar, la cual tiene dos importantes funciones: la de predicción de desempeño del equipo y la de diseño del mismo.

El tercer capítulo describe al sonar MAQ-45. Es en esta parte donde el lector podrá enterarse de las diferentes partes que componen al equipo, formas en que interactúan y además se va presentando paulatinamente nuevos términos que serán usados en el capítulo IV como unidad domosónica (también conocida como transducer, transductor o simplemente domo), unidad transreceptora (transceiver), etc.

El cuarto capítulo versa sobre el caso real-práctico de este informe: La selección, instalación y calibración del sonar seleccionado para una embarcación del tipo cerco. Como primer punto del capítulo se presenta los criterios de selección para el sonar MAQ-45. Seguidamente se da una descripción de la embarcación a la cual se ha instalado el sonar. Luego viene el desarrollo del proceso de instalación de los equipos. Finalmente se describe las faenas de pruebas y calibración de parámetros del equipo y los resultados obtenidos de ellas.

El último capítulo se acerca al rendimiento del equipo desde el punto de vista económico. Se presenta un aproximado del valor de pesca en la última temporada y se evalúa los gastos en los que normalmente incurre una embarcación para de esta forma tener un estimado del tiempo en que el equipo retorna su valor al armador. También se presenta algunas ventajas competitivas entre el MAQ-45 y su competidor directo, el CSH-5. Finalmente se hace una evaluación del costo de instalación del equipo en función de la cantidad de hombres que se pueda necesitar así como del tiempo que pueda implicar.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. ANTECEDENTES**

#### **1.1.1. Reseña histórica sobre la evolución del sonar**

Aunque la edad moderna del sonar se puede decir que data desde hace más de 25 años antes del inicio de la Primera Guerra Mundial, el sonar tiene profundos orígenes en el pasado. Una de las primeras referencias de que el sonido existe y se propaga debajo de la superficie del mar así como a través del aire se da en los cuadernos de apuntes de Leonardo da Vinci. En 1490, escribía: "Si paras tu barco e introduces el extremo de un tubo en el agua, y aplicas el oído al otro extremo, oirás barcos que se encuentran a gran distancia de ti". Aunque este primigenio ejemplo tiene el envidiable mérito de poseer una extrema sencillez, esta aplicación no proveía ninguna información sobre la dirección de la fuente sonora. Sin embargo, este principio de escuchar a través de un tubo lleno de aire debajo del mar tuvo aplicación en las postimetrías de la primera guerra mundial, cuando, agregando un segundo tubo entre el otro oído y un punto del mar



separado del primero, se podía determinar una dirección o rumbo del objetivo.

La primera medida cuantitativa del sonido bajo el agua ocurrió en 1827, cuando el físico suizo Daniel Colladon y el matemático francés Charles Sturm trabajaron conjuntamente para medir la velocidad del sonido en el lago Ginebra. Sorprendentemente para la época obtuvieron el valor de 1434 m/s, un valor con un buen grado de precisión con respecto a los valores que actualmente se conoce (1500 m/s en agua salada y 1435 m/s en agua dulce, estos valores varían como se menciona más adelante con la temperatura, salinidad y presión).

Más adelante durante el siglo XIX un número de famosos físicos se asociaron indirectamente con el estudio del sonido bajo el agua debido a su interés en el fenómeno de “transducción”: La conversión de electricidad en sonido y viceversa. Usualmente se le da a Jacques y Pierre Curie el crédito del descubrimiento de la *piezoelectricidad*: fenómeno presentado por determinados cristales que al ser sometidos a tensiones mecánicas adquieren una polarización eléctrica en su masa, apareciendo una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie. Otros físicos habían tocado el tema antes de la pareja Curie, así pues tenemos que Charles Coulomb especulaba sobre la posibilidad de producir electricidad a través de la presión ejercida sobre un cuerpo. Por otro lado, Wilhelm Roentgen escribió un estudio

sobre las cargas eléctricas que aparecían en varias caras de cristales sometidos a tensiones mecánicas.

Una serie de mejoras en la construcción de transductores más sensibles, avances en los estudios de la propagación del sonido en el mar como en la tecnología de materiales permitieron los siguientes hechos:

- En 1912 R. A. Fessenden diseña un nuevo tipo de transductor capaz de detectar un iceberg a dos millas de distancias. Los osciladores que hacían resonar estos transductores de Fessenden operaban a frecuencias cercanas a los 500 y 1000 Hz.
- En 1915 Lord Rayleigh (autor de “Theory of sound”, obra donde se establecen las bases sobre acústica moderna) descubre que el oído humano es capaz de determinar la dirección de una fuente sonora por la diferencia de fase o tiempo de la onda sonora en llegar a ambos oídos.
- En 1918 el físico francés Paul Langevin usando un sistema piezoeléctrico de cuarzo sintonizado a una frecuencia de 38 kHz., consigue formar un haz de energía capaz de determinar la dirección y la distancia a un objeto sumergido, llegando a detectar un submarino a 1500 m.
- El científico alemán H. Lichte desarrolla una teoría según la cual las ondas sonoras cambian de dirección hacia arriba o hacia abajo en el agua cuando se encuentran con pequeñas diferencias de temperatura, salinidad y presión.

Es interesante mencionar que los primeros y más fructuosos estudios sobre propagación del sonido en el mar se llevaron a cabo por científicos alemanes quienes en 1919 descubren la influencia de la temperatura, salinidad y presión en la velocidad del sonido y el comportamiento de los rayos sonoros al atravesar estratos de distinta velocidad de propagación.

En los años venideros la evolución del sonar obedeció más a fines militares que civiles. Es recién a mediados de la década de los años cincuenta que los sonares empiezan a tener un uso no militar como en el sector pesca, tal cual compete a este informe. Esto se debió principalmente a que muchos científicos e ingenieros trasladaron al uso civil (pesca) sus investigaciones sobre la tecnología de sonares aplicada al ámbito militar, hecho que se dio sobretodo en Noruega y que trajo como consecuencia la creación de una gran firma de sonares que hasta la actualidad opera en el mundo: *Simrad*.

#### **1.1.2. Los sonares y la pesca industrial en el Perú**

En la actualidad no se sabe con precisión desde cuándo se comenzó a utilizar al sonar como herramienta para la pesca industrial en nuestro país. De acuerdo a Marco Peruana (representante de los sonares Furuno), estos han estado presentes en nuestras embarcaciones desde hace algo más de 35 años. Por otro lado, ingenieros y técnicos electrónicos que tuvieron contacto con el sector pesquero en pleno “boom” (década de los 60 y 70), informan que por el año 1968 se comenzó a trabajar con el sonar *Simrad Basdic* (del fabricante

noruego Simrad) el cual se puede apreciar en la figura 1.1. El mostraba sus datos gracias a una solución de yodo que se impregnaba en papel húmedo, hecho que ahora se puede ver con añoranza considerando que en la actualidad los ecos son mostrados digitalmente en pantallas LCD.

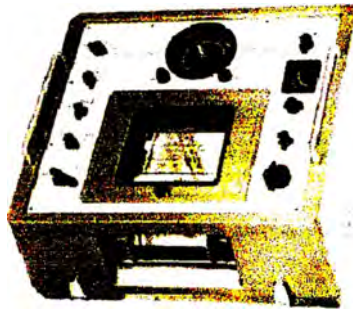


Figura 1.1 Sonar Simrad Basdic

Marco Peruana vuelve a relatar que hasta los primeros años de la década del 70 la abundancia de anchoveta disponible en nuestras costas hizo que la flota nacional lograra grandes capturas con relativamente poco esfuerzo. En ese entonces no se requería navegar grandes distancias ni apoyarse en sofisticados equipos de detección para lograr tal dimensión de captura. Esto hecho se dio prácticamente durante toda la década del 70, años en los cuales se tiene información del uso del sonar Furuno FH-103 (modelo también a papel y que se usó hasta finales de los 70).

No fue sino hasta comienzos de los 80 (sobretudo luego del fenómenos del niño del 82-83), que la necesidad de navegaciones más extensas y el requerimiento del uso de sonares para la detección de los escasos cardúmenes se hizo más que evidente. La escasez de la

anchoveta en los 80 contrastaba con su abundancia en las dos décadas anteriores. Por otro lado, el afloramiento en nuestras aguas de una apreciable biomasa de sardina, más distante, más rápida y más profunda en comparación a lo que nos tenía acostumbrado la anchoveta, hizo que se consolidara en la percepción de los armadores la necesidad del uso de sonares como herramienta determinante para el incremento de las capturas de sus flotas.

Desde principios de los 80 y hasta ahora, los sonares se han convertido en una herramienta clave para la pesca industrial. Ya no es permisible ni posible que la pesca dependa sólo de la habilidad e instinto del capitán para saber dónde encontrar cardumen. Hasta la actualidad diferentes modelos con distintas características y capacidades se han instalado en la flota nacional. La importancia del sonar en el rendimiento de las embarcaciones no se discute. El desarrollo de nuevos y mejorados modelos con mayores capacidades y ventajas, es una tarea de permanente actividad para los fabricantes.

Los sonares mas representativos desde la década del 80 vinieron a ser los Furuno (quien en la actualidad tiene la mayor participación dentro de toda la flota nacional). Los primeros de este tipo eran sonares del tipo sectorial (los cuales van explorando de sector en sector hasta completar la vuelta completa). Dentro de estos primigenios modelos se puede mencionar a la familia de los sonar CH-18/28/14/16/24/26 y CH-32.

El sonar sectorial presenta un problema: sólo explora y detecta de sector en sector, lo cual da origen a que si una especie rápida que justamente se encuentra desplazándose en una zona que el sonar no esta barriendo, no pueda ser detectada. Con el tiempo saldrían otros modelos de haz “más ancho” con la finalidad de reducir el número de pasos de barrido para completar una vuelta de exploración y así evitar perder manchas. Sin embargo la necesidad del capitán de explorar la mayor área posible bajo la superficie del mar y de la forma más rápida, sólo se puede lograr con sonares que emplean una tecnología más elaborada y compleja: Los sonares “omnidireccionales”, también llamados de “haz múltiple” o de “círculo completo”.

Se tiene registros de haber visto en instalación un sonar omnidireccional JRC a mediados de los 80, pero no existe mayor información sobre su funcionamiento. Por otro lado, el primer omni grande que se uso en el Perú fue el CSH-20 F de Furuno en el año 1992.

Curiosamente, la invención y desarrollo del sonar omnidireccional no estuvo en manos de japoneses ni noruegos, sino más bien de un ingeniero canadiense. Su nombre es Eugene Hill y durante la década de los años sesenta lideró varios proyectos militares para la marina de guerra de Canadá y los Estados Unidos diseñando el primer sonar omnidireccional en el mundo y cambiando los conceptos en la tecnología del sonar. Es así que en el año 1983 Gene Hill funda *MAQ SONAR Company*, empresa canadiense que dirige hasta la actualidad,

líder en la fabricación de sonares omnidireccionales de avanzada tecnología para la búsqueda de peces.

### **1.1.3. Auge de los sonares MAQ-45 en nuestro país**

El primer sonar omnidireccional que MAQ Sonar Company desarrolló en 1983 fue justamente el MAQ-45. Este modelo (obviamente evolucionado) llegó al Perú en diciembre de 1997, se trataba de un MAQ-45 con sistema de izado hidráulico (diferente al actual sistema mecánico) y el armador en ese entonces era Pesquera Carola, la embarcación destino la E/P Huarmey 3.

En la actualidad esta embarcación pertenece a CFG Investment, grupo nacido de la fusión de varias otras pesqueras. Este sonar MAQ 45 estuvo operativo a bordo de la Huarmey 3 hasta mayo de este año, fue retirado porque el transductor ya había superado el tiempo de vida útil de 10 años a máxima condición de trabajo y su valor de alcance de detección efectivo (800 brazas) había bajado, sin embargo el sonar aún estaba operativo y podía realizar detecciones a veces incluso dentro del rango mencionado.

La venta de sonares MAQ en el Perú se vería paralizada hasta el año 2003 por problemas de representación de la marca en el país. En aquel año (2003), se registró la venta de 7 sonares. Al año siguiente la cifra de sonares vendidos ascendería a 8. Este año también marcaría el ingreso de la marca dentro de una pesquera de gran importancia: Pesquera Diamante, la cual a partir del año siguiente comenzaría a adquirir la familia de MAQ-22 llegando a ser en la actualidad la flota

más grande del país con presencia de sonares MAQ. El 2005 no reflejó la venta de ningún sonar MAQ-45, hecho que no denota una pérdida de interés por el equipo, sino que por el contrario fue un año donde se vendió a los hermanos menor y mayor respectivamente: el MAQ-90 y el MAQ-22. La venta de estas dos variantes dicho sea de paso se ha dado continua y paralelamente a los MAQ-45 desde el 2003.

El año 2006 registró la venta de 6 sonares, mientras que el 2007 la de 7. En lo que va del año (2008) se ha registrado la venta e instalación de 3 sonares MAQ-45.

#### **1.1.4. Importancia de la industria pesquera en el Perú**

El mar peruano es uno de los de mayor diversidad hidrobiológica en el planeta. En él se encuentran por lo menos 700 especies de peces. En el Perú se ha alcanzado los primeros lugares en cuanto a volúmenes de captura a nivel mundial en base a la riqueza generada por sus aguas marinas en las cuales existe una gran biomasa; gracias a la presencia de la corriente del Humboldt que induce a la creación de abundante fitoplancton.

Entre las especies más abundantes de nuestra biomasa están la anchoveta, sardina, jurel, caballa y merluza. Estas son usadas principalmente para la elaboración de harina y aceite de pescado, producto en el cual el Perú recuperó en 1991 el primer lugar en el mundo como productor.



El potencial de desarrollo del sector pesquero es muy grande. Por un lado, los consumidores de los principales mercados mundiales están incrementando su consumo de productos marinos. Es así que, de acuerdo a la *National Fisheries Institute* de los EEUU, actualmente el consumo de pescado y productos marinos se ha incrementado en 30% respecto hace 10 años.

También es importante destacar aquí que existe dos clasificaciones para la actividad pesquera: La pesca para consumo humano directo (CHD) y para consumo humano indirecto (CHI).

La pesca para consumo humano directo está constituida por cuatro actividades diferentes: La industria conservera, de congelados, de pescado seco-salado y de pescado fresco. La pesca fresca es de gran importancia y representa alrededor del 80% del consumo total de pescado en el país.

La pesca para consumo humano indirecto está constituida por la harina y aceite de pescado. La harina de pescado, está dirigida al mercado externo; y, su cotización se ve afectada por la tendencia del precio de la harina de soya, la cual es usada como su sustituta y se comercializa a precios inferiores. Por otro lado, el aceite de pescado está destinado a abastecer al mercado nacional.

Esta división del destino consumo de la pesca, se puede apreciar en la Figura 1.2.

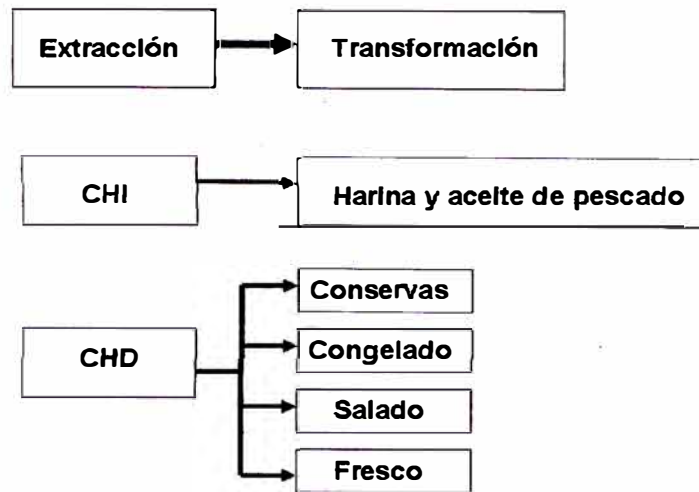


Figura 1.2 Destino de la pesca

El anexo A.1 concierne al aspecto histórico de la industria pesquera peruana. En esa sección el lector puede enterarse mejor sobre la vertiginosa evolución que tuvo el sector hasta 1973 cuando se alcanzó un nivel intolerable de pesca que amenazaba con la desaparición de la anchoveta, hecho que sumado a una nueva perturbación en las corrientes oceánicas, originó la desaparición de la harina de pescado en la lista de los principales productos de exportación peruanos.

### **Situación de la industria pesquera en los últimos años**

Esta parte se enfoca en el rol que ha desempeñado en la economía nacional la pesca de anchoveta, jurel y caballa en los últimos tiempos. Estas especies (y sus productos derivados) son principalmente a las que se abocan las pesqueras. Entre ellas se encuentra la empresa pesquera dueña de la embarcación *Napo 4*, sobre la cual versa este informe.

Este acercamiento desde el punto de vista económico busca lograr un mejor entendimiento de las razones por las que las compañías pesqueras tratan de invertir en tecnología constantemente a fin de contar con las mejores herramientas de pesca y sacar mayor cantidades en un sector altamente competitivo.

En lo que respecta a la industria pesquera actual, existen temporadas de vedas más frecuentes y largas que garantizan una adecuada reproducción de las especies como la anchoveta en el caso de la pesca para consumo humano indirecto. Para el 2008, se tienen autorizadas 5 millones de toneladas para extracción de este tipo entre los meses de mayo y junio y noviembre y diciembre. Las faenas para pesca para consumo humano directo se suelen dar a lo largo del año en diferentes épocas y pueden darse tanto en el sur como en el norte del país. A pesar de estos controles en el sector industrial pesquero, lo que el Perú más produce y exporta sigue siendo la harina y aceite de pescado. Por lo tanto no es de extrañar que justamente sea este el motivo por el cual las pesqueras centran su atención en la extracción de especies que son más útiles para la producción de estos. En el anexo A.1 se puede apreciar la tabla A.1-4 que muestra el valor de las exportaciones para el 2007 (valores FOB en millones de dólares), esta tabla también nos permite contrastar el valor de las exportaciones del rubro pesquero con los de otros como el agrícola o minero. El término FOB es una forma de valorizar las exportaciones de un país, medidas por el precio

que alcanza colocadas en un medio de transporte cualquiera antes de su salida del país. Excluye el costo del seguro y el flete.

La tabla 1.1 muestra las cantidades (en toneladas métricas) de recursos marítimos extraídos en los últimos años según especie. De estos se desprende que las especies de mayor preferencia para pesca son en efecto la anchoveta, el jurel y la caballa. El primero más que todo para la producción de harina de pescado (y también para CHD según se puede ver en algunas campañas promocionadas por el gobierno) y los dos últimos también para este fin (aunque en menor cantidad) y para el consumo humano.

Tabla 1.1 Cantidad (TM.) de especies extraídas

<b>Especie/Año</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
<i>Anchoveta</i>	6 358 217	8 104 729	5 347 187	8 808 494	8 655 461
<i>Jurel</i>	723 733	154 219	217 734	187 369	80 663
<i>Caballa</i>	176 202	32 698	94 384	62 255	52 895
Atún	4 175	5 967	9 592	4 628	12 080
Bonito	1 287	865	2 191	1 488	3 093
Samasa	137 098	6 022	5 914	4 080	308
Sardina	60 298	6 853	8 726	1 541	838

Fuente: Ministerio de la Producción: Desembarque de recursos hidrobiológicos por año según especie.

Aunque los datos utilizados en esta última tabla no están actualizados al 2008, la tendencia de seguir usando la anchoveta como especie principal para la producción de harina de pescado es muy clara y sigue manteniéndose hasta la actualidad.

Justamente estos datos sustentan la necesidad de inversión de las pesqueras en adquirir equipos electrónicos de navegación y exploración para una eficiente faena de pesca. El Sonar MAQ-45 que se va a instalar a la E/P Napo 4 tendrá las funciones primarias de

detección de cardúmenes de Anchoveta. Además, dado su diseño este también se presta para la pesca de especies rápidas como el jurel y la caballa.

## 1.2. DEFINICIONES

Para un mejor entendimiento del presente informe se hace necesario presentar la definición de algunos términos que son comúnmente usados en el sector pesquero y construcción naval. Estos conceptos facilitarán sobretodo la comprensión de los capítulos III y IV que describen tanto al sonar MAQ-45 como su proceso de instalación respectivamente.

### 1.2.1. Tipos de Pesca

#### **Pesca tipo cerco**

La pesca de cerco consiste, como su nombre indica, en cercar al pez ubicando el cardumen o banco de peces, determinando rumbo y velocidad procediendo luego a cercarlo, soltando la red con la panga (lancha pequeña de gran motor), haciendo un círculo alrededor del cardumen para luego cercarlo con ayuda de la panga, seguidamente se cierra el fondo de la red capturando la pesca. La figuras 1.3 muestran este tipo de pesca.

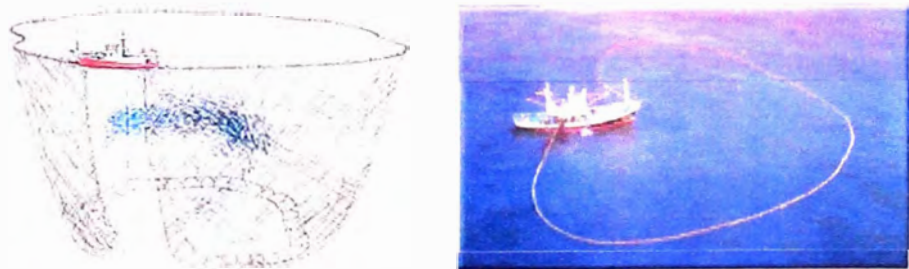


Figura 1.3 Pesca tipo cerco

### **Pesca tipo arrastre**

El arrastre o pesca de arrastre también es conocida por el nombre de retropesca. Consiste fundamentalmente en el empleo de una red lastrada que barre el fondo del mar capturando todo lo que encuentra a su paso. Se trata de un arte activo, en el sentido de que no espera ni confía en los movimientos del pez para su captura.

La pesca de arrastre es de las menos selectivas que existe, pues es muy dañina para los fondos oceánicos; de hecho, en la mayoría de los países está regulada, pero en muy pocos está prohibida. El modo de arrastre de fondo es uno de los métodos más invasivos de pesca, pues está en contacto con el fondo marino y destruye algas y otros organismos indiscriminadamente. Por esta razón se cuestiona su uso y se exige mayor regulación. La figura 1.4 nos muestra la pesca de arrastre.

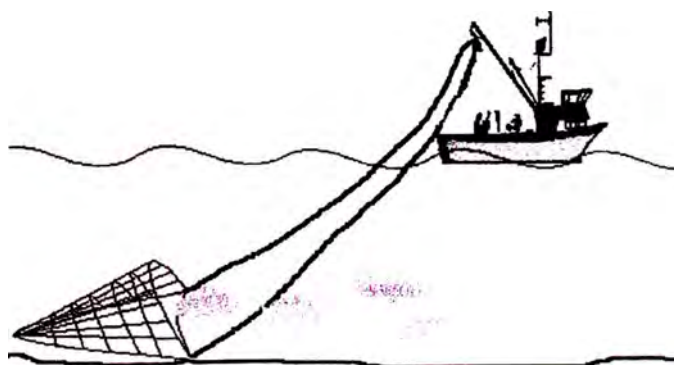


Figura 1.4 Pesca tipo arrastre

### 1.2.2. Secciones y términos relacionados a una embarcación

#### **Proa**

Se llama proa a la parte delantera de un barco que va cortando las aguas del mar. Esta extremidad del buque es afinada para disminuir en todo lo posible su resistencia al movimiento. Existen diferentes tipos de proa como se menciona a continuación:

- Proa lanzada, es frecuente en los barcos de pesca, incluso se usa una combinación de proa recta en la obra viva y lanzada en la obra muerta.
- Proa de bulbo, se llama así por el bulbo que lleva en la proa.

De los tipos anteriormente mencionados, la proa de bulbo es la que presenta una reducida resistencia a la marcha sobretodo en buques de gran tonelaje. Es importante mencionar que toda embarcación con una proa del tipo bulbo bajo el agua debe tener dibujada en el casco la imagen que se puede apreciar en la figura. 1.5.



Figura 1.5 Proa de una embarcación

#### **Popa**

Se designa con el nombre de popa a la terminación posterior de la estructura del buque. Al igual que la proa y a fin de evitar los

remolinos y pérdida de energía, esta parte del buque es también afinada. La figura 1.6 nos muestra la popa de un buque.



Figura 1.6 Popa de una embarcación

### **Eslora**

La eslora es la dimensión de un navío tomada a su largo, desde la proa hasta la popa. Esta distancia se mide paralelamente a la línea de agua de diseño, entre dos planos perpendiculares a línea de crujía.

La teoría del buque distingue entre:

- **Eslora de flotación**, es la longitud del eje longitudinal del plano de flotación considerado. *LWL Length Water Line.*
- **Eslora entre perpendiculares**, es la distancia entre la perpendicular de proa ( $P_{pr}$ ) y la perpendicular de popa ( $P_{pp}$ ). *LBP Length Between Perpendiculars.*
- **Eslora total**, es la tomada entre los dos puntos más extremos del navío. *LOA Length Over All.*

En la siguiente gráfico 1.7 se puede observar los diferentes tipos de esloras en una embarcación. Para el caso de la instalación del tubo



tanque del sonar, normalmente consideramos la LWL (eslora de flotación).



Figura 1.7 Esloras de una embarcación

A modo de complemento podemos agregar que la eslora de flotación está relacionada con las capacidades de navegación del navío, mientras que la eslora total se usa para efectos civiles (cálculo de primas de seguro, etc.) y para determinar el espacio necesario para atracar en un muelle y otras aplicaciones similares.

### **Quilla**

La quilla es la pieza más importante de la estructura sobre la que se construye un barco. La quilla es al barco lo que la columna vertebral es al esqueleto.

Es una pieza longitudinal de madera o acero (según el tipo de construcción) desde donde nacen las cuadernas (costillas). En el extremo de proa se une a la roda y al codaste en la popa. La figura 1.8 muestra lo que vendría a ser la quilla de una embarcación.

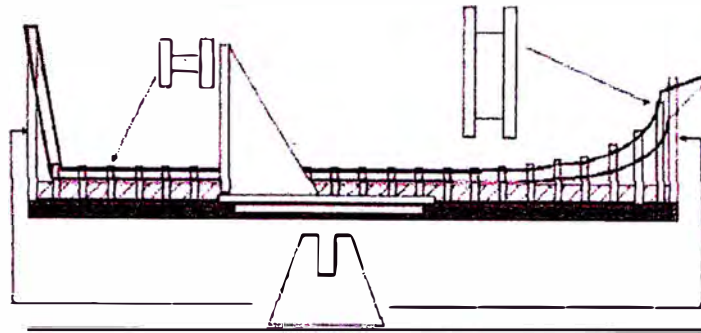


Figura 1.8 Quilla de una embarcación

### **Babor y Estribor**

Babor, en un barco y en cualquier medio de transporte en el agua, es el lado izquierdo en el sentido de la marcha o, más exactamente, el lado izquierdo mirando hacia proa (la parte delantera del barco). El lado derecho se denomina estribor.

El motivo de que en los barcos se le den a los dos lados nombres diferentes a derecha e izquierda es para evitar confusiones, ya que los tripulantes pueden moverse libremente hacia adelante y hacia atrás, y el tripulante que mira hacia atrás hablará de la derecha refiriéndose, en realidad, a la izquierda, y viceversa. Al denominarse los lados de la forma antes descrita no hay confusión posible. En la figura 1.9 podemos apreciar los diferentes lados de una embarcación de acuerdo al sentido de avance, en particular los lados de babor y estribor.

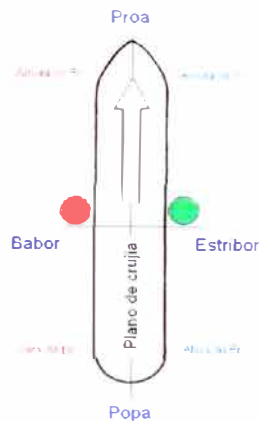


Figura 1.9 Babor y estribor de una embarcación

### **Obra Viva**

Obra viva se denomina a la superficie sumergida de un buque. Es la parte del casco que de forma permanente, y con la máxima carga admisible, está sumergida. Normalmente, se distingue con un color rojo u ocre.

### **Obra Muerta**

En un buque se denomina obra muerta a la parte del casco que está fuera del agua, de forma permanente, cuando el barco está a plena carga. Se considera para esta distinción solamente el casco del buque. La diferencia entre estas dos últimas definiciones se puede apreciar mejor en la figura 1.10.

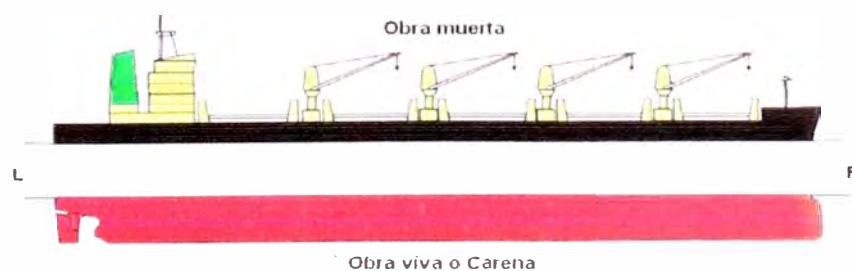


Figura 1.10 Obra viva y obra muerta de una embarcación.

### **1.3. OBJETIVO**

Entender los aspectos mecánicos y electrónicos de funcionamiento del sonar MAQ-45 para el respectivo y correcto proceso de selección, instalación y calibración del equipo aplicado a una embarcación pesquera de 200 toneladas métricas (TM) de capacidad de bodega y 28 m de eslora, dedicada principalmente a la extracción de anchoveta y con área de pesca en el litoral de los puertos del Callao, Supe e Ilo.

### **1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES**

El presente informe de ingeniería se centra básicamente en la descripción del modo de funcionamiento del sonar MAQ-45 y en el proceso de selección, instalación y calibración (pruebas de operación) del equipo para una embarcación del tipo cerco que operará principalmente entre los puertos del Supe, Callao e Ilo, la cual a su vez se dedicará exclusivamente a la extracción de anchoveta. Aunque el equipo también le permite realizar la extracción de Jurel y Caballa, la carencia de un sistema de frío a bordo imposibilita este tipo de pesca.

Si bien es cierto, en el mercado actual existen diferentes fabricantes y marcas de equipos electrónicos de navegación (algunas mundialmente conocidas como *Furuno*, *Kaijo* y *Simrad*), la marca que se va a tratar en este informe son los fabricados por *MAQ SONAR*. Sin embargo, ya que el principio de funcionamiento de los sonares es básicamente el mismo independientemente del fabricante, se hace mención que en algunas partes del informe se hará referencia al marco teórico que, por ejemplo, *Furuno* hace en sus manuales sobre el principio de funcionamiento de los sonares. Esto no hace ningún

desmedro a la marca que describimos en este informe, por el contrario, el sonar omnidireccional de pesca es invento del Ingeniero Canadiense Eugene Hill, propietario de la empresa *MAQ Sonar Company*.

Durante el desarrollo del trabajo se va a dar a conocer eventualmente algunas características de operación de tres equipos *MAQ SONAR* de distintas frecuencias y con diferentes rangos de alcance y tipo de detección, sin embargo este informe se centra exclusivamente en el sonar omnidireccional de 45 kHz ya que es este tipo el que se ha instalado en el caso práctico sobre el cuál se basa este trabajo. Aunque en la actualidad muchos de los transductores que vienen al Perú ya son del tipo de sonar RDT (transmisión rotacional direccional), se hace énfasis que este trabajo se centra en el tipo de transductor omnidireccional. Esta aclaración es importante pues los modos de transmisión entre uno y otro sistema difieren y aunque la unidad domosónica sea RDT, el hardware y electrónica del equipo siguen siendo para el transductor omnidireccional.

Por otro lado, ya que el fabricante no proporciona mayor información sobre los diseños y puntos de prueba de voltajes de entrada y salida de las diferentes tarjetas electrónicas, la explicación sobre los aspectos electrónicos del equipo será más cualitativa y deductiva en base a la observación de los diferentes dispositivos electrónicos que lo conforman. Hay secciones que sí tienen como fuente directa las explicaciones hechas por el Ingeniero Jim Kroeze (Jefe de Ingeniería de *MAQ Sonar Company*), situación que se aprovechó en una visita se hizo a Canadá y para la cual accedió a brindar información, pero aun así la misma es limitada en lo concerniente al aspecto

interno y de diseño de los circuitos electrónicos. Por lo tanto, este informe no contendrá en buena parte datos o gráficas sobre forma de ondas a la salida de las tarjetas por la complejidad que las pruebas implicarían y el riesgo que ello significaría para el equipo al no contar con esquemas de los dispositivos electrónicos que conforman el sonar. Así también, tampoco se ahondará profundamente en la descripción y explicación de las tarjetas electrónicas (modos de funcionamiento), salvo el resultado de las observaciones que se han hecho en taller y labores de mantenimiento.

En lo que se refiere al software del sonar, este se abordará desde el punto de vista netamente operativo ya que no se ha tenido acceso al código mismo de programación ni muchos menos a los algoritmos empleados para tal desarrollo.

Con respecto a la información relacionada a los aspectos mecánicos, esta proviene tanto del fabricante (en menor grado) como de las observaciones del trabajo en conjunto con otros ingenieros durante las labores en varadero. Las observaciones del tipo mecánico para la instalación están respaldadas por la experiencia y recomendaciones hechas por ingenieros navales y mecánicos con los cuales se ha tenido la oportunidad de realizar trabajos de instalación de equipos electrónicos de pesca en diferentes astilleros y para diferentes embarcaciones. En los temas referidos al tipo de material (acero) y soldadura para los aspectos mecánicos, no se hará mayor precisión sobre propiedades mecánicas o de resistencia salvo mencionar los valores que se indiquen en los catálogos de proveedores de estos insumos.

En lo relacionado al aspecto teórico, no se hará un análisis extenso sobre la forma de propagación del sonido en el mar. Al respecto habría que mencionar muchos otros aspectos como los de refracción (ley de Snell), absorción, etc., temas cuya omisión para el presente informe no afecta de manera significativa dado que el efecto de estos fenómenos ya es superado durante el diseño del sonar. Para estos tópicos existe mucha bibliografía que el lector puede consultar posteriormente y a la que también se ha recurrido para la realización de este informe.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTO TEÓRICO

#### **2.1. LA NATURALEZA DEL SONAR**

El sonar (del inglés *SONAR*, acrónimo de *Sound Navigation And Ranging*, ‘navegación y detección por sonido’) es una técnica que usa la propagación del sonido bajo el agua para navegar, comunicarse o detectar otros buques.

De todas las formas de radiación conocidas, el sonido es la mejor que puede propagarse a través del mar. Ya sea en aguas turbias o saladas, las ondas de radio como de luz son atenuadas en un grado considerablemente mayor que el sonido. Tanto en el aire como en el vacío se utiliza la radiación electromagnética, pero este tipo de radiación no es eficaz en el agua porque el medio acuático es un excelente conductor eléctrico, por lo cual se produce una rápida transformación de la energía del campo eléctrico provocando una atenuación mucho mayor que la radiación acústica de naturaleza mecánica.

Debido a su relativa facilidad de propagación, el sonido bajo el agua ha sido aplicado para una gran variedad de propósitos en la exploración marítima. Estas aplicaciones de las propiedades del sonido bajo el agua dan al *Sonar* el marco de ingeniería y científico sobre los cuales se ha desarrollado.



Los sistemas sonares (aquellos que aplican las propiedades del sonido bajo el agua) se dicen que son *Activos* cuando el sonido es intencionalmente generado por un componente del sistema llamado *Proyector*. Las ondas de sonido generadas por el proyector viajan a través del mar hacia un *Objetivo* y son devueltas al sonar como *Ecos* a un *Hidrófono*, el cual convierte la onda mecánica de sonido en señal eléctrica. La señal eléctrica del hidrófono es amplificada y procesada de varias formas para finalmente ser aplicada a un dispositivo de control y ser mostrada en un monitor con la intención de que el ser humano pueda interpretar la información que el sonido trae consigo.

En comparación a los sistemas sonares activos, tenemos también a los *Pasivos*. En este tipo tenemos que el sistema sonar no posee un proyector, sino únicamente un Hidrófono el cual se encarga de “escuchar” las ondas sonoras que emite el objetivo. Este tipo de Sonares no están incluidos en el alcance del informe.

## **2.2. ONDAS SONORAS Y SU PROPAGACION**

### **2.2.1 Propagación del Sonido en el mar**

El funcionamiento de un sonar está en función del comportamiento de las ondas sonoras en el mar. Se sabe así pues por ejemplo que el sonido tiene menor velocidad en aguas dulces que en aguas saladas. La velocidad del sonido en el mar está alrededor de los 1500 m/s y depende básicamente de la densidad del agua, la cual a su vez depende de tres factores: La Temperatura, Presión y Salinidad del agua.

Muchos estudios han demostrado que extrañamente no existen otras variables de las cuales dependa la velocidad del sonido, sino que estas se reducen a las ya anteriormente mencionadas. A su vez, a lo largo de los años se han planteado muchas ecuaciones empíricas que muestran a la velocidad del sonido como una función de la temperatura, presión y salinidad. Mencionamos sólo ahora la ecuación de *K. V. Mackenzie* por ser la que mejor describe este fenómeno para un mayor rango de profundidad (hasta los 8000 m):

$$c = 144896 + 4.591T - 5.304 \times 10^{-2} T^2 + 2.374 \times 10^{-4} T^3 + 1.34(S - 35) + 1.630 \times 10^{-2} D + 1.675 \times 10^{-7} D^2 - 1.025 \times 10^{-2} T(S - 35) - 7.139 \times 10^{-13} TD^3$$

Donde  $T$  es la temperatura (en grados Celsius, para valores entre 2 y 30° C),  $S$  la salinidad (en partes por millón, para valores de 25 a 40) y  $D$  la profundidad en m (para valores entre 0 y 8000 m).

En términos generales el cambio en la velocidad del sonido es proporcional al cambio en la temperatura y presión. Si existe un gradiente positivo en estas variables, también lo habrá en la del sonido. La velocidad de este también se incrementará, aunque en menor grado, ante un aumento en la salinidad. Sin embargo, la influencia de estas variables no es igual en toda la profundidad del mar, sino que es más marcada en aguas superficiales en el caso de la temperatura por un lado, mientras que la presión ejerce mayor influencia para aguas profundas. Esto se entiende y explica mejor a

través del modelo de capas o “termoclinas” a lo largo de la profundidad del mar, el cual se aprecia en la figura 2.1

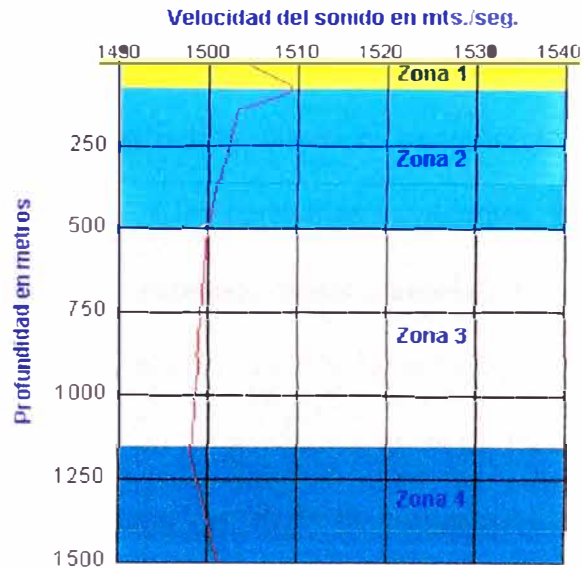


Figura 2.1 Termoclina

- Zona 1: Capa superficial o de mezcla
- Zona 2: Termoclina estacional
- Zona 3: Termoclina permanente
- Zona 4: Isotherma profunda

Es importante entender el efecto de la temperatura sobretodo porque no es lo mismo pescar con un sonar en el norte (Chimbote, Paita, Supe) donde las aguas son más calidas que en el sur (Ilo, Mollendo). Si bien es cierto la velocidad aumenta con la temperatura, en verano (o en aguas calientes) el alcance de detección de los sonares siempre disminuye en aguas más calientes o en verano debido a que el haz sonoro si bien sale con mayor rapidez también disipará energía más rápidamente.

### 2.2.2 Intensidad del sonido en el mar

#### Conceptos Básicos

Es importante tener en cuenta que el sonido consiste en un movimiento regular de las moléculas de una sustancia elástica. Luego, un movimiento de partículas, como el iniciado por el proyector del sonido, se comunicará a las partículas adyacentes. Consecuentemente una onda sonora se propaga hacia “afuera” de la fuente sonora (proyector) a una velocidad igual a la *velocidad del sonido*. En un fluido, el movimiento de las partículas es de un lado al otro paralelo a la dirección de propagación; dada la compresibilidad de un fluido, este movimiento de un lado a otro ocasiona cambios de presión. Para una onda de sonido, la presión  $p$  esta relacionada con la velocidad de las partículas del fluido  $u$  por:

$$p = \rho \cdot c \cdot u \quad (2.1)$$

Donde:

$\rho$  = Densidad fluido

$c$  = Velocidad propagación de la onda

El factor  $\rho \times c$  es llamado *resistencia acústica específica*, para el agua del mar tenemos:

$$\rho \times c = 1.5 \times 10^5 \text{ g} / (\text{cm} - \text{s})$$

y para el aire:

$$\rho \times c = 42 \text{ g} / (\text{cm} - \text{s})$$

La ecuación 2.1 viene a ser la Ley de Ohm aplicada a la acústica acuática, la velocidad de las partículas  $u$  puede ser vista como el análogo acústico de la corriente eléctrica, mientras que la presión  $p$  sería el voltaje eléctrico.

Una onda sonora que se esta propagando transporta consigo energía mecánica en forma de energía cinética, debido al movimiento de las partículas, y energía potencial, debido a las deformaciones elásticas que ocurren en el medio. Ya que tenemos una onda en propagación, una cierta cantidad de energía por segundo fluye a través de una unidad de área orientada normalmente a la dirección de propagación. Esta cantidad de energía por segundo (potencia) atravesando una unidad de área es llamada *intensidad* de la onda. Para una onda plana, la intensidad instantánea esta relacionada a la presión acústica instantánea por la siguiente fórmula:

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \quad (2.2)$$

Sin embargo, en el uso real será siempre de mayor interés práctico trabajar con la intensidad promedio sobre un intervalo de tiempo a trabajar con intensidades instantáneas. Luego, para este fin utilizaremos la presión cuadrática media sobre un intervalo de tiempo:

$$I = \frac{\overline{p^2}}{\rho \cdot c} \quad (2.3)$$

Donde la barra sobre  $p$  indica un promedio obtenido sobre un intervalo de tiempo de estudio.

### **El Micropascal como unidad de referencia y el Decibelio**

La *unidad de intensidad* de un sonido subacuático es la intensidad de aquella onda plana que tiene una presión cuadrática media igual a 1 Micropascal (abreviado como  $1 \mu Pa$ ). En unidades físicas esta intensidad es igual a  $0.67 \times 10^{-22} W/cm^2$ .

Por otro lado, tenemos que el decibelio es la principal unidad de medida utilizada en acústica para cuantificar el nivel de potencia o nivel de intensidad del sonido. El decibelio más que dar un valor absoluto, da un valor relativo con respecto a una referencia.

Se utiliza una escala logarítmica porque la sensibilidad que presenta el oído humano a las variaciones de intensidad sonora sigue una escala aproximadamente logarítmica, no lineal. Por ello el decibelio (dB), resulta adecuado para valorar la percepción de los sonidos por un oyente. Se define como la comparación (relación) entre dos sonidos, porque un oyente al que se le hace escuchar un solo sonido no puede dar una indicación fiable de su intensidad, mientras que, si se le hace escuchar dos sonidos diferentes, es capaz de distinguir la diferencia de intensidad.

Históricamente el decibelio ha sido usado por mucho tiempo para cuantificar cantidades acústicas. Las unidades de decibelio proveen una forma conveniente de tratar con grandes cambios en variables y además permite la multiplicación de cantidades simplemente sumando

sus equivalentes en decibelios, tal como se hace por ejemplo al momento de tratar con las ecuaciones del sonar. Si  $I_1$  y  $I_2$  son dos intensidades, o dos densidades de flujo de energía, el número  $N$  que denota el ratio  $I_1/I_2$  es  $N = 10 \text{ Log}_{10} I_1/I_2 \text{ dB}$ . En unidades de decibelio se dice que la diferencia entre  $I_1$  y  $I_2$  es de  $N \text{ dB}$ .

El *nivel* de una onda de sonido es el número de decibelios con el cual su intensidad, o densidad de flujo de energía, difiere de la intensidad de la onda de referencia. Esto es, si  $I_2$  en la expresión anterior es la intensidad de referencia, entonces una onda sonora de intensidad  $I_1$  tiene un nivel igual a  $N \text{ dB}$ . Para aclarar mejor qué referencia esta siendo usada, el nivel se denota como " $N \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}$ ". En consecuencia una onda que tiene una intensidad 100 veces mayor que una onda con presión cuadrática media de  $1 \mu\text{Pa}$ , se dirá que tiene un nivel  $N$  igual a  $10 \text{ Log}_{10} 100/1 = 20 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}$ .

En el sonar MAQ-45 encontramos que dos parámetros (uno de diseño y otro de desempeño) vienen dados en dB referidos al  $\mu\text{Pa}$ .

Por un lado tenemos la "fuerza" del domo para transmitir o "Fuerza de la fuente" (SL de sus siglas en inglés para la ecuación del sonar).

Este valor es igual a:

$$SL = 214 \text{ dB ref. } 1 \mu\text{Pa} = 10^{21.4} \times 0.67 \times 10^{-22} \text{ W/cm}^2$$

Por otro lado, el MAQ-45 puede detectar blancos desde 1600 m de distancia siempre y cuando este tenga una fuerza (TS de sus siglas en inglés) igual 0 dB (lo que es lo mismo decir que su superficie produce un eco con presión igual a  $1 \mu\text{Pa}$ ).

### 2.3 ECUACIÓN GENERAL DEL SONAR

Los diversos fenómenos y efectos relacionados al comportamiento del sonido bajo el agua producen una diversidad de efectos cuantitativos tanto en el diseño como en la operación del sonar. Estos diferentes efectos pueden ser agrupados lógicamente de manera cuantitativa en un pequeño número de unidades llamadas los *parámetros del sonar* que a su vez se relacionan entre si en las *ecuaciones del sonar*. Estas ecuaciones relacionan los efectos del medio, del blanco u objetivo y del equipo y sirven como herramientas de diseño y de predicción del equipo.

Como hemos mencionado, las ecuaciones básicas del sonar sirven a dos importantes propósitos prácticos: *El de predicción del performance del equipo y el de diseño del sonar*. En este informe nos centraremos únicamente en el primero y partiremos de un conjunto de características ya conocidas del equipo proporcionadas por el fabricante. Lo que se desea es obtener un estimado del desempeño del mismo en términos de algún parámetro. Para nuestro caso práctico del MAQ-45 lo que se hará es predecir el rango de alcance de detección máximo del sonar para un determinado blanco (tipo de pez). Para este caso lo que se hace normalmente es hallar la pérdida de transmisión (TL, de sus cifras en inglés) entre el punto de emisión del sonar y el punto de detección (ubicación donde se encuentra el pez o banco de peces). El valor hallado de TL esta vinculado a través con la distancia D de estudio a través de una relación logarítmica que presentaremos más adelante.



### **Consideraciones básicas**

Las ecuaciones del sonar se basan en una igualdad elemental entre la cantidad deseada y no deseada de señal recibida (eco) en un determinado instante de exploración. Esta exploración involucra la recepción de energía acústica existente en un fondo acústico natural. De todo este campo acústico en la recepción, una porción se puede clasificar como *deseada* y es justamente lo que usualmente denominamos como la *señal*. El remanente de este campo acústico es energía *no deseada* y es lo que a veces catalogamos como *señal de fondo* o simplemente *fondo*. En términos del sonar, esta señal de fondo puede ser lo que llamamos *ruido* y *reverberación*. El objetivo en el diseño y fabricación de un sonar es encontrar medios para incrementar la respuesta general del sistema ante la señal deseada y de disminuir la respuesta ante la señal de fondo (ruido y reverberación)

Si creamos una relación entre la señal y el fondo existente, entonces podemos hablar de una razón *señal / fondo* que dependerá del nivel de performance que es deseado en términos de porcentaje de éxito y de “falsas alarmas”, como la aparente detección de un blanco cuando en verdad no hay ninguno presente. Si nos imaginamos que la señal se va incrementando lentamente en un fondo acústico constante, entonces el propósito deseado (presentar un blanco existente) se cumplirá cuando el *nivel de la señal* iguale el *nivel del fondo acústico que lo esta envolviendo o cubriendo*. Es decir, la misión del sonar se cumple cuando:

$$\text{Nivel de la señal} = \text{Nivel envolvente del fondo}$$

(El sonar ha detectado y presenta un blanco)

El término envolvente implica que no todo el fondo interfiere con la señal, sino que sólo una porción de este (usualmente aquella porción en la banda de frecuencia de la señal).

Normalmente existen dos tipos de ecuaciones: La ecuación del sonar activo y la ecuación del sonar pasivo, cada una de ellas para el tipo de sonar que describe. En este informe nos centraremos únicamente en la ecuación del sonar activo por ser la que corresponde al MAQ-45.

Retomando la igualdad básica anteriormente presentada, con la finalidad de expandirla es necesario previamente definir unos parámetros: Los parámetros del sonar, los cuales son determinados tanto por el *equipo*, el *medio* y el *objetivo o blanco*. Estos parámetros son denotados siempre con dos letras y son niveles en unidades de decibelios dB relativas a la intensidad estándar de 1  $\mu$ Pa. Son los siguientes:

Parámetros determinados por el equipo (variables de diseño)

Nivel de la Fuente: SL (de Source Level, su nombre en inglés)

Índice de directividad Recepción: DI

Umbral de detección: DT

Parámetros determinados por el medio

Pérdida de transmisión: TL

Nivel de Ruido: NL (puede incluir tanto *ruido* como *reverberación*)

Parámetros determinados por el objetivo o blanco

Fuerza del objetivo: TS

Pasemos a describir cómo actúan estas cantidades a través de la siguiente ilustración referida al caso de un sonar activo como lo es el MAQ-45,

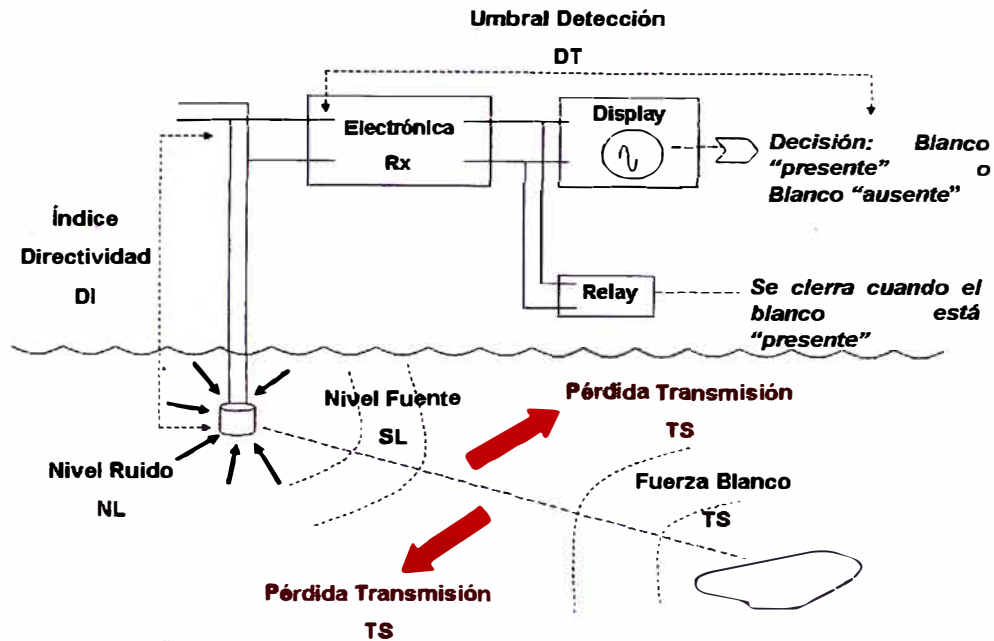


Figura 2.2 Planteamiento ecuación del sonar

Una fuente de sonido que actúa también como receptor (un *transducer*) posee un determinado *Nivel de Fuente* de SL decibelios. Cuando el haz alcanza el blanco, su nivel de "fuerza" se habrá reducido por la *Pérdida de Transmisión* TL y entonces para ese instante tendríamos que la cantidad de energía que le queda al haz es  $SL - TL$ . Sin embargo, cuando el haz impacta sobre el blanco y se refleja, este último le aportará cierto "punche" de retorno denotado por la *Fuerza del Blanco* o TS, luego la cantidad de energía del haz sería luego de dar con el blanco  $SL - TL + TS$ . Durante el viaje de retorno hacia la fuente, el nivel del haz reflejado es nuevamente atenuado por la *Pérdida de Transmisión* TL, así pues para ese instante la intensidad del haz es  $SL - TL + TS - TL$  ó  $SL - 2TL + TS$ , valor que es el nivel del eco que llega al Transductor. Los efectos del fondo acústico se encierran en el parámetro NL

(el cuál puede implicar tanto ruido como reverberación). Este nivel obviamente también afectará al eco obtenido atenuándolo o haciendo que el valor puro de señal que obtendría se vea medrado por la interferencia lo cual se refleja con una resta. Entonces hasta este momento tendríamos que el valor del eco que llega al transductor es:  $SL - 2TL + TS - NL$ . Sin embargo, un factor de diseño que ayuda a reducir los efectos del ruido es justamente el *Índice de Directividad* DI, el cual denota la habilidad del sonar para poder diferenciar entre la señal recibida y la cantidad de ruido “infiltrada” en ella. Luego, los efectos del ruido se verían en cierta forma reducidos y tenemos que finalmente al transductor estaría llegando la siguiente cantidad de energía:

$$\text{Señal / Fondo: } SL - 2TL + TS - (NL - DI)$$

En el momento en que el sonar “detecta” un blanco, el equipo debe dar alguna indicación en su pantalla de que un objetivo está presente. Cuando la razón *señal / fondo* está por encima de cierto umbral de detección, entonces el equipo mostrará que un blanco esta presente. Cuando el blanco esta siendo detectado, la razón *señal / fondo* iguala a este umbral de detección DT, entonces tenemos:

$$SL - 2TL + TS - (NL - DI) = DT$$

Para aplicar esta ecuación al MAQ-45, presentamos los respectivos valores de cada uno de estos parámetros (cada uno de ellos referidos siempre al  $\mu\text{Pa}$ ). La aplicación será determinar a qué rango de distancia, el equipo es capaz de determinar distintos especies y cantidad de peces (blanco).

### Parámetros del MAQ-45

Nivel de la Fuente (para un Domo MAQ-45 de 256 cristales): **SL = 214 dB**

Índice de Directividad: **DI = 6.5 dB**

Umbral de Detección: **DT = 70 dB**

### Parámetros del Medio

Nivel de Ruido (considerando ruido de flujo producido para una velocidad de 14 nudos de la embarcación y olas de 1 a 1.5 m): **NL = 10 dB**

Pérdida por Transmisión (justamente será nuestra incógnita, despejando este valor podremos obtener luego la distancia de detección D) **TL = ?**

### Parámetros del Blanco

Se hará primero la aplicación de la ecuación para:

1 Caballa: **TS = -46 dB.**

1 Bonito: **TS = -26 dB.**

1 Atún cola amarilla: **TS = -16 dB.**

40 Tunas cola amarilla: **TS = 0 dB.**

De la ecuación anteriormente presentada, si despejamos el parámetro TL este es igual a:

$$TL = (SL + TS + DI - NL - DT)/2$$

A su vez, la pérdida por transmisión esta relacionada con la distancia de detección D a través de:

$$TL = 20 \text{ Log } D$$

Luego, si hacemos los cálculos respectivos tenemos:

<b>No.</b>	<b>SL</b>	<b>TS</b>	<b>NL</b>	<b>DI</b>	<b>DT</b>	<b>TL</b>	<b>D (m)</b>
1	214	-46	10	6.5	70	47.25	230.41
2	214	-26	14.5	6.5	70	55	562.34
3	214	-16	18.5	6.5	70	58	794.33
4	214	0	25.4	6.5	70	62.55	1341.22

Como podemos ver, el nivel de ruido de 10 dB no permanece constante sino que este se va incrementando no tanto por el ruido en sí, sino que este es la suma de dos efectos del ruido propio producido por la estela del barco y de la reverberación que ocurre en el medio cuando el blanco aumenta su fuerza.

Esta ecuación encierra prácticamente toda la esencia del sonar e involucra todos los aspectos relacionados a su desempeño.

## **CAPITULO III**

### **EL SONAR OMNIDIRECCIONAL MAQ-45**

En esta sección nos ocuparemos de la descripción y explicación de la forma en que los diferentes componentes del sonar MAQ-45 interactúan entre sí. Dada la naturaleza misma del equipo, aprovecharemos en hacer el estudio desde el punto de vista mecánico primero, y luego desde el enfoque electrónico.

#### **3.1 ASPECTOS MECÁNICOS**

Esta sección tratará principalmente todo lo relacionado a materiales (acero estructural, naval o inoxidable), soldadura, proceso de arenado y pintado, montaje y funciones de los componentes mecánicos del MAQ-45 tales como el tubo tanque, tubo eje y sus principales accesorios y componentes.

##### **3.1.1 Tubo Tanque**

El tubo tanque es aquel espacio donde se alojará la unidad domosónica del sonar. Es también este ambiente desde donde se desplaza el domo hacia el mar cuando se desea iniciar la etapa de exploración. La importancia del tubo tanque es tal ya que por un lado protege la unidad domosónica (y consecuentemente los cristales piezoeléctricos y etapa de preamplificación en ella alojada) de golpes

durante el desplazamiento de la embarcación, y por otro lado la mantiene cerca al borde del casco para un mejor aprovechamiento de la carrera del equipo.

La ubicación del tubo tanque es importante pues su posición (y consecuentemente la del domo) debe darse en una zona lo suficientemente alejada de la interferencia de la turbulencia marina producida por el sistema de propulsión de la embarcación. Aunque en la práctica esta interferencia no se logra evitar al 100%, esta interferencia es lo que se visualiza en la pantalla del sonar como la “estela” de la embarcación (siempre se presenta en la dirección de Popa a Proa).

Según recomendación de MAQ SONAR así como de otros fabricantes mundialmente conocidos, la ubicación del tubo tanque debe darse a un tercio de la longitud de la embarcación (eslora de flotación) desde la proa. Esto lo podemos visualizar mejor en la siguiente Figura 3.1.

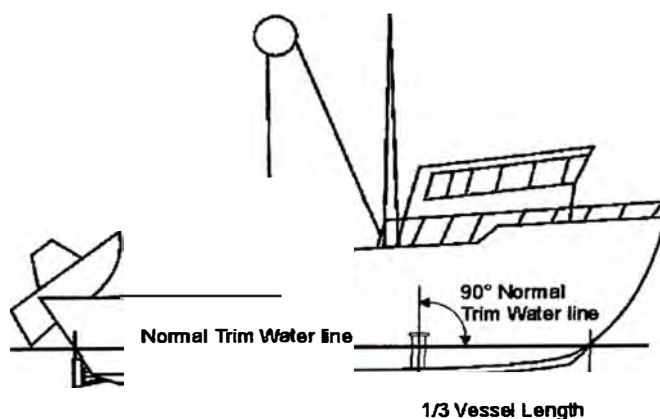


Figura 3.1. Ubicación del tubo tanque



Por otro lado, la ubicación del tubo tanque debe darse sobre la misma quilla de la embarcación, sin embargo muchas veces esta condición es difícil de satisfacer por lo que el fabricante recomienda que en ese caso la ubicación del tubo tanque se haga ligeramente desfasada hacia estribor o babor de la embarcación tal como podemos ver en la figura 3.2.

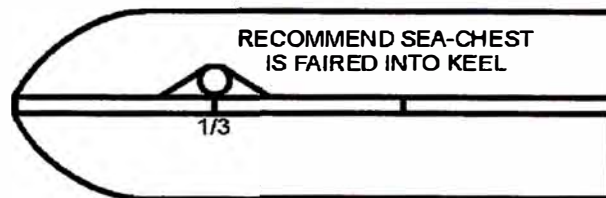


Figura 3.2 Ubicación del tubo tanque con desfase a un lado

Con respecto a las dimensiones del tubo tanque, MAQ Sonar recomienda las siguientes medidas para sus diferentes modelos de sonares omnidireccionales:

Tabla 3.1 Medidas del tubo tanque

Modelo	90KHz	45KHz	22KHz
Ø Nominal tubo tanque	8"	8"	18"
Diámetro interno	7.625" (194mm)	7.625" (194mm)	16" (406mm)
	a	a	a
	7.981" (203mm)	7.981" (203mm)	16.8" (427mm)

Fuente: Manual de servicio de MAQ Sonar

Concentrándonos en nuestro caso particular de MAQ-45, vemos que el tubo tanque debe tener un diámetro nominal de 8" y diámetros interiores mínimo de 7.625"(194 mm) y 7.981" (203 mm), además de un largo máximo recomendado de 2 m. Si verificamos en cualquier tabla de espesores y pesos de tubos, podemos verificar que los valores de esos diámetros interiores se resumen a decir que para la instalación de un sonar MAQ-45 se debe contar con un tubo tanque de Ø 8" x

SCH 40 ó Ø8" x SCH 80. Para nuestro caso particular, la E/P Napo 4 cuenta con un Tubo Tanque de Ø 8" x SCH 80.

En cuanto al material del tubo tanque, este será adquirido de fábrica. El acero que se usa en este caso es un ASTM A53. Se podría emplear acero naval (ASTM A131) pero tendría que mandarse a rolar ya que comercialmente no se consigue tubo de ese material con las medidas que necesitamos. La brida del tubo tanque puede ser hecha de acero estructural (ASTM A36) o de acero naval (ASTM A131) y para nuestro caso debe ser de espesor de ½".

El proceso de unión entre el tubo tanque y la brida se lleva a cabo con soldadura por arco eléctrico, usando electrodos AWS 7018 (especial para tuberías) Ø 5/32". También es posible usar electrodos AWS 6011 y 6013, pero según recomienda el manual de *Indura* el uso de los electrodos 7018 son ideales para usos en que se requiere alta calidad radiográfica, especialmente en uso en astilleros y para cañerías.

Una vez llevada a cabo la unión del tubo tanque con la brida y su instalación en la quilla, viene la preparación de la superficie para el proceso de pintado epóxico que protegerá la superficie interna del tubo tanque de la corrosión que se da debido a la exposición del domo con el agua de mar.

La preparación de la superficie consta de un proceso de arenado de acuerdo a la norma americana *SSPC SP5 Arenado a Metal Blanco*, donde la superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación, restos de pintura sin excepciones. Es utilizada

donde las condiciones son extremadamente severas, con contaminantes ácidos, sales en solución, corrosión, etc.

El proceso de pintado epóxico consta básicamente de la aplicación de tres manos de pintura según se describe a continuación:

Primera capa: Anticorrosivo base, protege al acero de la corrosión gracias al alto contenido de zinc (color plomo)

Segunda capa: Primera de acabado o vituflex. También protege de corrosión y va aumentando el espesor de la capa (color negro).

Tercera capa: Según el espesor que se requiera se podría dar una capa más de vituflex (opcional).

Cuarta capa: Pintura antincrustante (antifouling). Esta capa se aplica recién horas antes (24 horas) de que la embarcación sea lanzada al mar (color rojo).

### **3.1.2 Tubo Eje con brida y extensión**

El Tubo Eje con brida y extensión (o simplemente tubo eje) es el tubo que sostiene la unidad domosónica y la une a la unidad hull (unidad donde se encuentra el mecanismo de izado del equipo), la cual se encarga de movilizar el tubo eje verticalmente y proporciona el ascenso o descenso del domo.

La función del tubo eje no es sólo la de ser un agente conector y transmisor de movimiento entre la unidad hull y la unidad domosónica, sino que a través de su interior pasa la manguera con el cable de datos y señales que proviene de los cristales piezoeléctricos

del domo hacia la caja transreceptora y posteriormente a la caja procesadora para su respectivo tratamiento y visualización en pantalla. En cuanto a materiales, el tubo eje está hecho de acero inoxidable 304(AISI 304). En cuanto a las dimensiones, el tubo eje es normalmente de 2"Ø x SCH 80 x 2000 m de largo (ver plano adjunto en la figura 3.3 y página 158: Figura A.5-1), pero depende básicamente del pedido que se le haga al fabricante en función de las dimensiones que se tenga o desee del tubo tanque. El número de SCH también puede ser 160, sobretodo cuando se sabe que la embarcación va a correr y operar a altas velocidades (13, 14 Nudos).

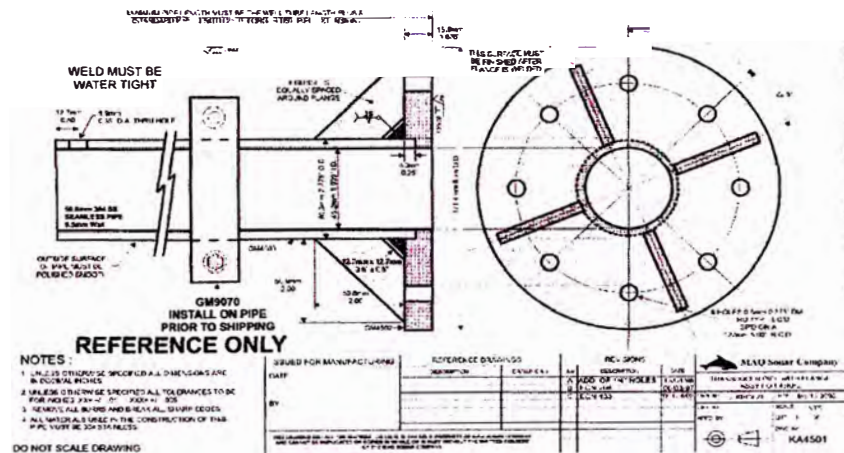


Figura 3.3 Tubo eje

Es importante mencionar que el fabricante normalmente envía tubos ejes de 2 ó 2.5 metros de largo con la idea de que este vaya unido directamente a los espárragos del domo (esto sucede normalmente para un tubo tanque que no supere los 2 metros). Sin embargo, para nuestro caso de instalación, el tubo tanque tenía aproximadamente 2.5 metros, por lo que se vio la necesidad de usar una *extensión* adicional

de tubo para poder agarrar el domo con un sobrante de 20 cm aproximadamente de tubo eje.

Es necesario resaltar que el tubo eje no va siempre unido directamente al domo, sino que su brida se une previamente a veces a una pequeña extensión (lo que normalmente llamamos “carrete”), tal como se puede apreciar en la siguiente figura 3.4 (vease página 159).

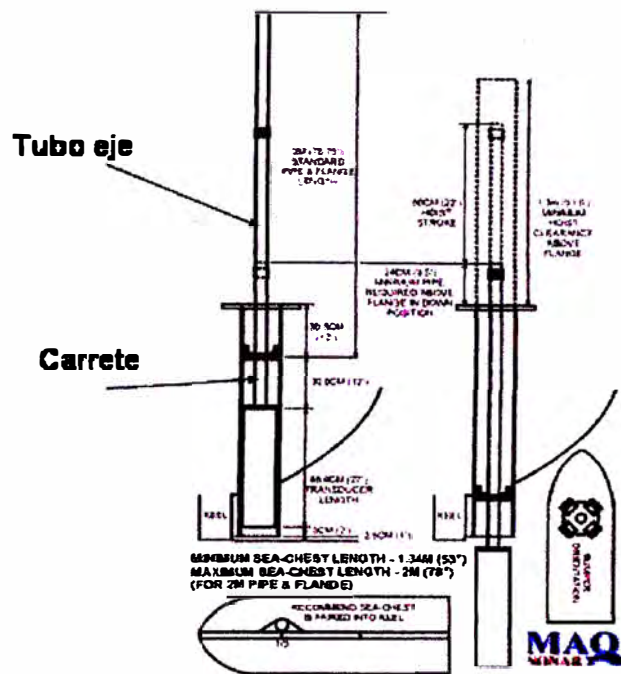


Figura 3.4 Tubo eje y carrete

Cuando el tubo tanque tiene un largo mayor a los 2 metros, se mencionó que se emplea una *extensión* (la cual es para nuestro caso de 1 m de largo), en este caso ya no se hace uso de un *carrete* intermedio para unir al domo, sino que esta extensión se une directamente al domo a través de unos espárragos de acero inoxidable. Ahora bien, las uniones entre bridas se realizan a través de 8 pernos de acero inoxidable con rosca milimétrica M18 x 70 mm de largo.

### 3.1.3 Guía tanque

Tal como su nombre lo indica, el guía tanque guía al domo a través de su recorrido dentro del tubo tanque. Este accesorio consiste de una abrazadera con 4 bases en forma de “L” sobre las cuales se colocará una platina de aluminio, una layna de jebe roja, laynas de plástico (PVC) negras ajustables, y un teflón blanco. Todos estos elementos se configuran de tal forma que el domo y el tubo eje puedan encajar alineadamente y exactamente en el interior del tubo tanque.

El teflón no sólo se usa para alinear el tubo eje, sino que también por su misma naturaleza plástica sirve como aislante contra las eventuales cargas eléctricas que se podrían generar por el rozamiento del tubo eje durante su desplazamiento a lo largo del tubo tanque. Este aislamiento es reforzado por las laynas negras y roja entre el teflón y la platina de acero de respaldo de todo el arreglo. En la siguiente figura 3.5 podemos ver la el ensamble de los diferentes componentes del guiador:

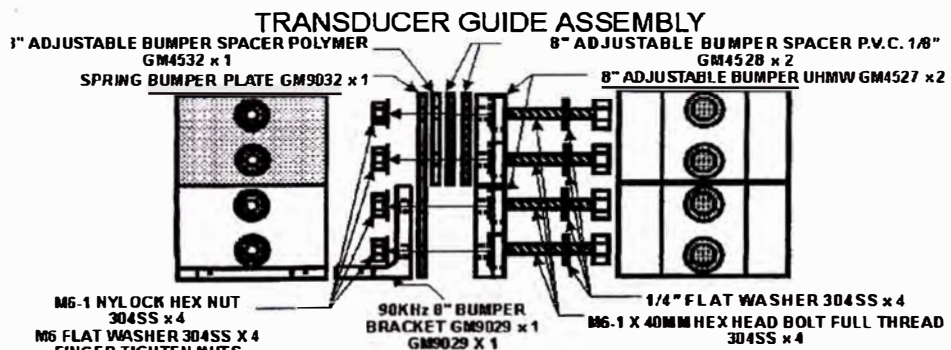


Figura 3.5 Guía tanque

En la siguiente foto (figura 3.6) podemos visualizar el ensamble de estos componentes en el guiador que se recibió en nuestro proyecto (y que tuvo que ser modificado retirándole laynas para que se ajustara al tamaño del tubo tanque).

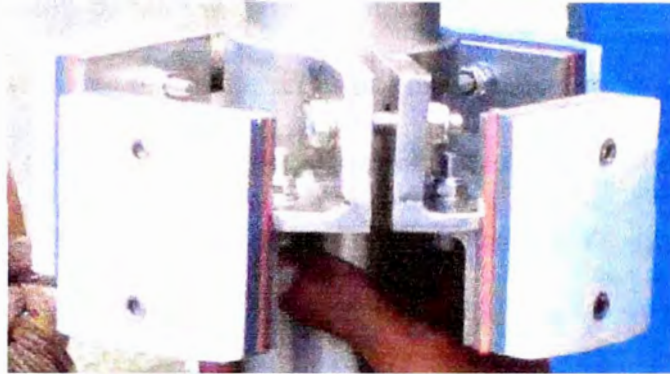


Figura 3.6 Foto del guía tanque a instalar en la Napo 4

La naturaleza misma del guiador permite retirar o agregar laynas de ser necesario, de tal forma que el guiador pueda ajustarse al tamaño del diámetro interior del tubo tanque. Refiriéndonos a nuestro caso práctico sobre la E/P Napo 4, para ajustarnos al diámetro interior existente en el tubo tanque que encontramos (194 mm), tuvimos que retirar algunas laynas con la finalidad de obtener dicha medida. En las siguientes fotografías (figura 3.7) podemos apreciar este detalle:

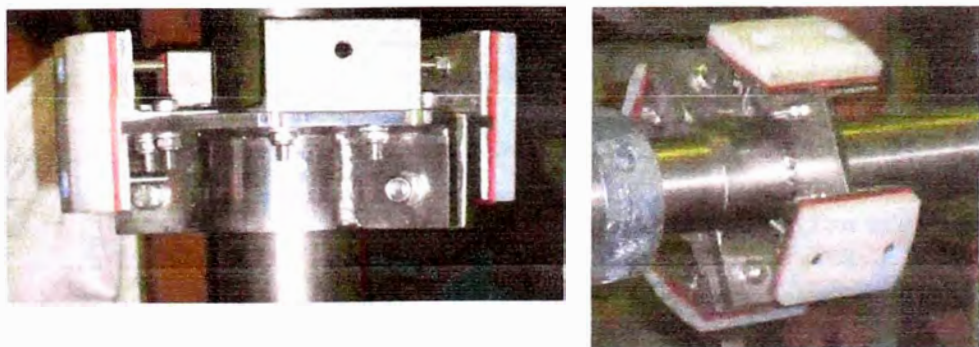


Figura 3.7 Fotos del guía tanque de la Napo 4

Por otro lado, el guiador también posee su respectiva “Marca de Proa” (figura 3.8) la cual permite orientar y ubicar los cuatro teflones de manera simétrica dentro del tubo tanque. Esta marca debe coincidir con la respectiva marca de proa de la unidad domosónica de tal forma que se encuentren presentados los cristales mirando y cubriendo cada uno de los 4 sectores de exploración de los 360° que cubre el sonar en forma de “X”. La marca de proa también ayuda por primera vez a orientar a la unidad domosónica en la dirección de la proa, esta orientación será mejorada y culminada posteriormente electrónicamente cuando a través del software se le de la alineación “proa arriba”, es decir, en la pantalla siempre veremos nuestra línea de proa hacia “arriba” y lo que ira rotando o variando será nuestro norte.

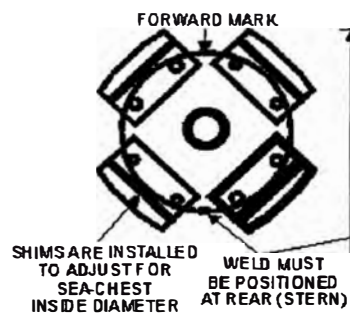


Figura 3.8 Marca de proa del guía tanque

El caso de la Napo 4 resulta novedoso pues el guiador utilizado es el primero en su género. Normalmente estos elementos aislantes (teflón, laynas de jebe y plástico) se instalaban sobre las “L” montadas sobre la misa brida del tubo eje. Sin embargo para esta instalación el soporte del teflón y laynas se ubica en una abrazadera de acero inoxidable independientemente a la brida del tubo eje.



### **3.1.4 Unidad hull o sistema de izado**

La unidad hull encierra, por decirlo así, el elemento más representativo de la parte mecánica del sonar: El sistema de izado, el cual es responsable de mover a la unidad domosónica a través de la unión existente de esta con el tubo eje.

Este sistema, para ejecutar el descenso o ascenso de la unidad domosónica, se basa en un simple mecanismo: Hacer girar un eje sinfín a través de un motor (en este caso de 24 VDC). Sobre el eje sinfín se alberga una pequeña nuez dentro de la cuál es posible encontrar unas billas de acero cementado que cumplen una función de rodamientos. Estas billas permiten un desplazamiento más rápido y libre de fricción de la nuez a lo largo del eje sinfín, dándole a los sonares MAQ la ventaja competitiva de ser aquellos que cuentan con los menores tiempo de izado con respecto a sonares de otros fabricantes.

En la figura 3.9 se puede apreciar al eje sinfín con la respectiva nuez de desplazamiento, las billas y el proceso como estas son colocadas una por una en la nuez (el sistema de izado para el MAQ-45 contiene 66 billas que se albergan entre los hilos de la nuez y del eje sinfín).



Figura 3.9 Eje sinfín, nuez y billas

Por otro lado, también tenemos unos bloques de teflón al lado de los cuales se encuentra la abrazadera que sostiene al tubo eje. La nuez se localiza por encima de estos de bloques de teflón. Tanto la nuez como los bloques están unidos por una estructura en forma de “H” de acero inoxidable AISI 304. Este detalle se puede apreciar mejor en las siguientes figuras 3.10, en donde podemos ver en primer término a la abrazadera sosteniendo el tubo eje y la vista posterior de la unidad hull donde se puede apreciar mejor el teflón y la nuez.

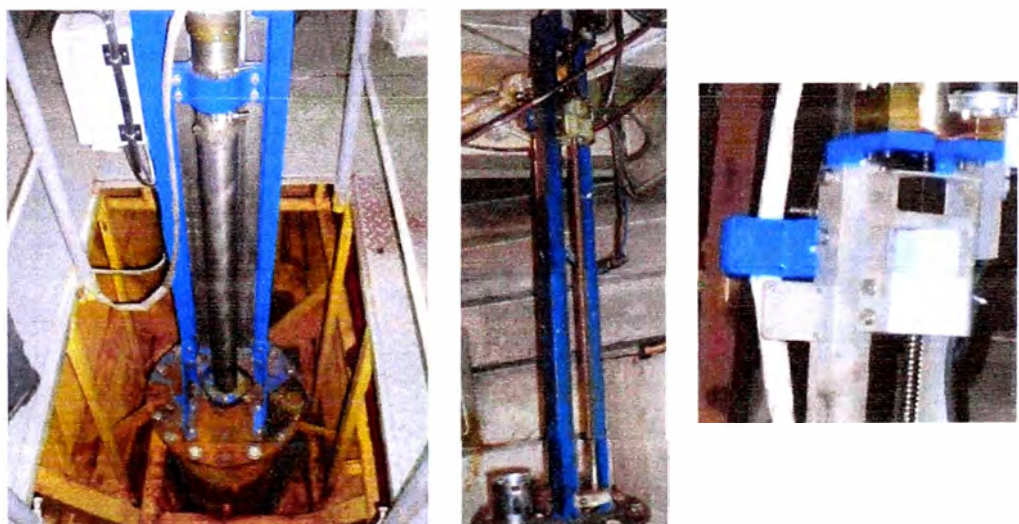


Figura 3.10 Diferentes vistas de la unidad hull

Con respecto al motor que se utiliza para hacer girar el eje sinfín, este es de 24 VDC y viene con su respectiva caja reductora con una relación de reducción de 18:1.

El eje sinfín esta hecho a su vez de acero de cementación para evitar el desgaste de su superficie (Boehler ECN E230) ideal para transmitir movimiento y potencia. El hilo es del tipo helicoidal "Ball screw" con un ángulo de paso de 30° y un paso de 5 hilos por pulgada aproximadamente. Este tipo de hilo permite el desplazamiento rápido del domo gracias al deslizamiento y poca fricción que el movimiento de las billas internas en la nuez proporciona. En comparación a otros fabricantes (por ejemplo los de Furuno) que usan un hilo tipo ACME, los sonares MAQ cuentan con los tiempos de izado mas rápidos del mercado.

Las dimensiones generales de la unidad hull o sistema de izado se pueden apreciar en la siguiente figura 3.11.

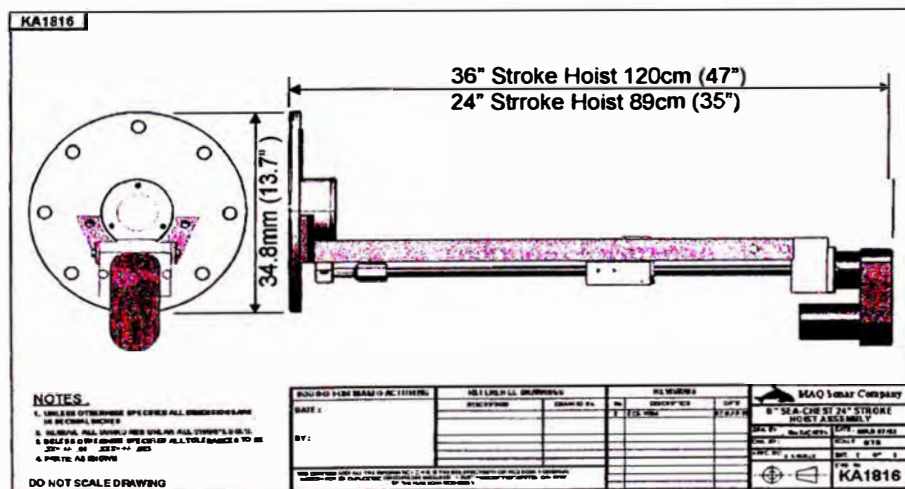


Figura 3.11 Dimensiones de la unidad de izado.

Todos los datos mencionados con respecto a las dimensiones resultan de suma importancia, pues en la práctica muchas veces debe mandarse a cortar el tubo eje para ajustarlo sólo la altura necesaria (normalmente se suele dejar uno 30 mm de tubo eje por encima de la unidad hull). La cantidad a mandar a cortar depende obviamente de las condiciones de instalación, sobretodo del largo del tubo tanque existente.

## **3.2 ASPECTOS ELECTRÓNICOS**

### **3.2.1 Unidad domosónica o transducer**

La unidad domosónica o transducer representa, por decirlo así, la interfase entre el sonar, objetivo y medio de pesca. En esta unidad es donde se genera el haz sonoro para realizar las exploraciones y detecciones (transmisión o Tx), así como también donde se reciben los ecos de los blancos detectados o que se están escuchando (recepción o Rx).

El transductor del MAQ-45 está compuesto de 32 columnas de 8 cristales piezoeléctricos cada uno, haciendo que el transducer cuente en total con 256 cristales. El arreglo de los mismos es tal que están dispuestos los 360 grados a la redonda formando 16 anillos para asegurar la transmisión y recepción en modo omnidireccional (todas las direcciones a la vez). Esto lo podemos apreciar mejor en la foto 3.12.

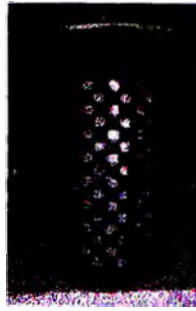


Figura 3.12 Transducer del *sonar*

El material del cual esta hecho cada uno de los cristales piezoeléctricos es *PZT*, una mezcla de tres elementos (Plomo, Titanio y Zinc) que normalmente se conoce como *Plomo Zirconato de Titanio*, el cual es conocido sobretodo por sus amplias aplicaciones en equipamiento ultrasónico tales como en los equipos para sacar ecografías médicas. Estos cristales piezoeléctricos deben ser previamente polarizados antes de ser instalados en el marco que alberga a cada uno de estos bloques de PZT. De esta forma se tendrá siempre una cara polarizada positivamente y otra negativamente “viendo” hacia el mar.

La cara polarizada positivamente será excitada con el tren de pulsos eléctricos que viene de las tarjetas transmisoras (1890) cuando este va hacia arriba, mientras que las caras negativas lo serán cuando el tren de pulsos va hacia bajo. Siempre se encuentra un cristal polarizado negativamente al lado de un cristal polarizado positivamente pero traslapadamente tal como muestra la figura 3.13 Todo esto lo podremos apreciar mejor en la siguiente sección donde explicamos como es que se genera el haz sonoro a un determinado ancho ( $5^\circ$ , el

valor más usado por los MAQ sonar) y el respectivo ángulo de inclinación (tilt).



Figura 3.13 Arreglo de los cristales PZT

### **Excitación de los cristales y formación del haz sonoro a 5° de ancho**

Como ya se ha mencionado el Transducer del MAQ-45 consta de 32 columnas (o que en adelante llamaremos “canales” pues es por aquí por donde entra la información detectada) cada una conteniendo 8 cristales. Para la explicación de la formación del haz, vamos a agrupar de dos en dos los 32 canales, resultando así al final 16 columnas de 16 cristales cada una (esta disposición no existe físicamente en la realidad, aunque visualmente pareciera que sí porque ambas tarjetas donde van colocados los 8 cristales están casi pegadas una a otra).

Como mencionamos en la sección anterior los cristales PZT son previamente polarizados, si consideramos nuevamente el artificio anterior de tomar de 2 en 2 los 32 canales, tendríamos entonces 16 columnas de 16 filas de cristales cada una con cristales en la siguiente secuencia de polarización:

1° Cristal: +

2° Cristal: -

3° Cristal: +

16° Cristal: -

Por el principio de la piezoelectricidad sabemos que cuando un material de este tipo recibe una excitación eléctrica, entonces sobre su superficie se producirá una tensión mecánica. Esta tensión mecánica ocasionará a su vez que las moléculas de agua adyacentes al cristal comiencen a moverse y que este movimiento se transmita una a una produciendo así el haz sonoro.

En resumen, si se ve la figura 3.14 se podrá apreciar que cuando a cada uno de los cristales les llega a todos a la vez los pulsos eléctricos de las tarjetas transmisoras (1890), cada uno produce un haz sonoro con ancho igual a  $90^\circ$  con un ángulo de inclinación (tilt) igual a  $0^\circ$  (haz completamente horizontal). El efecto resultante de la superposición de cada uno de los 16 haces sonoros de  $90^\circ$  de ancho es el haz de  $5.6^\circ$  ó simplemente  $5^\circ$  como se suele aproximar (resultado de la división de 90 entre 16).

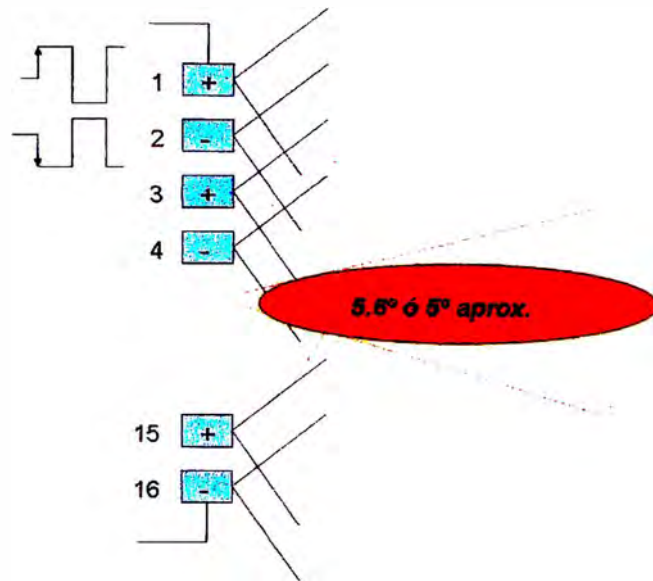


Figura 3.14 Formación ancho de haz de 5 °

En este punto surge la interrogante de cómo así es que el ancho resultante es 5.6°. Mencionamos que este valor resultaba de la división de 90 entre 16. Para entender mejor este aspecto, imaginemos que sólo tenemos 2 cristales cada uno excitado con su respectivo tren de pulsos y formando su respectivo ancho de haz de 90° tal como se sabe. En la figura 3.15 podemos ver este caso y observar que la superposición de cada uno de los lóbulos que se forman resulta en un lóbulo de ancho igual a 45°. Si hacemos extensiva esta observación entonces podemos concluir que mientras más sean los cristales excitados, menor será el ancho de haz resultante.



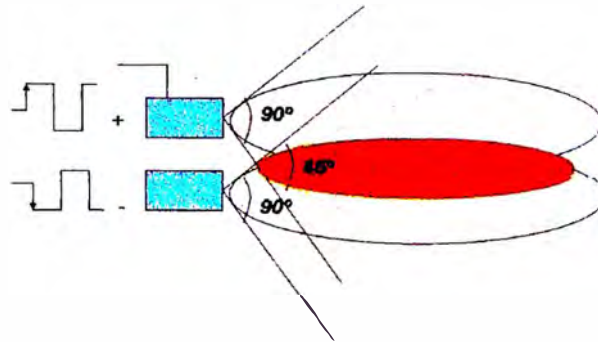


Figura 3.15 Formación de ancho de haz para dos cristales

Por lo tanto, para un arreglo de 16 cristales por columna, tendremos que el ancho de haz resultante será la división de  $90^\circ$  entre 16 lo que es igual a  $5.6^\circ$ . Este es el valor que distingue en general a cualquiera de los 3 tipos de sonares MAQ (ya sea de 90, 45 o 22 kHz). Para nuestro caso práctico, la E/P Napo 4 se dedicará principalmente a la extracción de anchoveta, para lo cual el ancho de haz de  $5^\circ$  es más que suficiente para realizar tanto las faenas de búsqueda como de calado.

Con respecto a la señal de excitación sobre los cristales PZT, esta es la señal de salida de las 2 tarjetas transmisoras 1890 que se ubican en la unidad transreceptora o transceiver. En la sección 3.2.3 se podrá apreciar el tipo de señal (forma de onda y frecuencia de los pulsos) que excitan a los cristales.

### **Formación del ángulo de inclinación del haz o “tilt”**

#### Transmisión:

Hasta este punto sabemos cómo es que se forma el haz de sonido a través del cual se realizará la transmisión y recepción a un determinado ancho. Según la figura 3.14, podemos apreciar que al excitar a todos los 16 cristales en las 16 filas del transducer, se

formará un haz resultante igual a  $5^\circ$  en sentido horizontal. Tener el haz en esta posición fija ( $0^\circ$  de inclinación) no será de mucha ayuda si es que no se puede controlar su inclinación a fin de poder cubrir por ejemplo bancos de peces que pueden estar subiendo y bajando en el mar. Esto lo podemos apreciar mejor en las figura 3.16.

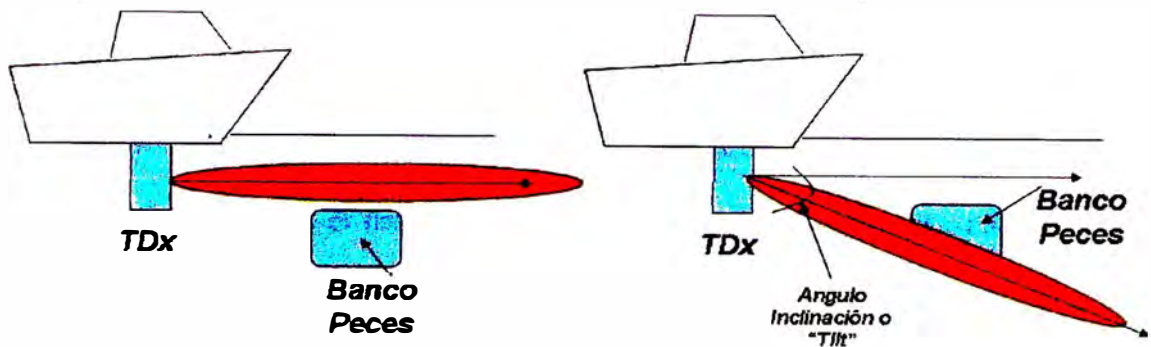


Figura 3.16 Inclinación del haz

Ahora bien, lo ideal para obtener un determinado “tilt” del haz resultante sería hacer girar cada uno de los cristales de tal forma que estén orientados en el ángulo deseado. Esto es sin embargo físicamente imposible pues los cristales PZT se encuentran fijados a un marco dentro de la unidad domosónica. Entonces viene la pregunta ¿Cómo podemos hacer para excitar a los cristales sin cambiar la orientación hacia dónde están “mirando” y que aún así formen un haz con un determinado ángulo de inclinación?, la respuesta es hacer girar a los cristales en el sentido deseado “eléctricamente”: excitar a los cristales con el mismo tren de pulsos pero no todos a la vez, sino desfásadamente uno tras de otro. Para tal fin, observemos la figura 3.17.

Como ya sabemos, si los cristales pudieran ser movidos mecánicamente, el haz podría ser inclinado “ $\alpha$ ” grados inclinando las caras de los cristales de la posición A a la posición B. Para lograr lo mismo eléctricamente, el haz de sonido emitido por cada cristal es “puesto en fase” en la dirección del ángulo de inclinación “ $\alpha$ ” provocando un retardo en los pulsos que le llega a cada cristal. Primero se excita al cristal uno (con un desfase igual a  $2\pi d_{16}/\lambda$ , pero como  $d_{16}$  es igual a 0 entonces el desfase sobre el cristal uno también lo será), cuando el haz producido haya llegado al punto  $m_1$ , entonces recién en ese momento se excitará el cristal 2 con un desfase igual a  $2\pi d_{15}/\lambda$ . Donde  $\lambda$  es la longitud de onda del sonido en el agua. Para cuando el haz emitido por el cristal 2 haya llegado al punto  $m_2$ , entonces en ese instante será excitado el cristal 3. Este proceso se repite a lo largo de los 16 cristales y la superposición de todos estos haces desfasados producen un haz con el ángulo de inclinación deseado “ $\alpha$ ”.

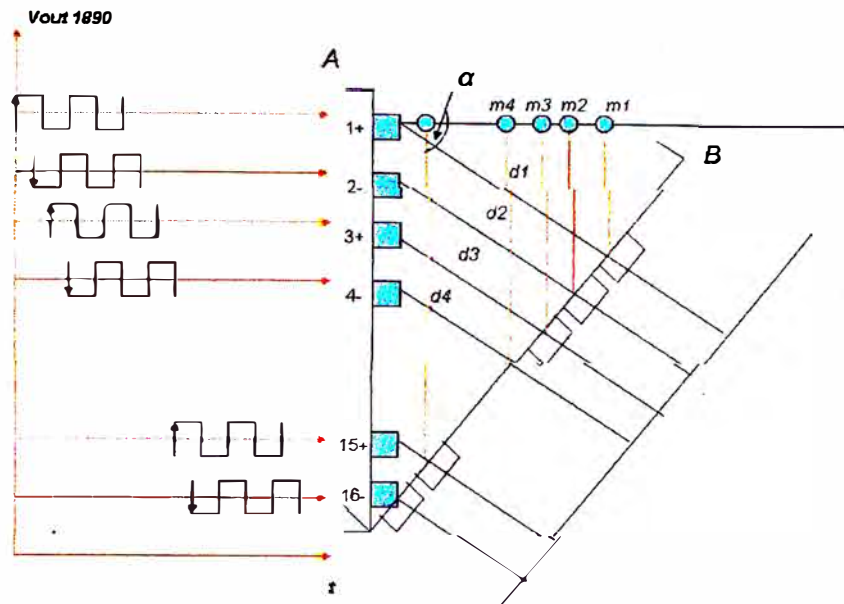


Figura 3.17 Formación eléctrica del tilt

Recepción:

Una vez el eco haya rebotado (detectado) un blanco, este regresará al transducer con la misma dirección con la que salió desde él (ángulo de inclinación “tilt”). El sonido de retorno o eco es una onda mecánica que producirá una tensión sobre los cristales al chocar sobre ellos, esta tensión se verá traducida en una señal eléctrica generada sobre el mismo cristal PZT tal como se sabe del principio de los materiales piezoeléctricos.

Este valor de voltaje generado en los cristales PZT debido al impacto de las ondas sonares está en el orden de los 1 @ 100 mV dependiendo de la fuerza del blanco. Este valor resulta ser muy pequeño como para que llegue a las tarjetas receptoras para el posterior procesamiento de la información y su respectiva presentación en pantalla, razón por la cual es que en el transducer encontramos a las tarjetas

preamplificadoras Buffer 9005. Esta tarjeta cumple las siguientes funciones:

- Sirve como canal de salida para la señal que proviene de las tarjetas transmisoras 1890 de la unidad transceiver. Esto es posible a través del conector "Transmit". Sobre esta tarjeta también encontramos puentes de diodos que permiten la permutación de pistas entre los estados de transmisión y recepción.
- Realiza una primera etapa de preamplificación (OpAmps TL074) de la señal generada en los cristales (eleva el valor de entrada aproximadamente 7 veces su valor). Este valor será amplificado nuevamente en las tarjetas receptoras 1891 de la unidad transceiver. Para realizar esta función la señal atraviesa unos multiplexores que la irán enviando secuencialmente a las tarjetas receptoras.
- Controla la ganancia cercana a través de unos OpAmps del tipo TL082.

En la figura 3.18 podemos ver como es esta tarjeta e identificamos también algunos elementos descritos en la función de la tarjeta 9005.

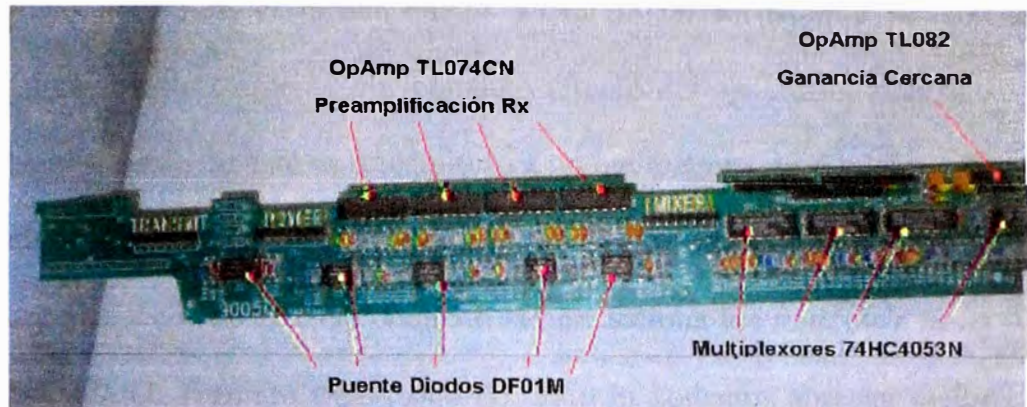


Figura 3.18 Tarjeta buffer 9005

### 3.2.2 Hoist Control

El hoist control es la interfase entre el usuario y el sistema de izado del sonar. Esta caja permite al operador izar o bajar la unidad domosónica. Por otro lado, también es responsable de “levantar” el Transducer automáticamente en caso el Sonar sea apagado sin antes haberlo izado.

Como ya se mencionó en los aspectos mecánicos, la interfase física para movilizar el transducer es la unidad hull o sistema de izado. Así pues, para llevar a cabo el movimiento del transducer lo que se hace es girar un eje sinfín y esperar a que éste llegue a dos posiciones límites (una de las cuales marca la posición inicial del domo cuando esta todo completo dentro del tubo tanque y la otra cuando ha salido por completo del tubo tanque y esta en posición para transmitir).

Estas posiciones son marcadas a través de un par de *finales de carrera* o *limit switches*. En el modelo del sonar MAQ-22 es posible visualizar físicamente estos finales de carrera sobre la misma unidad hull, sin embargo para el modelo MAQ-45 estos se encuentran en una “caja

actuadora” sobre el motor de 24 VDC de tal forma que no son accionados directamente por contacto directo del eje sinfín, sino que el movimiento de este es transmitido a un eje menor (eje A) dentro de esta caja (el cual proviene de la caja de reducción del motor) y es la nuez alrededor de este eje pequeño la que acciona los *limit switches* a través de un segundo tope (tope B). Esto lo podemos apreciar mejor en la figura 3.19.

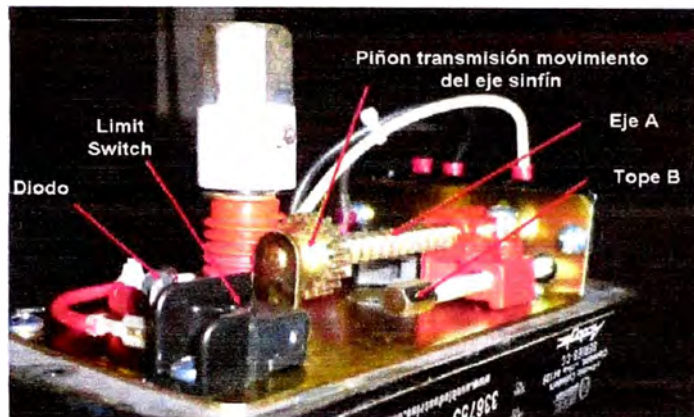


Foto 3.19 Caja actuadora del sistema de izado

Con respecto a los *limit switches*, estos son normalmente cerrados (NC). A continuación se presenta en la figura 3.20 un esquema aproximado de cómo es el arreglo en que estos están dispuestos cada uno con su respectivo diodo puente. Este arreglo permitirá realizar los cambios de sentido de rotación del motor de 24 VDC para el respectivo ascenso o descenso dependiendo estos de la ubicación de la unidad domosónica (si es que esta se encuentra arriba “up” o abajo “down”).

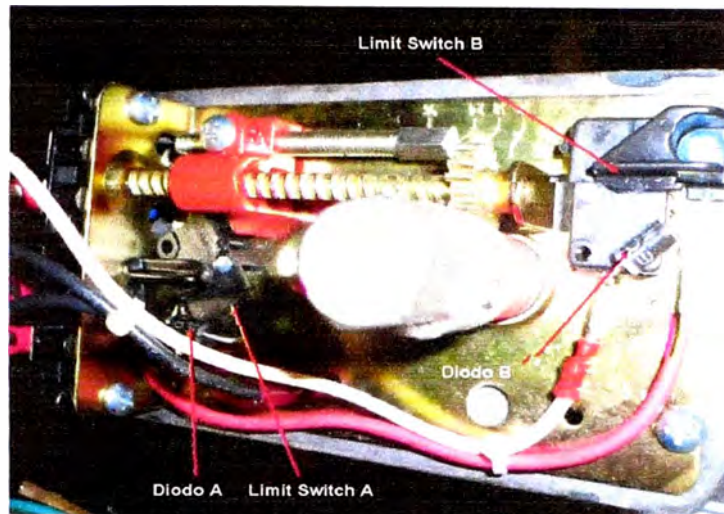


Figura 3.20 Disposición limit switches con diodos

Por otro lado, en la figura 3.21 se puede ver que cuando el domo se encuentra “arriba” y se desea que ~~haya~~ el limit switch A se encuentra abierto, este dato es enviado al hoist control y este establece la polaridad sobre el motor que se muestra en la figura para el descenso (este ocurrirá sólo cuando se haya accionado el botón rojo general del hoist control). Se debe observar que a pesar que el limit switch A esta abierto al inicio, su respectivo diodo A cierra el circuito para el movimiento del motor. En el momento en que el domo completa su carrera completa de 0.9 m (o lo que es lo mismo para cuando haya salido por completo del tubo tanque), en ese momento se abre el limit switch B, información que una vez enviada al hoist control es utilizada para detener al motor y consecuentemente el avance del domo. También se invierte la polaridad de giro del motor para el momento en que se desee subir el domo. En este momento (domo abajo, limit switch B abierto), el sentido de circulación de la corriente cambiará y este es tal cual se muestra en la figura 3.21.



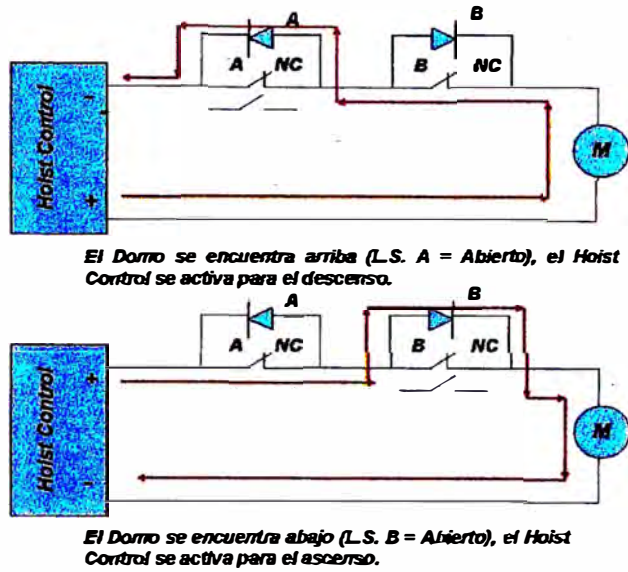


Figura 3.21 Control giro motor para el sistema de izado

Para culminar esta sección, se presenta en la figura 3.22 la tarjeta principal del hoist control que es la caja dónde serán conectados los terminales de los finales de carrera de la unidad domosónica, así como también la alimentación de 24 VDC que alimentará al motor y el auto hoist o autoizado que es una conexión auxiliar que viene directamente de la caja procesadora y que se encarga de elevar el domo en caso se apague el sonar sin haber subido el transducer nuevamente dentro del tubo tanque. El esquema electrónico se puede ver también en la figura A.5-7, página 164.

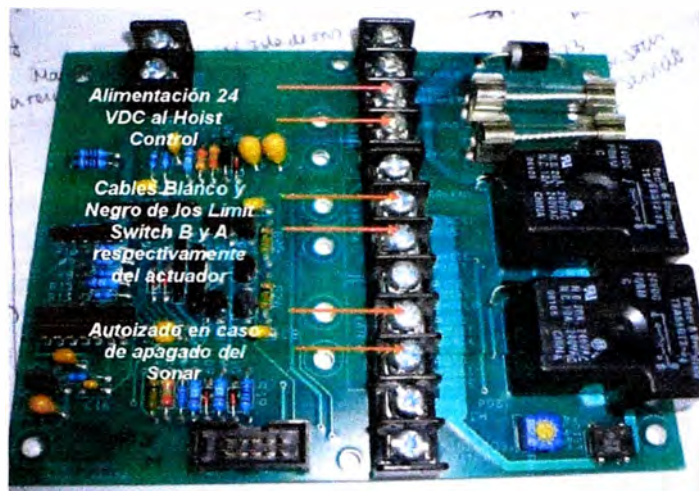


Figura 3.22 Hoist control

### 3.2.3 Unidad transceiver o unidad transreceptora

La unidad transceiver (o en adelante simplemente transceiver) es junto a la procesadora (UP) el corazón y cerebro del sonar respectivamente. En esta unidad es donde se materializan todas las instrucciones que vienen de la UP para la etapa de transmisión, Tx. (por ejemplo recibir el valor digital del “Tilt” deseado y comunicarse con las respectivas tarjetas mixer 1803 para el respectivo desfase de las salidas de las tarjetas transmisoras 1890), así como también de recibir y preparar la señal que se recoge en la etapa de recepción Rx para su posterior tratamiento en la computadora de la UP. De este hecho se desprende justamente su nombre *transceiver*, unión de las palabras en inglés *Transmitter – Receiver* (Transmisor-Receptora) que son las dos etapas que se dan en esta unidad del equipo.

La unidad transceiver incluye las siguientes tarjetas de procesamiento tanto de Rx como de Tx:

### **Tarjeta de Interfase 1849**

Esta tarjeta se encarga de “convertir” la información digital que proviene de la unidad procesadora a través del cable DB-25 que la une al transceiver de formato RS-232C (+/- 5 V) a digital simple (0-5 V). También realiza lo inverso: La señal de entrada amplificada y digitalizada que se ha recibido en los cristales PZT es convertida de digital simple (0-5 V) a RS-232C para su posterior envío y tratamiento en la unidad procesadora.

La necesidad de tener tarjetas de Interfase de RS-232C a digital simple se sustenta en el hecho de que físicamente el transceiver se encuentra alejado de la unidad procesadora (esta se encuentra siempre en el puente de mando de la embarcación, mientras que el transceiver puede estar ubicado en algún camarote o sala de máquinas o del sonar). Para una buena comunicación de datos es mejor hacer la transmisión de los mismos en RS-232C ya que de esta forma se evita pérdidas y/o atenuaciones.

En la figura 3.23 podemos apreciar a la tarjeta de interfase 1849.

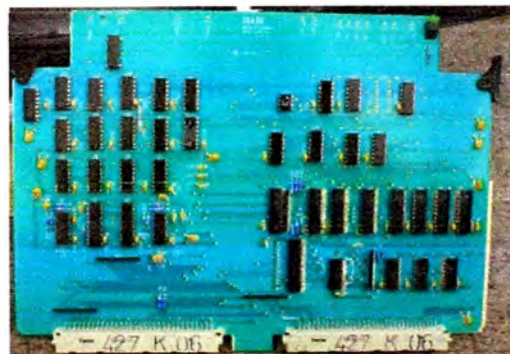


Figura 3.23 Tarjeta de Interfase 1849

### **Tarjeta de Control 1845**

Esta tarjeta es el “cerebro” del transceiver. Es aquí donde se interpreta los valores seleccionados en el programa de operación del sonar y se dispone qué medidas tomar para su posterior materialización. Esta tarjeta esta compuesta principalmente de un Microcontrolador D703255L-10 con un cristal de oscilación de 20 MHz, este tiene grabado el programa en lenguaje *Assembler* que permite traducir los datos digitales del software a una acción a tomar sobre los cristales del transducer (ya sea que hablemos de “Tilt”, ancho de haz, tamaño de pulso, función de seguimiento, estabilización, etc). Además posee también una memoria EPROM 27C512 de 64 Kbytes de capacidad con información del sistema que el microprocesador va a requerir para modificar el ancho de haz de transmisión o tamaño del pulso, en general para programas estrechamente ligados al soporte físico del sonar. Esta tarjeta también es la responsable de detectar qué tipo de transducer esta usando el equipo. Normalmente la unidad domosónica tiene internamente en el cable que va unido a la tarjeta de control 2 pines de decisión, donde el 00 indica que se esta usando un transducer de 90 kHz, el 01 uno de 45 kHz, 10, uno de 22 kHz y 11 para uno domo de 15 kHz. Finalmente, dentro de las muchas funciones que realiza esta tarjeta podemos mencionar también que es ella la responsable de permutar entre los estados de Tx y Rx. La figura 3.24 ilustra lo descrito (ver también figura A.5-5, página 162).

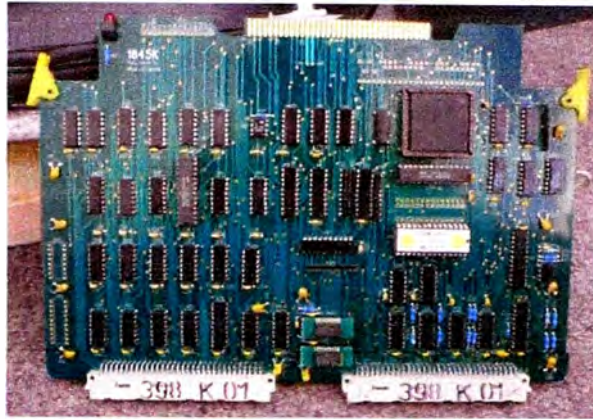


Figura 3.24 Tarjeta de control 1845

### **Tarjetas mixer 1803**

Estas tarjetas tienen básicamente sólo una función: controlar y formar el “tilt” de eado para el haz de transmisión. Como ya hemos visto en la sección correspondiente al transducer, el tilt se forma desfasando la señales de excitación sobre los cristales PZT. Este desfase se realiza a través de unos flip flops triestables (IC 74HC374) y unos contadores binarios de 4 bits (IC 74HC193) que irán “habilitando” cada pulso de excitación sobre los cristales (estos pulsos, como se verá más adelante, son formados en las tarjetas transmisoras 1890, sin embargo la forma en que estos irán excitando a los cristales es determinada de acuerdo a la secuencia que establece la tarjeta mixer 1803, la cual es definida por la tarjeta de control 1845 una vez que cuyo procesador haya entendido la acción que se desea ejecutar).

Las tarjetas mixers también tienen otras dos funciones secundarias pero no por ello menos importantes. Estas se explican en la sección relacionada a la tarjeta transmisora 1890. En la figura 3.25 se aprecia una tarjeta mixer.

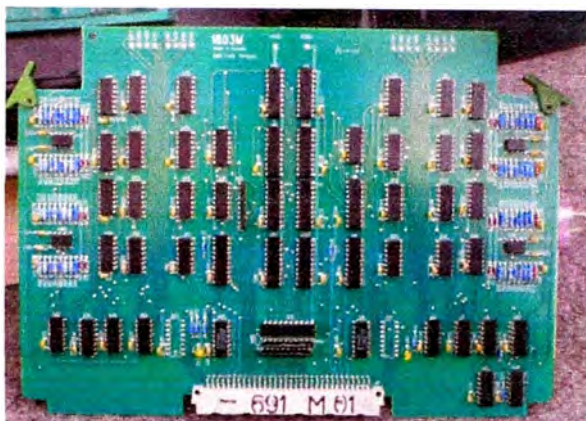


Figura 3.25 Tarjeta mixer 1803

### **Tarjeta multiplexora 1814**

Sabemos que en el transducer existen 32 tarjetas Buffer 9005 y 32 tarjetas portadoras de cristales PZT (8 por cada una). Cada una de estas forma un canal de recepción, luego entonces tendríamos 32 canales de recepción. La tarjeta Multiplexora 1814 lo que hace es agrupar y multiplexar en 4 grupos (cada uno de 8 canales) las señales análogas que se han recibido en el transducer y que ya han sido amplificadas en las tarjetas receptoras 1891 (esto se hace a través de los multiplexores 74HC4051). Esta multiplexión es necesaria ya que en la tarjeta de control 1845 sólo contamos con 2 convertidores A/D para digitalizar toda la información de los 32 canales de recepción, entonces lo que la tarjeta 1814 hace es enviar al 1º convertidor A/D primero la información de los primeros 16 canales (mitad izquierda del display) para posteriormente enviar al 2º convertidor A/D la señal recibida en los siguientes 16 canales (mitad derecha del display). La figura 3.26 muestra cómo es una tarjeta multiplexora 1814 con sus 4

multiplexores encargados de distribuir la información de los 32 canales (también vease figura A.5-6, página 163).

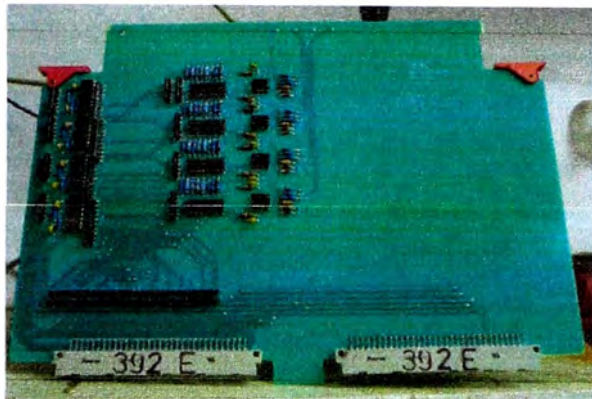


Figura 3.26 Tarjeta multiplexora 1814

### **Tarjetas Receptoras 1891**

La función de esta tarjeta es volver a amplificar la señal recibida en los cristales, la cual ya había sido previamente amplificada en las tarjetas buffer 9005 a través de los OpAmps TL074 (de bajo ruido). A diferencia de estos, la tarjeta 1891 utiliza unos OpAmps TL082 de banda ancha aunque más sensibles al ruido, razón por la cual en el arreglo de los amplificadores operacionales se utiliza unos filtros (capacitores de 47pF). Esta etapa amplifica la señal que recibe de las tarjetas 9005 igual a 7 veces su valor. Así pues, los voltajes que se generan en los cristales por las tensiones que se producen al impactar las ondas sonoras que son de 1 @ 100 mV son finalmente elevados 49 veces su valor (7 en la tarjeta 9005 y 7 en la tarjeta 1891) dando un rango de voltaje de salida de 0.049 @ 4.9 V. Este valor es aún un voltaje continuo que será digitalizado recién en los A/D de la tarjeta de control 1845. Se puede apreciar esta tarjeta en la figura 3.27.



Figura 3.27 Tarjeta receptora 1891

### **Tarjetas Transmisoras 1890**

Las tarjetas transmisoras 1890 (figura 3.28) constan de un circuito de potencia responsable de generar la señal de excitación que se aplican a los cristales PZT. Esta señal es un valor alterno de 650 VAC pico-pico con frecuencia de oscilación igual a 45 kHz (justo la frecuencia del sonar). En la sección correspondiente al transductor se mostró la forma de onda de la salida de estas tarjetas como si fuera una señal alterna cuadrática. Esto se hizo para ilustrar por fines prácticos que los cristales polarizados se excitaban cuando la onda va hacia “arriba” y los negativos cuando va hacia “abajo”. Para esta sección, y con la finalidad de diferenciar las gráficas correspondientes a las etapas de Tx y Rx, vamos a representar estas ondas cuadráticas como sinusoidales tal cual como se ilustra en la figura 3.28.



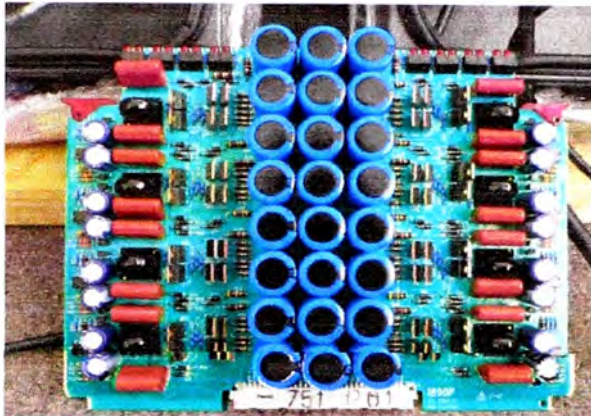


Foto 3.28 Tarjeta transmisora 1890

Como ya hemos mencionado anteriormente, la tarjeta mixer 1803 es la que forma el “tilt” deseado, sin embargo también tiene otras dos funciones secundarias: 1) Establecer la duración de la señal de excitación sobre los cristales dependiendo si se desea un pulso de transmisión corto o largo y 2) Dar inicio a la etapa de potencia de la tarjeta 1890 para que se genere el valor de 650 VAC pico-pico.

La tarjeta 1890 simplemente enviará por igual a su salida el valor AC de 650 Vp-p y es en las tarjetas buffers 9005 que la orden de la tarjeta mixer 1803 entra en efecto recién al hacer que los voltajes de 650 VAC exciten a los cristales desfasadamente de tal forma que se pueda producir el “Tilt” deseado.

El tiempo de duración de la transmisión esta en función de la longitud de pulso y rangos de distancias para exploración seleccionados. Como ya se ha mencionado anteriormente, es la tarjeta de control 1845 la que determina cuando el sonar transmite y cuando recibe. En el siguiente gráfico (figura 3.29) podemos ver como se da este ciclo.

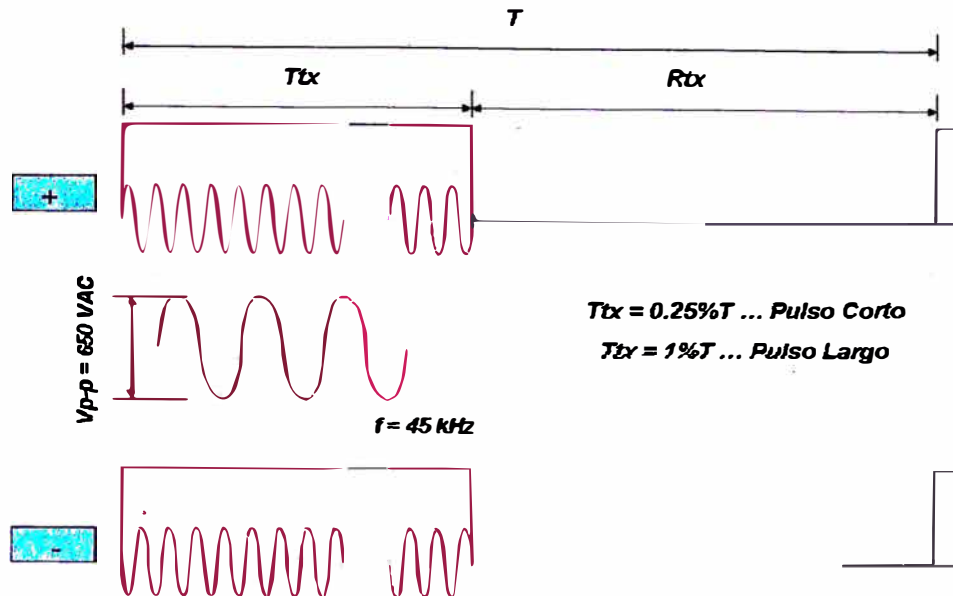


Figura 3.29 Formas de onda a la salida de la tarjeta 1890

Para un rango máximo de exploración de 1500 m, tenemos que el ciclo de trabajo  $T$  es 2 seg, justamente el tiempo que el haz del sonido tomaría para recorrer ida y vuelta el tramo de exploración de 1500 m. El tiempo de Transmisión  $T_{tx}$  es el 0.25% de  $T$  para un pulso corto, 0.5% de  $T$  para un pulso medio y 1%  $T$  para pulso largo. La diferencia entre pulso corto y largo radica en la mejor discriminación que se desee alcanzar. Por ejemplo, para exploraciones en grandes rangos de distancia cuando se desea detectar blancos grandes se recomienda usar pulsos largos por lo mismo que los cristales son excitados por más tiempo y reciben más "fuerza" para realizar tal recorrido largo. Por el contrario, un pulso corto recibe menos tiempo de excitación pero por la misma naturaleza de su tamaño puede discriminar mejor blancos pequeños. Una serie de blancos pequeños podría ser representado por sólo una mancha en el display si usáramos pulso largo, lo cual no

ocurriría al usar un pulso corto pues por la fineza del haz este representaría cada uno por separado en la pantalla del sonar.

#### **3.2.4 Unidad Procesadora (UP)**

La unidad procesadora consta básicamente de dos partes: La unidad de interfase (tarjeta 1872) y la computadora (CPU) interna.

La unidad de interfase (tarjeta 1872) es responsable de convertir la data proveniente del transceiver de formato RS-232C a digital simple. Esta información es enviada al CPU a través de una tarjeta PCI de 100 pines para que el programa la “interprete” y pase a presentar en la pantalla para el operario. Esta tarjeta 1872 también cuenta con unos 10 leds amarillos que nos indican que el bus DB25 esta recibiendo señal RS-232C a través de 10 de sus pines. También posee un led adicional de sincronización ~~que nos indica que se están~~ recibiendo datos de la interfase con el navegador GPS o compás satelital.

Por otro lado, la CPU es una computadora con un procesador Pentium III y 64 MB de memoria RAM responsable de alojar el software de operación a través del cual se manipula la información que el sonar recibe y/o se mandan las ~~selecciones del operador~~ al transceiver para su posterior ejecución (ancho de haz, tilt, filtro, correlator de picos, etc.). La CPU por otro lado también recibe los datos del joystick a través de su puerto paralelo.

La información que la CPU recibe del transceiver es a través de la Tarjeta PCI de 100 pines. Esta ~~última se usa sobretodo~~ debido a la alta velocidad de datos que se consigue gracias a ella (10 MBits/seg).

La información del navegador y/o compás satelital entra a través del puerto serial COM 1. Es justamente a través de este puerto que también sale información al transceiver de los parámetros deseados en la etapa de transmisión. El Inclinómetro manda a su vez su información al CPU exclusivamente a través del puerto serial COM 2. La figura 3.30 permite apreciar a la unidad procesadora conjuntamente con su tarjeta de interfase 1872 y su computadora interna.

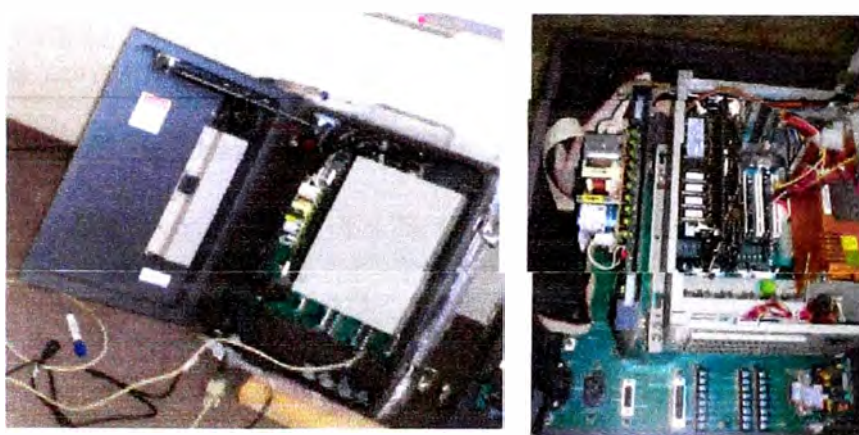


Figura 3.30 Unidad Procesadora y vista de sus principales componentes: CPU y Tarjeta 1872

### **3.2.5 Inclinómetro**

El inclinómetro es un sensor de movimiento que mide el balanceo (ángulo de inclinación con respecto a la línea de proa a popa) y el roleo (ángulo de inclinación de babor a estribor) de la embarcación.

El inclinómetro del sonar MAQ consta de una burbuja a través de cuya desviación de su posición de centro se censa la inclinación del barco. Este desviación de la burbuja arroja un valor analógico de 0 a 5 V donde, para el caso del roleo, 0 V representa una desviación de  $10^{\circ}$

a babor y  $5 \text{ V } 10^\circ$  a estribor. Consecuentemente, el inclinómetro marca  $2.5 \text{ V}$  para cuando el barco se encuentra en posición estable. Estos valores de voltaje analógicos pasan posteriormente por un convertidor A/D para su digitalización a CMOS y luego por un microprocesador que convierte este valor a RS-232C para su respectivo envío a la computadora de la unidad procesadora. El programa entonces lo que hará es comparar este valor con el valor de “tilt” que en verdad se desea y este resultado se envía al transceiver (a la tarjeta de control 1845) para que cuyo procesador haga el ajuste de fases correspondientes y ejecute este ajuste a través de las tarjetas mixer 1803 de forma tal que se pueda obtener el “tilt” deseado a pesar del movimiento del mar. En la figura 3.31 observamos como es el inclinómetro del sonar MAQ.



Figura 3.31 Inclinómetro MAQ-45

La información de este sensor es importante porque ayudará a estabilizar el haz de sonido cuando la mar este muy agitada. Esta

estabilización ayudará a que el sonar no “pierda” los blancos que esta detectando debido a los cambios bruscos que podría sufrir la embarcación por el movimiento del mar.

En la figura 3.32 podemos apreciar como es que se da la estabilización sobre el haz sonoro de tal forma que este siga manteniendo la misma orientación y ancho deseados y seleccionados en el programa de operación.

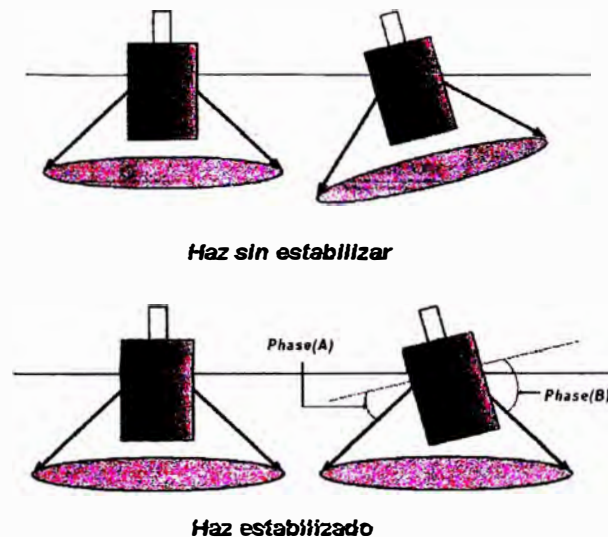


Figura 3.32 Estabilización ancho de haz

### 3.2.6 Diagrama de bloques del sonar

En esta sección presentamos cómo es que funcionan en conjunto todos los diferentes componentes hasta ahora descritos tanto de la unidad transceiver como de la unidad procesadora.. Para tal fin observemos la figura 3.33 donde encontramos el diagrama de bloques del sonar *MAQ*.

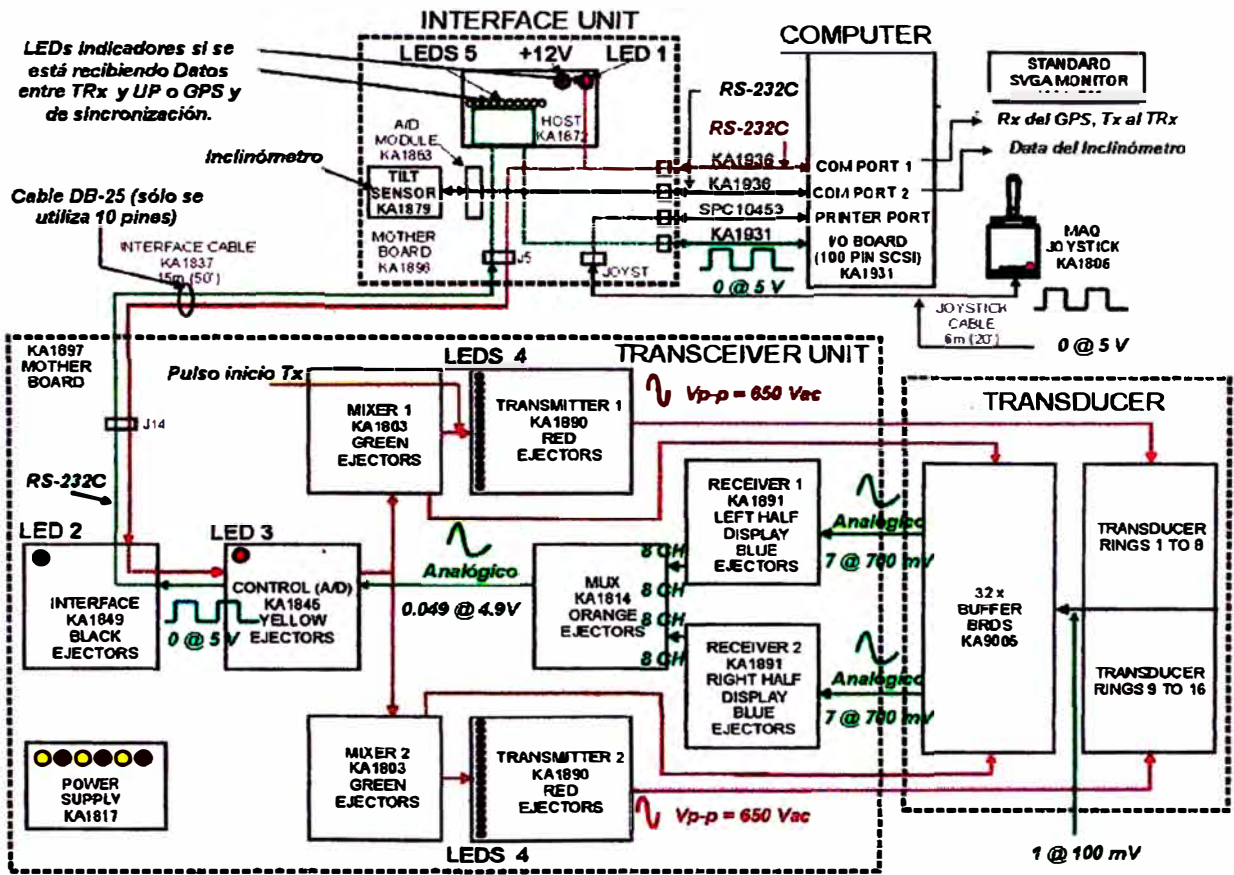


Figura 3.33 Diagrama de bloques del sonar

Explicamos primero lo que pasa en la transmisión Tx, línea roja: Los valores que se van seleccionando a través del software salen de la computadora a través del puerto serial COM 1. Estos datos llegan al transceiver gracias al cable DB-25 (del cual sólo se usan 10 pines para la comunicación, el 2 para la transmisión, los otros para intercambio de pulsos de sincronización). Dentro del transceiver esta data pasa primero por la tarjeta de interfase 1849 la cual convierte la data serial RS-232C a CMOS de tal forma que la tarjeta de control 1845 pueda procesar la información y pase a ejecutar las rutinas de su programa a través de las tarjetas mixers 1803 (en el caso de control del "tilt" por ejemplo) y las tarjetas transmisoras 1890 lancen el pulso de Tx. Estas

últimas tarjetas se dividen la labor de excitación, una excita los primeros 8 anillos del transducer, mientras que la otra los 8 restantes.

En la etapa de recepción Rx (línea verde) ocurre que los ecos detectados son previamente amplificados en las tarjetas 9005 de tal forma que la señal tenga fuerza y el alcance necesario como para llegar a las tarjetas receptoras 1891 donde nuevamente serán amplificadas. Antes que esta información análoga sea digitalizada en los A/D de la tarjeta de control 1845 (la cual sólo posee dos convertidores A/D), la información de los 32 canales del transducer es multiplexada en la tarjeta 1814 primero en dos grupos de 16 canales cada uno y luego en dos de 8.

La tarjeta de control 1845 recopila toda esta información y la manda a la tarjeta 1849 para que sea acondicionada a RS-232C y la señal pueda llegar a la unidad procesadora, donde nuevamente (y ahora gracias a la tarjeta 1872) esta señal convertida de RS-232C a CMOS. Esta última información llega al CPU a través de una tarjeta PCI de 100 pines ya que se requiere un procesamiento rápido de la señal por parte del software y esta tarjeta así lo permite (10 Mbits/seg).

La información del Joystick entra a través de un cable DB-25 al puerto paralelo del CPU, mientras que la data de la interfase del navegador ingresa también a través de puerto COM 1. Para una mejor apreciación vease figura A.5-3, página 160.



## CAPÍTULO IV

### SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL SONAR

#### **4.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL SONAR**

En la práctica y de acuerdo a la experiencia adquirida, la selección de un sonar para un determinado tipo de embarcación se realiza frecuentemente tomando en cuenta las dimensiones de esta y su capacidad de bodega.

La selección también puede hacerse tomando en cuenta el aspecto económico de la pesquera, considerando el tonelaje de pesca que obtendrá y la consecuente ganancia económica que este reportará.

Finalmente, pero no por ello menos importante, tenemos también el criterio operativo-ingeniería que se debe tomar en cuenta para escoger un sonar. En términos generales este se basa en seleccionar un equipo de determinada frecuencia de funcionamiento que se adecue de la mejor manera a las dimensiones de la embarcación, al alcance de detección que se desea abarcar, y a las condiciones de operación del equipo considerando también los fenómenos de absorción, dispersión, reverberación, etc. Así pues, una nave “grande” (larga eslora y amplia capacidad de bodega) necesitará un sonar que

tenga mayor alcance por lo mismo que el haz de sonido tiene que detectar cardúmenes a mayores distancias con la finalidad de aprovechar al máximo su amplia capacidad de bodega.

Así pues, los criterios de selección de un sonar se resumen en tres aspectos: Práctico (ganado por la experiencia en el diario quehacer), económico y el operativo-ingeniería.

En este capítulo trataremos el práctico y el Científico-Ingeniero, el Económico lo dejaremos como tema a tratar en el capítulo V de Evaluación de Costos.

### **El criterio práctico**

En base a la experiencia a lo largo de las diferentes propuestas ganadas e instalaciones supervisadas, se puede resumir en la tabla 4.1 la cuasi relación directa que existe entre la eslora y capacidad de bodega de varias embarcaciones con el tipo de sonar MAQ (frecuencia) que se eligió instalarle.

En esta tabla se menciona también el nombre de la embarcación pesquera (E/P) y la empresa pesquera para mayor referencia que el lector podría constatar en la práctica.

Tabla 4.1 Cuadro comparativo entre las dimensiones de una embarcación y el tipo de sonar MAQ elegido para instalarle.

E/P	Empresa Pesquera	Eslora (m)	Capacidad Bodega (m3)	Capacidad Bodega (TM)	Tipo Sonar MAQ (kHz)
Nueva Esperanza	Marisú	20	127	131	90
Río Perené	Pesquera 2020	28	181	186	45
Mar Mediterráneo	Pesquera 2020	28	231	237	
Dania 1	Pesquera Alexandra	32	240	246	
Sebastián	Pesquera Diamante	40	388	398	22
Olga	Pesquera Diamante	48	538	552	
Constanza	Pesquera Diamante	48	531	544	
Lian Xiang Hai	Ian Taylor	76	685	700	

Fuente: Base de datos Geo&Mar EIRL.

Por otro lado, las siguientes fotografías nos dan una idea de las dimensiones de dos de las embarcaciones que se menciona en la tabla anterior. En la figura 4.1 se ve a la *Mar Mediterráneo*, la cual cuenta con un sonar MAQ-45, mientras y a la embarcación china *Lian Xiang Hai* del tipo arrastrera que cuenta con un sonar MAQ-22.



u

Figura 4.1 E/P Mar mediterráneo (MAQ-45) y Lian Xiang Hai (MAQ-22)

### **El criterio Científico-Ingeniería**

En esta parte volcaremos nuestros conocimientos sobre la propagación del sonido en el mar y sobre los aspectos electrónicos y mecánicos del equipo que nos conduzcan a una apropiada y justificada selección del equipo.

En primer lugar, tomemos en cuenta las condiciones previas de operación donde el equipo va a desarrollar sus funciones:

- Tipo de especie a extraer primaria: Anchoveta para consumo humano indirecto.
- Puntos de operación: Puertos de Callao, Supe, Végueta, Huacho, Ilo.
- Temperatura del mar en los puntos de operación para Anchoveta: 16 - 19° C (Aproximadamente a 80 MN de la costa).
- Temperatura del mar en los puntos de operación para Jurel y Caballa: 21 - 23° C (Aproximadamente a 150 MN de la costa).
- Aspecto importante: El alcance de todo sonar (sonido) baja conforme aumenta la temperatura (“en verano el alcance de un sonar baja comparado al invierno”).

### El Factor Peso y Alcance

El primer aspecto a considerar para la selección del sonar es tomar una decisión entre los modelos de 90, 45 o 22 kHz de MAQ Sonar. Nuestra embarcación *Napo 4* posee una eslora de 25 m y una capacidad de bodega de 180 (m<sup>3</sup>) o 200 (TN) aproximadamente.

Una primera elección en base al criterio de estabilidad de la embarcación nos conduciría a escoger el sonar MAQ 22 kHz (peso equipo = 405 kg) pues le daría mayor lastre o peso, lo cual contribuye a su estabilidad. Sin embargo,

no se justifica escoger el MAQ 22 kHz pues la *Napo 4* realiza faenas de pesca de máximo de un día para otro. Al no contar con un sistema de frío, la E/P no puede salir varios días a zona de pesca a buscar “grandes” cantidades pues su capacidad de bodega es también limitada y no tendría como almacenar todo lo capturado.

Por el contrario, el MAQ 90 kHz se ubica en el polo contrario del MAQ 22 pues este equipo resulta ser de muy poco alcance (alcance máximo aproximado para un blanco a 0 dB = 700 m) como para las faenas de pesca de la *Napo 4*.

**Conclusión 1: Se selecciona el sonar de 45 kHz debido a sus características físicas y de capacidad de alcance (1500 m ó 800 fa), que se prestan mejor también a la capacidad de bodega de la embarcación.**

#### El factor temperatura

En el capítulo II hemos mencionado los efectos que tienen la temperatura, salinidad y profundidad sobre la velocidad de propagación del sonido. En particular si se recurre ahora a la ecuación (2.1), esta dice que la intensidad de propagación del sonido es igual a la presión cuadrática media entre la resistencia acústica específica. Se sabe que si la temperatura del mar aumenta, sus moléculas se agitarán más lo cual conlleva a una menor fuerza de cohesión de las mismas lo cual se refleja en una disminución de la presión del haz que se propaga. Por lo tanto, si la temperatura del mar aumenta, la intensidad del haz disminuirá y como consecuencia este será más fácilmente absorbido por el medio, conllevando a una pérdida de alcance.

El primer factor que se analiza para justificar la elección del sonar MAQ-45 tiene que ver con la temperatura del mar en las zonas de operación. Para este fin se hace una comparación con otro modelo de sonar de la mundialmente marca conocida *Furuno: CSH-5L* a fin de contrastar la diferencia entre el funcionamiento de ambos equipos.

Los sonares omnidireccionales MAQ están diseñados para funcionar en un rango de temperaturas de 0 a 19° C, de las condiciones anteriormente mencionadas se observa que el rango de temperaturas (para el caso de extracción de anchoveta) cumple este requisito (16 – 19° C). Si la temperatura es mayor a este rango no quiere decir que el equipo no vaya a funcionar, sino que el alcance de detección va a disminuir y, por lo tanto, estaríamos perdiendo eficiencia del equipo. En la siguiente tabla se puede ver los valores comparativos de alcance máximo de detección y de como este disminuye cuando los sonares operan en aguas más calientes. La tabla 4.2 hace un contraste entre el sonar omnidireccional MAQ-45 y otro sonar comercial de la mundialmente marca *Furuno: CSH-5L*.

Tabla 4.2 Cuadro comparativo entre CSH-5L y el MAQ-45

Característica	FURUNO CSH-5L	MAQ 45
	1200m	1500m
Detección a 0dB (Máximo alcance)	800m con temperatura de 22 a 26° C modo normal.	1000m con temperatura de 22 a 26°C modo normal. 1500m con temperatura de 22 a 26°C modo RDT.

Podemos ver que para un CSH-5L se presenta una pérdida de alcance del orden del 33.33% en capacidad para un rango de temperatura de trabajo de 22 a 26° C. El sonar MAQ-45 también presenta el mismo valor, sin embargo

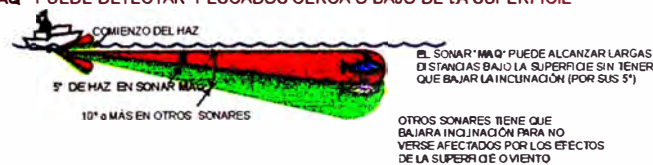
dada la futura tecnología de ampliación RDT de MAQ Sonar (RDT = Transmisión Rotacional Direccional) este efecto puede compensarse recuperándose el rango inicial de alcance de 1500 m.

**Conclusión 2: Se selecciona el sonar de 45 kHz debido a la compensación que hace sobre su máximo alcance cuando hay un incremento en el rango de temperaturas de trabajo.**

### Características Operativas

El sonar omnidireccional MAQ 45 ofrece un estrecho haz vertical de 5° ideal para la detección a largas distancias (debido a la concentración de intensidad de sonido en el haz estrecho) y para pesca en aguas poco profundas. La figura 4.2 muestra varias ventajas que ofrece tener un haz estrecho.

EL SONAR "MAQ" PUEDE DETECTAR PESCADOS CERCA O BAJO DE LA SUPERFICIE



EL SONAR "MAQ" ES IDEAL PARA LA PESCA EN AGUAS POCO PROFUNDAS



EL SONAR "MAQ" DETECTA PESCADO CERCA O SOBRE EL FONDO



Figura 4.2 Ventajas de un haz estrecho

Además, permite realizar la interfase con otros equipos externos como girocompases, GPS y dejar eventos de marcas los cuales resultan ser de mucha ayuda para ir viendo como el boliche va cercando al cardumen de

peces y además para ir supervisando la posición de la panga y estar al tanto de su localización con respecto a la forma en que vamos dando vuelta y cercando al banco. En la figura 4.3 se puede ver la interfase entre la unidad procesadora y un navegador durante las pruebas que se hace en laboratorio.



Figura 4.3 Interfase entre sonar y navegador

Por otro lado, la interfase con un navegador o compás satelital también permite tener datos exactos de estos equipos de la velocidad del banco de peces y de la nave a fin de poder compensar la diferencia de velocidades y realizar el respectivo seguimiento sin perder la mancha.

Por otro lado, ante cualquier falla de alguna tarjeta electrónica de la unidad transceiver, simplemente se procede al cambio de estas para las respectivas pruebas de descarte y en caso necesario el reemplazo se realiza directamente.

En la figura 4.4 se puede ver la caja transreceptora con las respectivas tarjetas, las cuales son intercambiables con la respectiva unidad transreceptora de otro MAQ Sonar.





Figura 4.4 Unidad transreceptora con tarjetas electrónicas

La actualización de software también es una ventaja, pues simplemente se tiene que ejecutar el disco de arranque que MAQ Sonar ofrece para formatear el CPU (tecnología pentium III) de la caja Procesadora e instalar la nueva versión lo cual no suele tomar más de 10 minutos.

Si bien es cierto el MAQ-45 posee una carrera de descenso y ascenso de la unidad domosónica de 0.9 m, el control de este desplazamiento puede ser cambiado calibrando simplemente los *limit switches* si se desea que la unidad se baje menores distancias. Adicionalmente a este factor, es importante resaltar la rapidez de izado de la carrera de 0.9m, el cual para el caso del MAQ-45 puede ser llevado a cabo en 18 segundos. Esto resulta de importancia sobretodo si volvemos a hacer la comparación con el CSH-5L de *Furuno* que hace su carrera de 0.6 m en 20 segundos.

**Conclusión 3:** Debido a sus condiciones operativas del equipo, el MAQ-45 se presta como una buena alternativa de selección pues su mantenimiento y actualización se puede llevar a cabo fácilmente ya que la interacción entre un modelo u otro es factible, es decir, podría usar

**las tarjetas de un modelo MAQ-22 o MAQ-90 para proporcionarlas a un MAQ-45.**

#### **4.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMBARCACIÓN DE PESCA TIPO CERCO**

En esta sección daremos una breve descripción de la embarcación pesquera *Napo 4*, protagonista del desarrollo de este informe pues es a ella a quien justamente le realizaremos la instalación del sonar MAQ-45.

A modo de recapitulación y de ser más precisos mencionamos a continuación los datos más resaltantes con respecto a las dimensiones de la *Napo 4*:

Eslora: 25 m

Puntal: 3.8 m

Manga: 7.2 m

Capacidad Bodega (m3): 180

Capacidad Bodega (TM): 200

Matrícula: CO-2448-PM

Armador: Pesquera 2020 SAC

Arte de Pesca: Red de Cerco

Casco: Acero Naval

Permiso Pesca: Vigente

Permiso Zarpe: Vigente

Fuente: Base Datos Produce

Esta embarcación se dedica a la extracción de anchoveta para consumo humano indirecto. El equipo MAQ-45 que se le va a instalar puede facilitarle la opción de pesca de Jurel y Caballa para consumo humano directo, pero este tipo de pesca demanda desplazarse a aguas más lejanas de la costa lo cuál

conlleva a un mayor tiempo de viaje en el cual lo capturado podría malograrse ya que la embarcación no cuenta con sistema de frío.

El Armador (Pesquera 2020 SAC) cuenta con su planta de procesamiento en Supe. Por este motivo los puertos de zarpe y de operación de la embarcación siempre estarán rotando entre Callao y Supe, de tal forma que a la salida de la zona de pesca la *Napo 4* se dirige a su planta de Supe para el descargue de bodegas. En épocas de veda, la pesca se traslada al sur, para ser más exactos a Ilo. Como ya explicamos, la *Napo 4* no posee con un sistema de frío que le permita conservar lo pescado, por este motivo toda pesca lograda en estas zonas del sur es descargada y vendida a pesqueras más grandes que poseen plantas por el sur.

A continuación se presenta algunas fotografías que permiten dar una mejor idea de las características y dimensiones de la *Napo 4* (figura 4.5)



Figura 4.5 Vistas de la E/P Napo 4

### 4.3 PROCESO INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS

La instalación del sonar MAQ de 45 kHz se llevó a cabo entre los últimos días de marzo y primeros días de abril en el varadero “El Ancla” del Puerto de Pescadores del Callao. Se aprovecho estas fechas en que la embarcación subió a varadero para su respectivo carenado, pues la instalación del equipo

resulta más práctica ya que no se requiere la presencia de un buzo que taponee el tubo tanque si es que la embarcación estuviera en el mar. Antes del inicio de las obras se informó que la *Napo.4* contaba ya con un sonar *Furuno CH-24* al cual habría que desmontar primero su respectiva unidad domosónica, de izaje y caja transmisor-receptora (transceiver). El fin de este desmontaje era arenar el tubo tanque donde se aloja el domo para así aprovechar la instalación ya existente.

#### **4.3.1 Desmontaje del sonar Furuno CH-24 y preparación MAQ-45**

Como ya se mencionó, el primer paso fue retirar la unidad hull del sonar CH-24 junto al tubo eje y unidad transceiver. Este proceso también ayudó a inspeccionar las condiciones y la ubicación del tubo tanque, para ver si esta era la adecuada y estaba acorde con las recomendaciones que el fabricante brinda en el Manual de Instalación de los Sonares MAQ.

También se aprovecha el trabajo para tomar medida del diámetro del tubo tanque existente y del largo del mismo a fin de ver si es que el tubo eje del sonar MAQ-45 tiene que ser recortado para poder usar el mismo tubo tanque sin necesidad de tener que cambiarlo por otro, lo cual implicaría una dilatación de los trabajos hasta que las labores de calderería hayan instalado el nuevo tubo tanque.

El estado en que se encontró el CH-24 se puede apreciar en las siguientes fotos (figura 4.6):

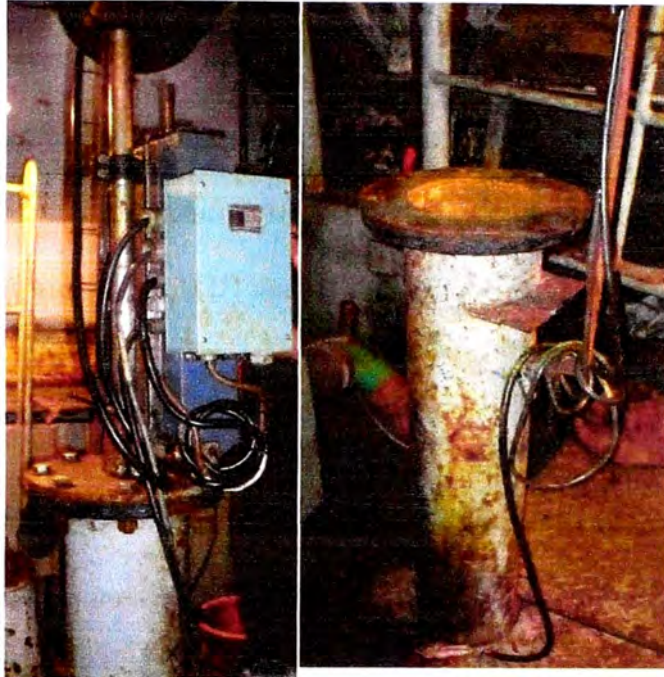


Figura 4.6 Estado en que se encontró el tubo tanque de la Napo 4

En la foto 4.6 lado izquierdo se puede apreciar el tubo tanque con la unidad hull, el tubo eje y la caja transreceptora del sonar Furuno CH-24. En esa toma también se puede apreciar el cableado existente desde el domo hasta el transceiver que proviene desde el tubo eje.

En el lado derecho de la figura 4.6 se observa que ya se retiró las unidades anteriormente mencionadas y el tubo tanque está listo para ser arenado, pintado y recibir a la nueva unidad del MAQ-45. Es en este punto cuando se toman las medidas para ver si es que el nuevo tubo eje necesita ser modificado.

De las mediciones tomadas en obra, se obtuvo que el tubo tanque tiene un diámetro interior igual a 7.625" (193 mm), lo cual nos lleva a concluir que contamos con un tubo tanque de 8"Ø x SCH 80. Sabemos de los datos técnicos del equipo que el transducer o domo

del MAQ-45 tiene un diámetro de 178 mm, en principio el diámetro interior existente es más que suficiente para que el domo pueda alojarse dentro del tubo tanque, sin embargo habría que hacer una modificación a los guidores pues estos vienen preparados para un diámetro interior de 7.981" ó 203 mm (Tubo de 8"Ø x SCH 40) y no de 7.625" ó 193 mm (Tubo de 8"Ø x SCH 80). La forma en que el domo se desplazará alineadamente a lo largo del tubo tanque se definirá con los guidores en la medida que uno juegue con los laynas o se lijén los teflones para ajustar la alineación del tubo eje.

En la figura 4.7 podemos ver el estado original como vienen los guidores del tubo eje, y en la foto 4.8 observamos que se ha retirado un par las laynas negras para poder ajustar el guía dentro de la medida existente de 7.625", en otras palabras lo que hemos hecho es reducir diámetro del guía retirando laynas.

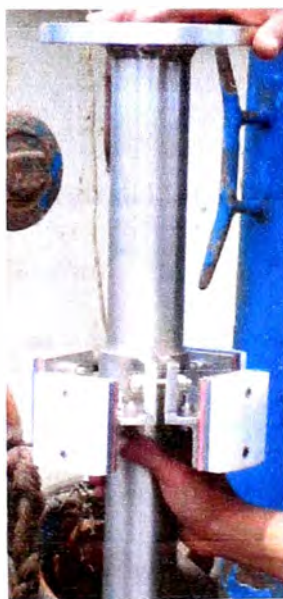


Figura 4.7  
Ajuste del guía tanque



Figura 4.8

Hasta este punto se tiene resuelto el problema que pudiera surgir a partir de alguna incompatibilidad con el diámetro interior del tubo tanque existente. Ahora se pasa a analizar el largo del mismo. De las medidas en obra, se sabe que el largo existente del tubo tanque es de 2500 mm. Se conoce también que el sistema de izado tiene un largo de 1200 mm aproximadamente se aprecia en figura 4.9 que es el plano del fabricante.

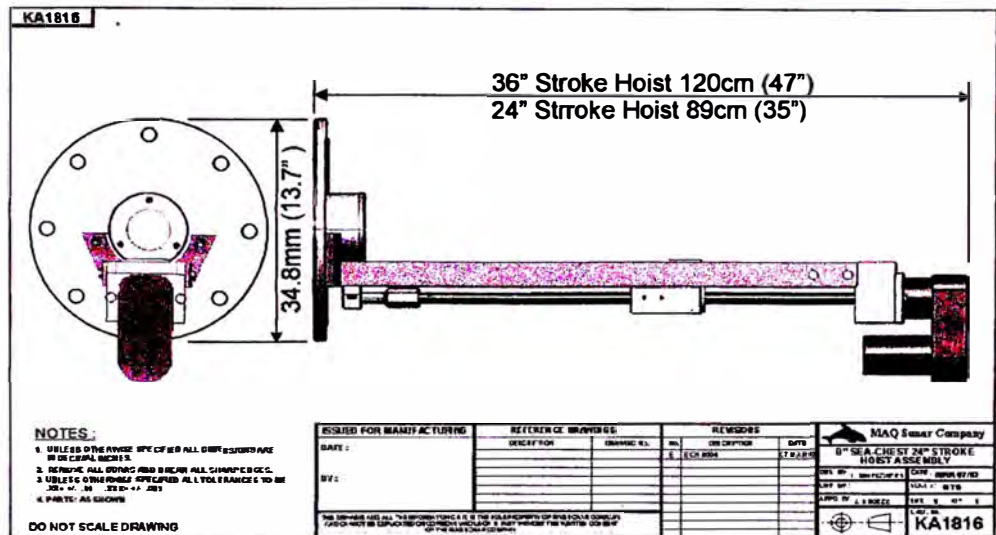


Figura 4.9 Plano de la unidad de izado

Si al largo del sistema de izado (47" o 1200 mm aproximadamente) le sumamos el largo del tubo tanque existente (2500 mm), obtenemos un total de 3700 mm. Sin embargo, en este punto tenemos un problema: El tubo eje con el que contamos mide 3500 mm (2500 de tubo eje propiamente dicho y 1000 mm de tubo extensión), si a esto le sumamos los 700 mm del domo tenemos 4200 mm. Entonces estamos teniendo una diferencia de 500 mm (4200 mm – 3700 mm) de tubo eje que estaría sobresaliendo del sistema de izado que habría que

cortar. Por lo tanto, el tubo eje de acero inoxidable debe ser mandado a cortar 50 cm a fin de que este exceso no interrumpa la manivela cuando se haga el izado manual.

Después de tomar estas consideraciones podemos decir que se puede comenzar a instalar todos los componentes que conforman al MAQ-45.

#### **4.3.2 Instalación del domo y orientación de los guidores**

En la sección anterior nos ocupamos de los preparativos del tubo eje para su respectiva instalación. Como ya se ha mencionado en el Capítulo III de descripción del equipo MAQ-45, en uno de los extremos del tubo eje viene el domo que es donde se encuentran todos los cristales PZT responsables de producir pulsos sonoros al ser excitados con voltaje debido al ya fenómeno piezoeléctrico mencionado en el Capítulo I.

Así pues, esta parte de la instalación comienza con el pasado de la manguera de datos del domo a través del tubo eje, el cual irá conectado a la unidad transceiver para su posterior procesamiento (Figura 4.10).





Figura 4.10 Pasado manguera de datos a través del tubo tanque  
Por otro lado, el domo también es unido al tubo eje a través de formador de empaquetaduras (figura 4.11) para un mejor aislamiento de los cristales y de la manguera.



Figura 4.11 Unión del tubo eje con el domo usando formador de empaquetaduras.

Una vez colocado el domo dentro del tubo tanque, los guidores deben alinearse de tal forma que la marca de proa en efecto apunte hacia ese lado de la embarcación. Aunque no contamos con una

fotografía que de fe de ello, nos remitimos al manual del fabricante (Figura 4.12)

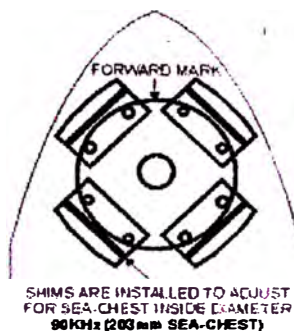


Figura 4.12 Orientación del guía tanque en "X" mirando a proa

#### **4.3.3 Fijación de las de las unidades transceiver y procesadora**

Una vez que se haya dejado lista la manguera con el cable de datos del domo a través del tubo eje (esto se hace normalmente fijando con cintillos la manguera a una platina que sea lo suficientemente larga desde la sala del sonar hasta la sala donde se alojará la caja transceiver) y se haya fijado este último a su respectiva brida (figura 4.13), se procederá a ubicar a la unidad transceiver y procesadora para realizar las interconexiones desde la obra viva hasta la obra muerta.



Figura 4.13 Manguera de datos presentada

La *Napo 4* tiene un puntal (altura máxima desde la quilla hasta la cubierta) de aproximadamente 4 metros. De la inspección llevada a cabo en obra concluimos que la longitud de manguera de cable de datos (15 m) del domo es más que suficiente y no es necesario utilizar una caja extensión.

Normalmente la caja transceiver se ubica bien en la misma sala del sonar o en algún ambiente sobre la misma cubierta, mientras que la unidad procesadora suele ir ubicada en el mismo puente de mando (figuras 4.14) ya que se aprovecha que por lo general en este ambiente se encuentra el tablero de distribución de 220 VAC y 24 VDC. La caja procesadora es alimentada con 220 VAC pues el CPU interno con el que cuenta funciona con un procesador Pentium III. Este CPU también posee su respectiva fuente de alimentación que alimentará a la tarjeta de video y memorias RAM interna con voltajes de 5 VDC o 12 VDC.

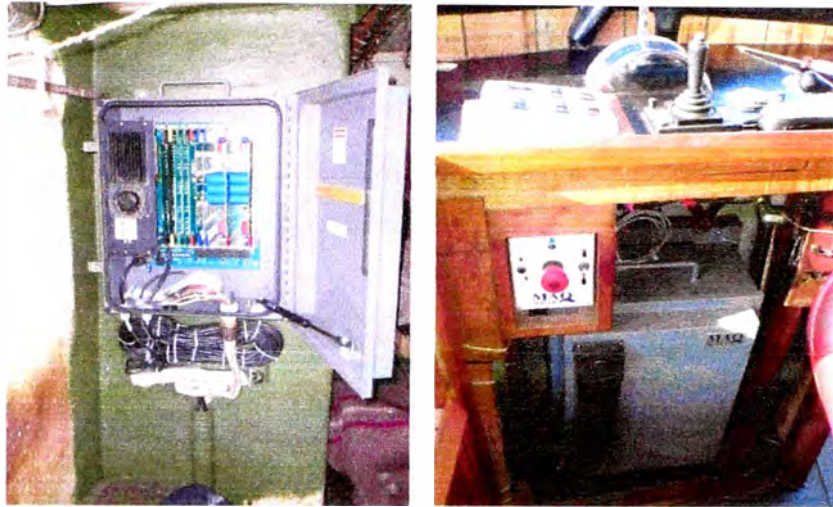


Figura 4.14 Ubicación de las unidades transreceptora y procesadora respectivamente

Si bien es cierto la unidad procesadora es alimentada con 220 VAC, normalmente para el sonar no se suele tomar una conexión directa del generador alterno de la embarcación (a menos que tenga un estabilizador que atenúe los picos de corriente que se producen en una fuente alterna como esta), sino que se utiliza un inversor conectado al tablero de 24 VDC que elevará y convertirá este voltaje continuo a uno alterno de 220 VDC más estable. De esta toma final es la que sale la conexión a la caja procesadora. La figura 4.15 muestra un esquema de todos los voltajes de alimentación que reciben los diferentes componentes del sonar.

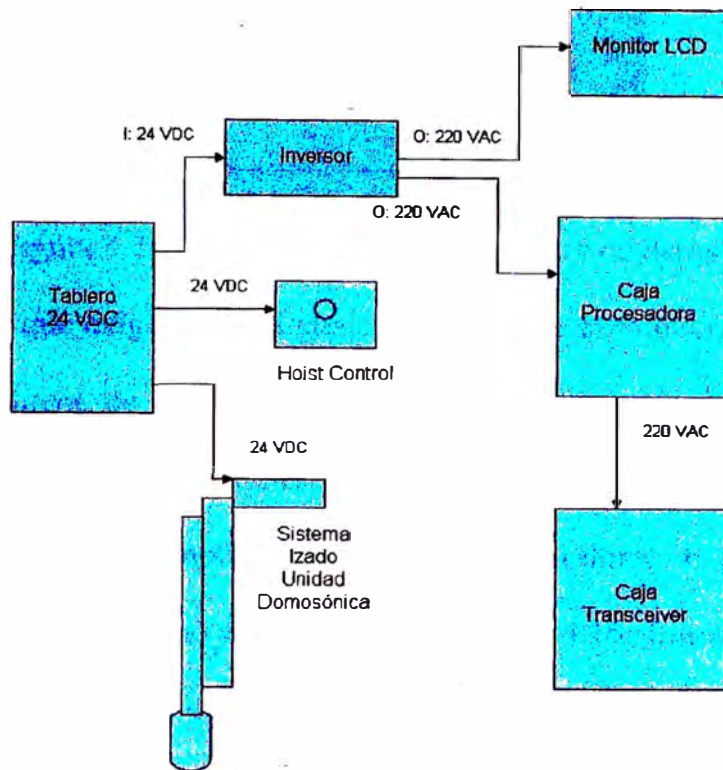


Figura 4.15 Distribución voltaje alimentación en el sonar

#### 4.3.4 Interconexión de unidades e interfase al navegador

Hasta este punto de la instalación, ya se tiene ubicados los componentes principales del MAQ-45: Unidad domosónica, sistema de izado, unidad transreceptora y procesadora. Ahora podemos pasar a realizar las interconexiones entre estas unidades propias del equipo y otras externas a él como el navegador y monitor LCD.

La conexión al monitor LCD no demanda mayor precisión pues como se puede apreciar en la figura 4.15 simplemente se le alimenta con un cable de alimentación de 220 VAC directamente del inversor.



Figura 4.16 Conectores para la manguera de datos

Más bien lo que exige especial atención y cuidado es la interconexión de la manguera de datos de la unidad domosónica a la unidad transreceptora. Es a través de esta manguera por donde circularán las señales (previamente amplificadas) recibidas en el domo. El conector (o en verdad conectores) esta dado en la figura 4.16. Los datos del domo viajan a través de unos plugs en cadena y se unen a los conectores de la figura 4.16 gracias a un adaptador RDT que “adapta” el arreglo de la nueva versión de domos de este tipo a la configuración omnidireccional tradicional (figura 4.17).

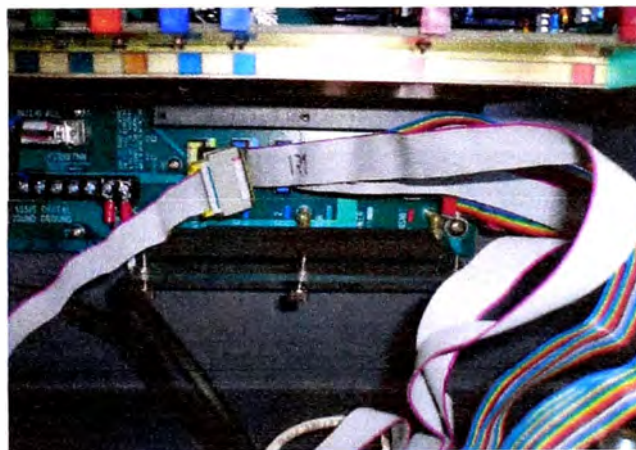


Figura 4.17 Manguera conectada a la unidad transreceptora

Básicamente es este adaptador RDT el único responsable de transmitir la excitación de los cristales piezoeléctricos del domo. Es más,

podemos decir que es el único camino de los mismos pues llegando a la caja transreceptora comenzará recién el respectivo procesamiento de la señal para su posterior presentación en el Monitor LCD.

Por otro lado, todo sonar como el MAQ-45 permite también realizar la respectiva interfase con un navegador GPS y/o un compás satelital a fin de tener la ubicación y orientación propia (coordenadas de latitud y longitud y ángulo con respecto al norte verdadero respectivamente, rumbo y velocidad), de la panga de ayuda para la formación del cerco con el boliche y del banco de peces que se está siguiendo. La interfase al navegador GPS es justamente lo que permitirá obtener la trayectoria de la embarcación en el monitor así como también la del banco de peces y de otra marca de evento que desee visualizar.

La interfase del sonar MAQ-45 al navegador se realiza desde la caja procesadora al GPS. En la figura 4.18 podemos ver los pines de interconexión. Todo esta interfase se realiza tomando como referencia el sistema de transferencia de datos RS-232.

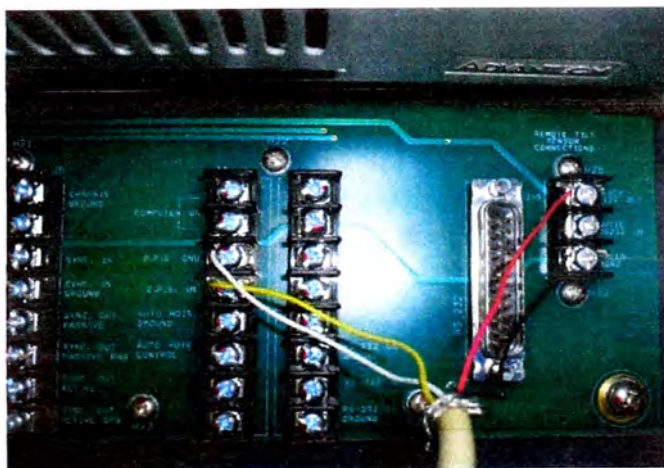


Figura 4.18 Conexión cables de interfase sonar - navegador

En la figura 4.18 se observa el cable de 4 pines conectado al procesador. Los cables amarillo y blanco son los encargados de transmitir la data del navegador al MAQ-45, mientras que los cables rojo y negro dan la alimentación (para este caso únicamente en que se probó el navegador sin alimentación propia).

La sentencia de navegación que preferiblemente se usa es la RMC, que por lo general incluye los tres datos que más nos interesa en una sola cadena: Rumbo, velocidad, posición (latitud y longitud). Sin embargo, también es posible usar sentencias del tipo VGT y VLL para tener independientemente y con más precisión cada uno de los valores de rumbo, velocidad, y latitud (esto depende del sistema de posicionamiento que se esté usando y si este equipo permite la salida de este tipo de sentencias).

Todo este intercambio de datos se realiza según el protocolo NMEA a través de la interfase RS-232, cuyos valores de voltajes (+/- 5, 9, 12 V) se prestan o dan las facilidades para la intercomunicación de datos a distancia.

#### **4.4 Calibración del equipo**

Una vez culminada la instalación a bordo del MAQ-45, el siguiente paso es calibrar sus parámetros de funcionamiento, sobretodo los que tienen que ver con los de configuración del sistema y que comúnmente no son cambiados por los capitanes de las embarcaciones (ajuste de proa, sentencias de navegación, tipo de inclinómetro, etc.). También se suele calibrar los parámetros de navegación que a criterio del operador pueden ser ajustados



nuevamente de acuerdo a las condiciones de pesca como las ganancias (cercana, lejana, general, filtros, ángulo de inclinación, etc.)

Esta calibración se tiene que llevar a cabo en una pequeña faena de pruebas que normalmente se realiza en los alrededores de la Isla San Lorenzo (profundidad del mar aproximadamente 40 Brazas), donde el agua es más profunda y las marcaciones no se ven afectadas por la suciedad debido a los desperdicios que normalmente se encontrarían en aguas cercanas a la bahía. En el Varadero el Ancla la profundidad es de aproximadamente 4 o 5 brazas. El acceso a los parámetros lo haremos de acuerdo al menú o panel en que estos se encuentran

### Menú de operaciones OPR

Muchos de los parámetros que se encuentran en este panel están sujetos a cambios durante la faena de pesca, así pues el filtro FL puede variar su valor dependiendo del nivel de ruido que pueda existir debido a la presencia de otras embarcaciones. En la figura 4.19 se puede observar una vista general del menú de operaciones.

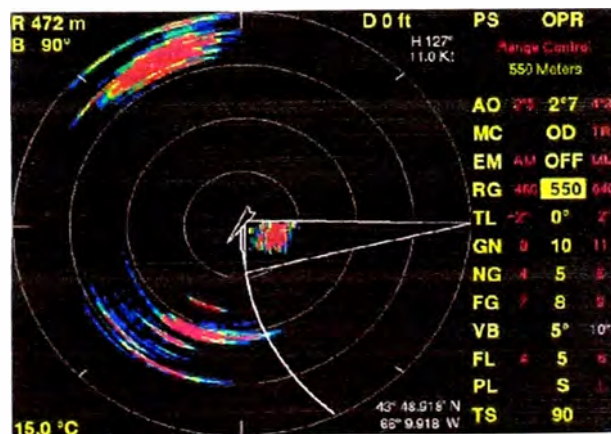


Figura 4.19 Menú de operaciones OPR

### Ganancia general GN

Aumenta o reduce la sensibilidad general del transductor. Se ajusta normalmente según la escala de distancia y el estado del mar procurando dejar la pantalla limpia de ruidos. Puede tomar valores entre 0 y 18. Un valor promedio que se suele establecer durante pruebas de calibración es justamente un intermedio (entre 8 y 10). Sin embargo, ha habido calibraciones desde donde comenzamos con el valor de 7.

### Ganancia cercana NG

Ajusta la ganancia en las cercanías del transductor para compensar el tamaño del eco. Esta función es también conocida como TVG (ganancia variable en el tiempo). Se debe tener cuidado porque podría perder detecciones de pescado fino si es que la ganancia está muy alta cuando el cardumen esta pasando cerca al transductor (se podría interpretar como ruido). Normalmente tiene efecto dentro de un radio de 300 brazas (600 m) de exploración y se suele dejarla calibrada según también en 7.

### Ganancia lejana FG

Con este parámetro se ajusta la curva de ganancia en la lejanía y se compensa la atenuación con el tiempo a largas distancias producida por los efectos de la temperatura y/o salinidad. No es conveniente saturarla mucho pues haría el transductor muy sensible y cualquier blanco por pequeño que sea estaría sobredimensionado. Para este caso hemos escogido el valor para este parámetro.

En la figura 4.20 se pueden ver estos parámetros ya en los valores que se menciona.

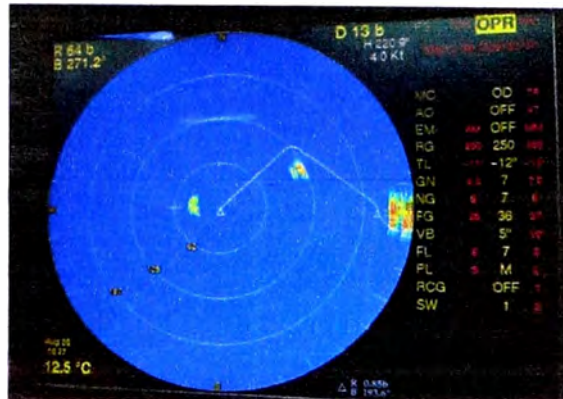


Figura 4.20 Calibración de ganancias

### Filtro FL

Este filtro es de gran importancia en el rendimiento del sonar. El margen de ajuste es de 0 a 10. La posición 1 es la que menos filtrado tiene, es decir se deja pasar todas las señales y por el contrario la posición 10 está mucho más filtrada. Como ejemplo práctico, se podría decir que es como una ventana. Casi cerrada corresponde al 10 y abierta al 1. Por lo tanto si deseamos dejar pasar todos los ecos, seleccionaremos el 1, 2, o 3 si se desean detecciones de manchas grandes, pues se aumentará los valores para solo dejar pasar los ecos fuertes (manchas grandes).

La efectividad del filtro la podemos ver en la siguiente figura 4.21 donde se prueba el filtro para ver que tanto limpia la estela del barco en la pantalla. Normalmente se calibra el filtro a 7 y al igual que otros parámetros de este menú puede ser cambiado de acuerdo a las condiciones de pesca.

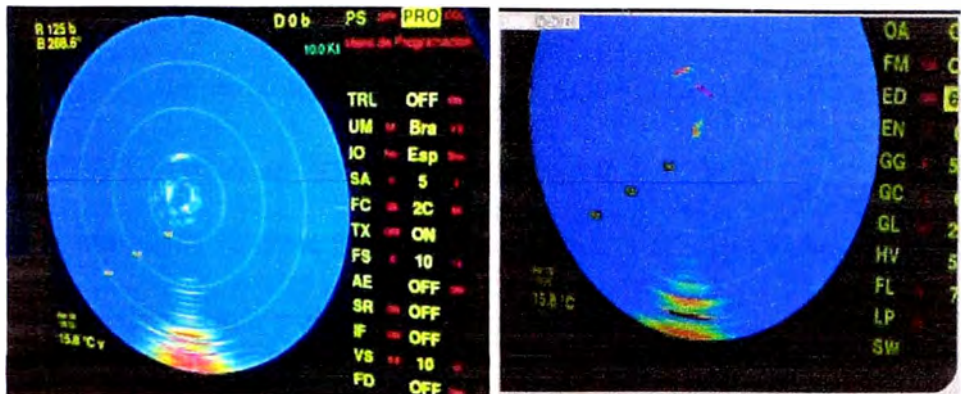


Figura 4.21 Pantalla sin filtro (izquierda), pantalla con efecto del filtro (derecha). Se observa una estela menos roja (menos intensa)

### Longitud de pulso PL

En esta opción seleccionamos el largo del pulso de transmisión deseado, dependiendo si lo que deseamos es máxima discriminación o resolución (pulso corto S) o un pulso para largas distancias de detección (pulso largo L).

### **Menú de programación STP**

En este menú se configuran parámetros a los cuales por lo general el operario (capitán) no tiene acceso. Tienen que ver en buena parte con la configuración del sistema. En este informe sólo mencionamos los más comunes en una prueba de bahía. En la figura 4.22 vemos una vista general de este menú.

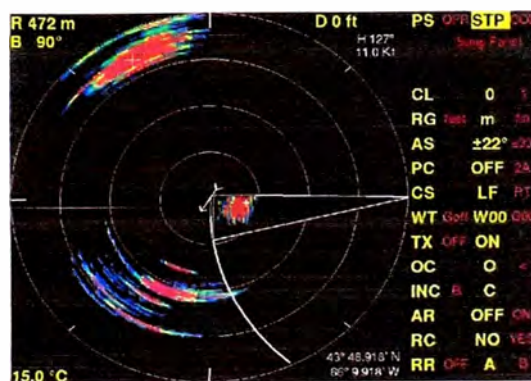


Figura 4.22 Menú de programación STP

### Unidad de medida RG

Este parámetro permite seleccionar si la unidad con que se desea a trabajar será en yardas, metros o brazas (figura 4.23). Normalmente en términos marítimos y de pesca se tiene la costumbre de trabajar en **brazas**, razón por la cual se configura el sonar para que trabaje con esta unidad de medidas.



Figura 4.23 Rango de unidades (en metros para la figura mostrada)

### Selector de audio AS

Permite establecer el sector de alarma dentro del cual el sistema de audio del sonar mandará una señal de alerta ante un eco detectado. Esta función se da sólo para determinados sectores (de 22, 33, 44 hasta 180°). Normalmente se le deja indicado en el valor de **+/-90°T** que significa que el sonar mandará una señal de alerta ante cualquier posible blanco detectado en el sector de +/- 90° alrededor del cursor. Bajo otra circunstancia el equipo estará en silencio y no se escuchará ningún tipo de alerta.

### Filtro correlativo PC

Este filtro permite hacer una mejor discriminación ante manchas aleatorias que podrían ser consideradas como perturbaciones o ruido. Para este fin el sonar toma y retarda un determinado número de muestras y las compara (correlación). Si tienen cierto grado de similitud entonces las presenta en la pantalla. Si no tienen ningún nivel de similitud entonces lo considera como ruido y no lo presenta. Normalmente para la pesca de anchoveta se suele tomar el valor de **2C** que significa que hará la correlación cada dos muestras

(o dos ciclos de transmisión) y con un nivel de rigor C (elimina ecos débiles, retiene y presenta sólo ecos consistentes). Para especies rápidas se recomienda desactivar esta opción. La siguiente figura 4.24 muestra la selección del filtro correlativo.



Figura 4.24 Selección del filtro correlativo PC

#### Rechazador de ruido NR

La activación de este parámetro en **ON** permite limpiar la estela del barco en el display. En sonares ultrasónicos, las burbujas de aire son detectadas con muy alta intensidad y este efecto se traduce en ruido para el sonar. En sonares omnidireccionales se agrava más por disponer de una escucha en los 360°. Este problema se puede reducir con el filtro rechazador de ruidos, pero en caso de que las condiciones de cavitación, hélices en mal estado, vibraciones de otros dispositivos, sean desfavorables, cualquier sonar no podrá trabajar normalmente y se deberá corregir por parte del cliente. Este ruido puede ser de un nivel tan fuerte que incluso no permita la detección frontal.

#### **Panel de navegación**

En este menú se configuran varios aspectos relacionados al sistema de navegación. La sección superior del panel muestra el estatus de navegación del navegador en interfase con el sonar, permitiendo al operador fácilmente determinar qué sentencias NMEA contienen información válida. Las sentencias NMEA con información válidas para el sonar aparecen en color amarillo con el dato que traen en color verde. Una vez que veamos que

sentencias están disponibles, entonces las asignaremos a la variable de la cual deseamos que le de dato. Por lo general se escogerá la sentencia RMC para que le asigne sus respectivos valores tanto al rumbo HD, velocidad Spd, y latitud y longitud L/L (en este caso el navegador proporciona también la sentencia GLL la cual es más precisa para describir estos datos). Todo esto lo podemos apreciar mejor en la siguiente figura 4.25. En el anexo A.3 (página 151) también se encuentra una explicación más amplia sobre el protocolo NMEA.

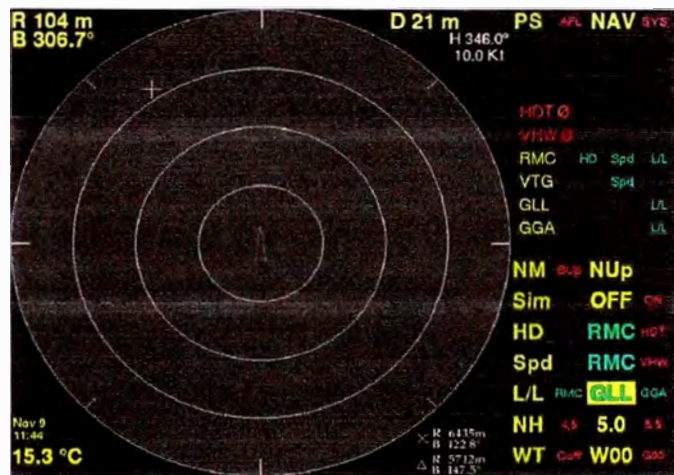


Figura 4.25 Calibración del panel de navegación

En este panel también seleccionamos la orientación que tendrá nuestra pantalla, si se trata con la línea de proa hacia arriba (Bup, configuración mas común) o el norte hacia arriba (Nup). Normalmente se deja la opción **Bup** por ser la que visualmente se acerca más a la realidad (proa del barco al frente apuntando hacia el lado superior del display del sonar).

En la figura 4.26 podemos visualizar mejor la diferencia entre ambas configuraciones.

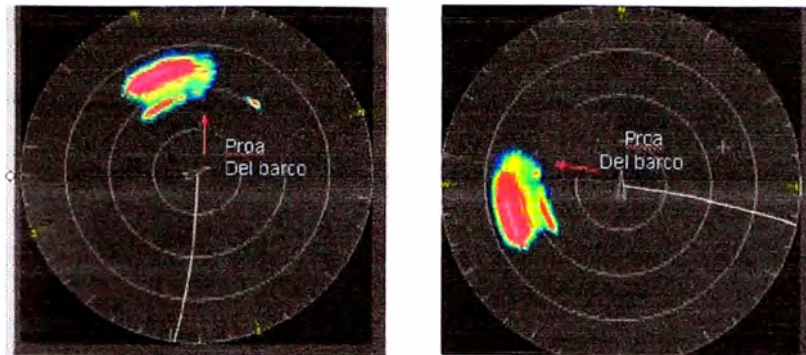


Figura 4.26 En la imagen de la izquierda configuración Bup, en la derecha Nup

### Panel del sistema

Este panel permitirá principalmente calibrar los parámetros de alineamiento de la proa de la embarcación con el sonar AD, seleccionar el tipo de inclinómetro a usar INC y seleccionar la frecuencia promedio de oscilación del equipo FQ.

En la figura 4.27 podemos tener una vista general de este menú.

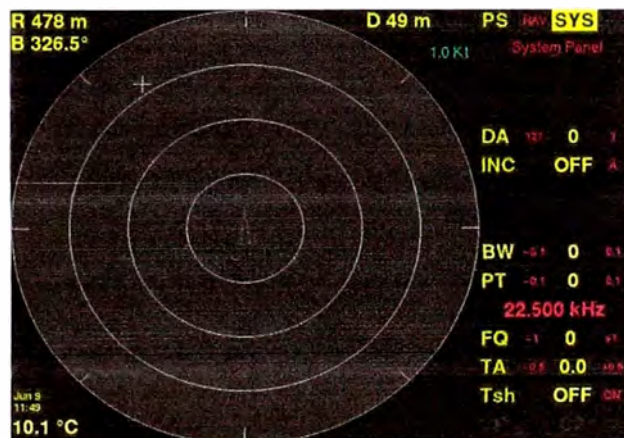


Figura 4.27 Panel del sistema

### Alineamiento de proa DA

Este ajuste compensa el error físico de la posición del transductor, es decir compensa el desalineamiento del transductor durante la instalación para asegurarnos de que la proa este al frente de la presentación del sonar (En la posición de 12 en punto). Estando en la mar, El ruido generado por la



propulsión del barco puede ser usado para posicionarlo en la popa inmediatamente (6 en punto) en la presentación del sonar. En la figura 4.28 podemos ver como la mancha verde se va moviendo conforme vamos variando el valor de DA de 65 a 48 por ejemplo. El valor final que se deja es de 112.



Figura 4.28 Ajuste de proa del sonar

#### Selección del inclinómetro INC

El fabricante maneja normalmente 4 tipos de inclinómetros desde que comenzó la fabricación de la última versión de los sonares MAQ-45: El tipo A, B, C y D. Actualmente esta vigente el D sin embargo a veces en las labores de mantenimiento se suele poner un modelo antiguo. En este caso se selecciona el tipo D por ser el que vino en el equipo. Sin embargo, esta función permite una selección adicional: La tipo "E", la cual se escoge cuando la estabilización del haz se realiza no a través del sensor de roleo y balanceo del sonar, sino a través de la data que proviene del compás satelital (el modelo SC-50 de Furuno posee una sentencia ATT que proporciona el balanceo y roleo de la embarcación, se puede usar esta data para la respectiva estabilización).

### Ajuste de frecuencia FQ

El domo del MAQ-45 contiene 256 cristales PZT. Hay que tener en cuenta que no todos los cristales resuenan a la misma frecuencia de 45 kHz, sino que entre uno y otro hay ligeras diferencias alrededor de este valor. De fábrica tenemos en la manguera de datos el valor de frecuencia más alto al que se ha hecho resonar un cristal (en este caso fue de 45.75 kHz), el ajuste se suele iniciar con este valor y este debe ser cambiado probando la detección de un blanco fuerte de tal forma que se calibre hasta obtener un buen eco definido. Cuando esto ocurra entonces se deja el valor calibrado a este valor. Para nuestras pruebas se dejó el valor en **45.25 kHz** que es cuando se obtuvo un fuerte bajo. La figura 4.29 muestra el ajuste para un sonar MAQ-22, este proceso es similar al del MAQ-45.



Figura 4.29 Ajuste de frecuencia FQ para un MAQ-22

## CAPÍTULO V

### EVALUACIÓN DE COSTOS EN EL SONAR MAQ-45

Este capítulo analiza los aspectos económicos del sonar que por lo general resultan jugar un rol importante para los armadores al momento de elegir algún modelo a adquirir. Se presenta valores reales obtenidos de la última temporada de pesca de anchoveta donde la Napo 4 tomo parte. Estos datos permiten tomar contacto con el desempeño real que el equipo tuvo. Por otro lado, también haremos un análisis comparativo entre el MAQ-45 y su competidor directo: El sonar *Furuno CSH-5*.

#### **5.1 RENDIMIENTO DEL SONAR MAQ-45 Y REGRESO DE LA INVERSIÓN**

En esta sección se tratará sobre la capacidad de rendimiento o producción del sonar MAQ-45. Para este fin se presenta en la tabla 5.1 un extracto del ranking de pesca abril-mayo 2008 en el cual se aprecia la ubicación que ocupan las embarcaciones que cuentan con un sonar MAQ-45. El ranking se presenta para embarcaciones con capacidad de bodega entre 100 y 199 TM (rango al cual pertenece la embarcación sobre la que versa este informe).

Es importante tener en cuenta el rendimiento y capacidad de respuesta del equipo ante la inversión realizada para su compra, pues este representa un factor importante al momento de tomar la decisión de adquirir un sonar ya

que por lo general el armador busca un equipo que pesque “más” en el “menor” tiempo posible.

Tabla 5.1 Ranking de pesca temporada abril-mayo 2008

Embarcación	Capacidad de Bodega (TM)	Armador	Pesca (TM) Abril-Mayo	Ranking Pesca
Valeria K	198	Pesquera Mistral	2187	6
Branco 4	200	Pesquera Fortunata SAC	1803	26
Carmen Judith 3	198	Pesquera PERCAR	1655	42
<b>Napo 4</b>	<b>187</b>	<b>Pesquera 2020 SAC</b>	<b>1605</b>	<b>49</b>
Carmen Judith 2	194	Pesquera PERCAR	1522	63
Manu 9	190	Pesquera 2020 SAC	1496	73
Branco 3	190	Pesquera Fortunata SAC	1329	106
Danitza	143	Pesquera Diamante	1326	107
Marco Antonio	108	Pesquera Virgen de las Peñas	881	187

Total Embarcaciones =  
221

Ranking Napo 4 =  
49/221 (dentro 22%)

Fuente: Produce, Ministerio de la producción

Los volúmenes de pesca obtenidos corresponden al periodo de pesca autorizado por el ministerio de la producción de la semana del 21 de abril al 11 de mayo del 2008. Esta temporada fue la primera vez para la Napo 4 en que se saldría a pescar con el MAQ-45. Como podemos observar de la tabla 5.1, la Napo 4 ocupa el puesto 49 dentro del ranking. Se observa que el volumen de pesca que obtuvo es de 1605 TM.

Aproximadamente la tonelada métrica de anchoveta está valorizada en \$ 200.00 (doscientos dólares americanos). Este valor es el que normalmente pagan las pesqueras grandes a las flotas pesqueras pequeñas.

Por lo tanto, en 3 semanas de pesca podemos calcular que la Napo 4 estuvo en capacidad de producir \$ 321000.00 (trescientos veintiún mil dólares americanos), resultado de la multiplicación de los \$ 200.00 que se paga por tonelada de pesca y el volumen de 1605 TM total obtenido en la temporada.

Veamos ahora qué margen de utilidad neta aproximada deja esta temporada a la pesquera y si es que este volumen de pesca permitiría cubrir alguna parte o toda la inversión realizada para la compra del sonar. Veamos la tabla 5.1-2 para tal fin:

Tabla 5.2 Distribución de gastos de la E/P Napo 4

		<b>Volumen de pesca (\$)</b>	<b>321000.00</b>
<b>Item</b>	<b>Descripción gasto</b>	<b>Valor gasto (\$)</b>	<b>Valor restante (\$)</b>
1	Pago a la tripulación (20 tripulantes)	21507.00	299493.00
2	Pago combustible (21 días faena)	134400.00	165093.00
3	Viveres para 21 días pesca	3111.11	161981.89
4	Pago grupos electrógenos	44800.00	117181.89
5	Gastos administrativos (15%)	48150	<b>69031.89</b>

La temporada de 21 días produjo \$ 321000.00 de pesca, este monto tuvo que distribuirse para cubrir los gastos que se menciona en la tabla 5.2. Después de estos vemos que tenemos un remanente de \$ 69031.89, monto que bien podría cubrir por completo la compra del sonar MAQ-45 cuyo precio puesto en nuestro país esta valorizado en \$58500.00. Sin embargo, no siempre puede darse esto pues en paralelo a la compra del sonar muchas pesqueras adquieren otros equipos nuevos como radares, ecosondas, navegadores, etc. Y esto sin contar labores de mantenimiento en lo referido a trabajos de calderería, equipos hidráulicos, eléctricos, etc.

## 5.2 VENTAJAS ECONÓMICAS DEL EQUIPO

El competidor directo del MAQ-45 como se ha mencionado anteriormente es el Furuno CSH-5 (ya sea el modelo CSH-5 MK II o el CSH-5 L que resulta ser una actualización del primero). El precio del CSH-5 es mayor al del MAQ-45 más por una cuestión de marca y prestigio del fabricante, aspecto que muchas veces influye en la decisión de los armadores. Sin embargo como muchas veces suele suceder no se debe tomar como elemento de juicio absoluto el aspecto de la marca pues en cuestiones operativas y de actualización del equipo, los sonares MAQ resultan ser más ventajosos desde el punto de vista económico.

Por ejemplo, en la tabla 5.3 tenemos algunos costos referenciales y comparativos entre características del MAQ-45 y el CSH-5.

Tabla 5.3 Cuadro comparativo de características y precios

Item	Descripción - Precios (\$)	MAQ-45	CSH-5
1	Precio venta del equipo	58500	64500
1.1	Rango efectivo de detección (modo normal T aprox 19°)	1500 m ó 800 fa	1200 m ó 600 fa
1.2	Rango efectivo de detección (modo normal T aprox 22 @ 26°)	1000 m ó 500 fa	800 m ó 400 fa
2	Precio actualización software	0	Actualización no disponible
3	Precio tarjetas que más comúnmente fallan (intercambiabilidad de tarjetas en caso de emergencia)	Tx: 1250	Tx: 1625
		Rx: 1100	Rx: 1430
		Pw: 800	Pw: 1040
4	Precio venta de la unidad domosónica	18 000	20 000
5	Precio actualización hardware (kit de conversión)	OMNI a RDT	CSH-5 MK II a CSH-5 L
		15000	10300
5.1	Nuevo alcance de detección con las actualizaciones de hardware	T (19°)=1800 m ó 900 fa	No hay cambio con respecto a los items 1.1 y 1.2
		T (22@26°)=1500 m ó 800 fa	

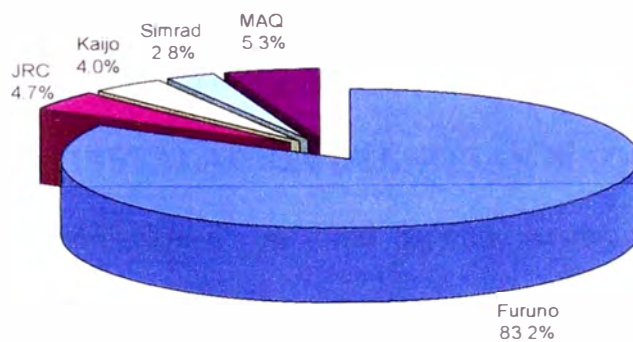
Las ventajas económicas se pueden seguir enumerando, estas incluyen también por ejemplo la opción de usar un sistema *switch over* (precio aproximado \$15000) que permite usar dos transductores con las mismas unidades transreceptora y procesadora. Este aspecto es de considerable importancia para el caso de embarcaciones que hacen uso de 2 sonares: uno para exploración y otro para el calado en sí.

Estas ventajas sumadas junto a otras relacionadas más al aspecto de diseño del equipo y a labores de mantenimiento han hecho que la preferencia de los sonares MAQ se haya incrementado en los últimos años. En el 2004, Marco Peruana hizo un estudio sobre la presencia de sonares por fabricante en el Perú. Tanto el cuadro de *Sonares omnidireccionales* (tabla 5.4) como en el de *Total de sonares en el Perú* (tabla 5.5) la marca MAQ ocupa el segundo lugar. No se cuenta con un estudio actualizado a la fecha, pero la tendencia ha sido la misma pues las marcas JRC, Simrad y Kaijo por lo general han estado por encima del precio de Furuno y es justamente el aspecto económico de los sonares MAQ lo más atrae a los armadores.

Tabla 5.4 Sonares omnidireccionales en el Perú

Marca	Modelo	Cantidad	Total	%
Furuno	CSH-7	22	267	83.2
	CSH-5	10		
	CHS-5	195		
	MK II/L			
	CSH-20F	1		
	CSH-21F	14		
	CSH-23F	9		
	FSV-24	16		
JRC	JFS-80	15	15	4.7
Kaijo	KCS-507	5	13	4.0
	KCS-509	3		
	KCS-207	2		
	KCS-2000	3		
Simrad	SR-240	5	9	2.8
	SP-70	1		
	SP-90	3		
MAQ	22/45 kHz	17	17	5.3

Sonares omnidireccionales en el Perú



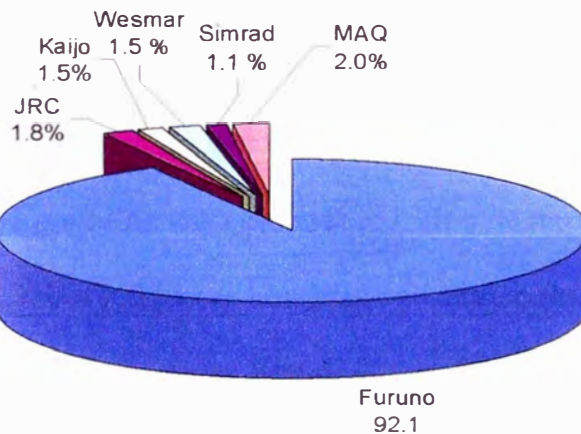
Fuente: Marco Peruana



Tabla 5.5 Total sonares en el Perú

Marca	Cantidad	%
Furuno	786	92.1
JRC	15	1.8
Kaijo	13	1.5
Wesmar	13	1.5
Simrad	9	1.1
MAQ	17	2.0

Total de sonares



Fuente: Marco Peruana

### 5.3 COSTOS DE INSTALACIÓN DEL SONAR MAQ-45

El costo de instalación de un sonar depende básicamente de la cantidad de hombres que han intervenido en el trabajo y del tiempo que este les demandó. Así pues, si sabemos cuanto tiempo (horas) le demanda realizar una determinada tarea a una cierta cantidad de hombres, entonces sabremos las Horas Hombres (hH) implicadas en el trabajo. Si a este valor de hH obtenido lo multiplicamos por un valor unitario, entonces sabremos el costo final que la instalación del sonar implicó.

Para hallar la cantidad de hH necesarias tenemos que hacer dos desgloses: Uno de actividades que las instalaciones físicas implican y otro de las labores de interconexión o cableado.

En la tabla 5.6 se observa el desglose por actividades de instalación, a la cual se le ha asignado a cada una un promedio de tiempo que suele durar. Estamos considerando que a la instalación del MAQ-45 van a asistir 3 personas (2 técnicos electrónicos y 1 ayudante). Básicamente las actividades que mayor tiempo demandan son las que se mencionan en los ítems del 1 al 4 por ser las que implican maniobras de peso y cuidado. En esta parte aún no hay mayor trabajo desde el punto de vista electrónico, sino de montaje mecánico.

Tabla 5.6 Horas hombres en instalaciones físicas

<b>Item</b>	<b>Descripción de la parte instalada</b>	<b>Hombres (H)</b>	<b>Horas (h)</b>	<b>Horas Hombre (hH)</b>
1	Preparación e instalación tubo eje (20 kg) y domo (65 kg)	3	5	15
2	Unidad de izado (45 kg.)	3	4	12
3	Unidad procesadora (10 kg)	2	2	4
4	Unidad transreceptora (10 kg)	2	2	4
5	Inversor	2	1	2
6	Inclinometer	2	1	2
7	Hoist Control	2	1	2
8	Monitor	2	1	2
9	Joystick y teclado	2	1	2
			<b>ST 1 (hH)</b>	<b>45</b>

Hasta este punto tenemos que los trabajos de instalación han tomado 45 hH, lo cual para 3 hombres significa 15 horas de trabajo efectivo o casi dos días de jornada. Sin embargo, este tiempo va a extenderse más pues hasta ahora sólo nos hemos ocupado de instalar o fijar componentes del sonar, aún nos

falta lo que es cableado e interconexión entre ellos. Las hH que estas demandan se puede ver en la tabla 5.7.

Tabla 5.7 Horas hombre en cableado e interconexión

Item	Descripción de las partes interconectadas	No. Puntos interconectados	Horas Hombres (hH)
1	Domo - Unidad Transreceptora	2	4
2	Unidad Transreceptora - Unidad Procesadora	6	12
3	Inclinometer - Unidad Procesadora	2	4
4	Inversor - Unidad Procesadora	2	4
5	Monitor - Unidad Procesadora	2	4
6	Inversor - Monitor	2	4
7	Hoist Control - Unidad Procesadora	2	4
8	Hoist Control - Unidad Izado	2	4
9	Joystick + Teclado - Unidad Procesadora	4	8
10	Interfase al navegador	2	4
		<b>ST 2 (hH)</b>	<b>52</b>

Para obtener los valores de la tabla 5.7 se ha considerado la cantidad de cables que se necesitan para unir por completo dos unidades. Por ejemplo, para unir la unidad transreceptora con la unidad procesadora se necesitan 3 cables: Uno de alimentación de 220 Vac, un segundo de interfase de datos DB-25 y un tercero para alimentación de 24 Vdc. Cada cable tiene dos extremos o lo que es lo mismo decir dos puntos a interconectar. Estadísticamente manejamos un valor referencial de 2 hH por punto de interconexión, lo cual significa que a 1 hombre le tomaría 2 horas por completo habilitar un determinado punto e interconectarlo para la comunicación entre equipos. Estas 2 horas en la práctica se puede reducir a un tiempo menor, pero estamos presentando un escenario algo negativo pues en la realidad el cableado implica muchas veces el trabajo en conjunto (y

dependencia) del trabajo de otros como carpinteros, caldereros, soldadores, etc. El trabajo de cableado implica 52 hH, lo cual a razón de 3 hombres implica 18 horas de trabajo o lo que es lo mismo aproximadamente 2 días y medio más (el cual puede reducirse con una buena coordinación con carpinteros, electricistas y caldereros a dos días). Luego, hasta el momento tenemos que a las 3 personas encargadas del trabajo les está tomando instalar el sonar 4 días.

Una vez culminado los trabajos de instalación y cableado, vienen las pruebas y calibración del equipo. Esta labor normalmente se hace en bahía con dos técnicos a bordo y toma usualmente medio día ósea 6 horas (se suelen navegar alrededor de 5 millas de la costa). Luego, podemos resumir que las pruebas en bahía nos toman 12 hH.

Hasta este momento haremos el siguiente resumen de la cantidad de horas hombres que la instalación y calibración del equipo ha demandado:

Tabla 5.8 Total de horas hombre

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>hH</b>
1	Instalaciones físicas equipos (incluye maniobras)	45
2	Cableado del equipo	52
3	Pruebas en bahía	12
<b>Total hH</b>		<b>109</b>

La hora hombre esta valorizada para nuestro caso en 8 US\$ / hH. En este valor esta incluido en un determinado porcentaje lo que es el uso de herramientas, ingeniería, supervisión, etc. Luego si multiplicamos la cantidad total de hH por el factor 8 \$/hH tenemos que el costo de instalación del sonar MAQ-45 es:

**Costo instalación MAQ-45 = 109 hH x 8 \$/hH = \$ 872.00**

A este monto suele agregarse un 20% adicional que suele cubrir lo que es gastos administrativos. Luego, el costo final de instalación del MAQ-45 asciende a:

**Costo final instalación del sonar MAQ-45 = 1.2 x \$872.00 = \$ 1046.40**

**(Mil cuarenta y seis 40/100 dólares americanos)**

## **CONCLUSIONES**

1. El sonar MAQ es hasta ahora el único en el mercado con un ancho de haz de 5°. Se ha observado del trabajo con otros sonares, que los sonares MAQ son los que tienen presentaciones más limpias (menos manchas o ecos de reverberación). Esto se debe en buena parte a este estrecho haz que elimina los ecos producidos por los lóbulos laterales.
2. Las labores de mantenimiento en lo que concierne a reparación de tarjetas son más fáciles para los equipos MAQ Sonar ya que casi todos sus componentes son sencillos de encontrar en el mercado local. Esto no ocurre en las tarjetas de otros grandes fabricantes que “encierran” dentro de un integrado, llamado como propio, la función de otros más elementales.
3. MAQ sonar tiene los precios más accesibles del mercado a sus equipos debido a que ha sabido reducir sus costos por ejemplo al emplear tecnología ya desarrollada por otros (como el procesador Pentium III en su unidad procesadora) y no estar financiando complejos proyectos de investigación en el desarrollo de procesadores propios.
4. No existe el sonar ideal y se debe tener en cuenta que por efectos de la temperatura, salinidad y/o presión del agua un equipo nunca va a funcionar igual en los mismos lugares en diferentes estaciones del año. Por lo tanto, el MAQ suele presentar mayores alcances de detección en los puertos del sur

(Ilo, aguas más frías) que en los del norte (Chimbote, Samanco, aguas más calientes).

5. La intercambiabilidad de tarjetas de un modelo a otro de sonar MAQ es un factor competitivo importante que las flotas pesqueras deben tener en cuenta si se habla de estandarización en los equipos de la flota. Otras marcas no permiten el uso de una tarjeta electrónica de un determinado modelo en otro (a pesar de provenir del mismo fabricante).
6. La termoclina en el Perú suele estar a 40 m de profundidad de la superficie en promedio, razón por la cual muchos sonares de amplio alcance no pueden llegar a aprovecharse al máximo en nuestras aguas. En este caso, el sonar MAQ-45 ha demostrado en la práctica tener en nuestras aguas un rango de detección máximo de 600 fa. Dependiendo de la estación y del lugar, se ha llegado a hacer detecciones a 800 fa.
7. En comparación al arreglo de cristales en el transductor de otros fabricantes (modelo de anillos uno tras de otro), el arreglo traslapado de cristales del sonar MAQ-45 le permite tener no solo visión 360° a la redonda, sino que también reduce las manchas que detectan los lóbulos laterales del transductor. El arreglo de otros fabricantes al usar más cristales para el arreglo de anillos, ocasiona que su sonar sea más sensible a cualquier clase de ruido. Hecho que no ocurre en los sonares MAQ.
8. Del resultado del estudio sobre la propagación del sonido, se concluye que este se propaga más rápido mientras más compacto sea el medio. Por ejemplo la velocidad del sonido en el aire es de 350 m/s mientras que en el agua (promedio) es de 1500 m/s.

9. En lo que se refiere a la alimentación con corriente alterna, se ha observado que no es prudente conectar el sonar (unidad procesadora) directamente del alternador de la embarcación (los picos que se producen en este pueden dañar al equipo), sino tener al inversor de voltaje como intermediario entre el tablero de distribución del 24 VDC y el sonar. La salida alterna del inversor es más estable y está libre de picos.
10. Los sonares MAQ tienen la etapa preamplificadora en el mismo domo. Esto contribuye a que las presentaciones en pantalla sean más limpias y precisas, ya que otros modelos tienen esta etapa en mención como una unidad aparte al lado de la unidad hull. Esto ocasiona cierta pérdida de información, atenuación o contaminación de la señal que se produce en el transductor, hecho que no se presenta en los sonares MAQ por la ubicación de la etapa preamplificadora al lado del domo que se menciona.
11. La operatividad del sonar MAQ resulta ser más sencilla comparada a otras marcas de sonares. Esto ha permitido que un usuario promedio y habitual de computadoras se familiarice rápidamente con el entorno de trabajo de sonares MAQ, tanto así que ha habido oportunidades en que se ha trabajado con capitanes que dan un diagnóstico posible que el equipo esta presentando cuando se aborda labores de mantenimiento.
12. Desde el punto de vista económico, el MAQ-45 ha demostrado tener una rápida respuesta ante la inversión realizada para su compra (3 semanas desde su primera salida a zona de pesca).



## **RECOMENDACIONES**

1. En base al desempeño observado en varias embarcaciones que han sufrido siniestro con casi pérdida del transductor, se recomienda retirar el carrete y cambiarlo por todo un tubo eje de un solo cuerpo. Se observa que la zona de fallos es justo debajo de la brida que une el carrete a la brida del tubo eje.
2. El Joystick del MAQ-45 no goza de mucha popularidad entre capitanes mayores. Esto ha obligado a desarrollar la aplicación de un teclado con “TrackBall” para el movimiento del cursor y la selección de parámetros en el software.
3. En lo que a la operación del sonar concierne, es ampliamente recomendable tener siempre la interfase entre el equipo y un navegador o compás satelital. Sobretudo con el último porque no sólo brindará información de posición, rumbo y velocidad, sino porque ante una falla en el inclinómetro local se podría usar el tipo de sentencia ATT (para el compás SC-50 de Furuno) que manda información de balanceo y roleo del barco al sonar para de esta forma llevar a cabo la estabilización del haz.
4. Se ha observado que la interferencia por radiofrecuencia en el sonar (debido a la presencia de equipos de comunicación en el puente de mando, radios VHF o HF) normalmente se introduce por el hoist control, por lo tanto se

recomienda usar un filtro EMI/ RFI (ideal para eliminar interferencia electromagnética) siempre a la entrada de alimentación del control de izado.

5. Esta recomendación no se centra exclusivamente en el sonar, pero es recomendable verificar el siguiente orden en la disposición de los equipos de navegación: En el extremo más alto debe estar siempre estar la antena del navegador GPS, luego la del compás satelital para posteriormente encontrarse la antena del radar y debajo de estas las de las radios. El hecho de que las dos antenas (navegador y compás) se puedan encontrar a la misma altura o por debajo de la del radar o cerca de las radios, podría ocasionar que el sonar se “congele” ante interferencia debido a la radiación electromagnética del radar.
6. El ruido electromagnético RF será algo común con lo que habrá que lidiar a bordo, así que todo tipo de cable que sea usado para interconectar equipos debe preferiblemente ser “apantallado” o “con malla”.
7. Es recomendable cambiar el ánodo de zinc de protección del tubo eje como máximo cada 2 años o en cada labor de varadero de la embarcación. De lo contrario se podría comenzar a perder el tubo eje al ser carcomido por las corrientes galvánicas lo cual pone en peligro al domo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Ulrick, Robert J.: Principles of underwater sound, 3º edición, capítulo 1 pp. 1:14, capítulo 2 p. 17:19, McGraw Hill, Inc. (1983).
2. MAQ Sonar Company: Technical manual, revisión NOV 15/06. Helo Enterprises, Inc. (2006).
3. MAQ Sonar Company: Operator manual, versión software 46.00. Helo Enterprises, Inc. (2008).
4. MAQ Sonar Company: Manual del operador, versión software 41.00. Helo Enterprises, Inc. (2007).
5. MAQ Sonar Company: Technical manual – Appendix A: Circuit board layout and schematics. Helo Enterprises, Inc. (2003).
6. Furuno: Service manual for CSH-5, SM-E1273-0A, capítulo 1 pp. 1-1:1-3. Furuno electric co., Ltd. (1996).
7. Furuno: Service manual for FSV-24, SM-E13180-E, capítulo 2 pp. 2-1:2-7. Furuno electric co., Ltd. (2002).
8. Indura: Sistemas y materiales de soldadura. Sistema de arco manual pp. 42 y 54. Indura S.A., Industria y comercio (1996).
9. Palacios Pérez, Raúl.: Los sonares “Furuno” y la pesca industrial en el Perú. Marco Peruana S.A. (2004).

10. Thorp y Bertram: Perú: Crecimiento y políticas en una economía abierta 1890-1877. 2º edición. pp. Varias. Mosca Azul editores – Ebert – Universidad Pacifico (1988).

#### **INTERNET:**

1. Historia de los sonares Simrad:

<http://www.simrad.com/www/01/NOKBG0240.nsf/AllWeb/B9A49B462C1A66B0C125730C001D48E0?OpenDocument>

2. Historia y aspectos generales del sonar:

<http://es.wikipedia.org/wiki/ASDIC#Historia>

3. Tópicos generales sobre acústica subacuática y el sonar:

[http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_03\\_04/subacuatica/](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_03_04/subacuatica/)

4. Propagación de sonido bajo el mar:

[http://www.mnve.mil.ve/web/index.php?option=com\\_content&task=view&id=63&Itemid=84](http://www.mnve.mil.ve/web/index.php?option=com_content&task=view&id=63&Itemid=84)

5. Sobre el decibelio y los niveles de referencia:

<http://es.wikipedia.org/wiki/Decibelio>

## **ANEXOS**

## ANEXO A.1

### **EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA PESQUERA EN EL PERÚ**

#### **Primeras visos de la industria de la pesca**

Es a finales de la década de los años 30 cuando se tiene reporte de las primeras empresas pesqueras orientadas a un desarrollo industrial del rubro.

El principal producto de éstas era el pescado en conserva. La harina y aceite de pescado se obtenían como subproductos sobre la base de residuos.

La segunda guerra mundial; sin embargo, transformó el mercado de los productos pesqueros peruanos.

La guerra privó al mercado norteamericano de sus principales proveedores de productos pesqueros (Japón y Escandinavia); por ello, hacia 1942, ciertas empresas norteamericanas buscaron activamente nuevas fuentes de abastecimiento, especialmente de pescado en conserva y de aceite de hígado de pescado (fuente principal de vitaminas A y D para las tropas norteamericanas).

Es así que, la compañía de *Wilbur Ellis*, el más importante comerciante norteamericano de estos productos, ingresó en el mercado peruano como compradora.

El efecto de este ingreso sobre nuestra pequeña industria pesquera en los años siguientes a la guerra hasta 1946 fue la obtención de apreciables ganancias (primero debidas al hígado de pescado y luego por el pescado ahumado y salado).

Estas ganancias, en varios casos, se emplearon para financiar la diversificación dirigida hacia la industria de conservas de pescado. El primero y más famoso ejemplo de tal diversificación fue el que llevó a cabo un médico de Lima, Miguel Capurro quien, luego de haber tenido éxito con productos de hígado de pescado, instaló una fábrica de conservas en 1942 con el apoyo financiero de la banca comercial; principalmente el Banco Popular de Prado. La empresa era la Industrial Pesquera S.A. en el Callao.

Otros empresarios lo siguieron; y así, a pesar de la escasez durante el período de guerra de equipo y materiales necesarios para la constitución de una planta, en 1945 funcionaban ya 23 empresas a lo largo de la costa, seis de las cuales eran de gran tamaño.

En 1947 y 1948 se establecieron muchas fábricas de conservas y; en 1950, incluso después de que varias de las empresas anteriormente establecidas habían fracasado, existían 49 empresas, de las que 15 podían ser consideradas grandes. No más de dos o tres de estas empresas estaban controladas por empresarios locales y, sólo una, aunque ésta era una de las principales, contaba con un fuerte capital extranjero: Empresa Pesquera Ilo, iniciada en 1946 por la Compañía *Wilbur Ellis* y socios peruanos. Las restantes, que eran la mayoría, estaban fundadas por empresarios locales de medianos ingresos o por inmigrantes.

La característica distintiva de la industria de conservas de pescado; a parte de ser una actividad con buenas perspectivas de mercado por aquella época, fue que era una actividad donde el empresariado local tuvo una mayor participación relativa respecto al capital extranjero; en tanto, el promedio de

la inversión en las conserveras establecidas en aquella época era menor a los 100,000 dólares; mientras que, las fábricas pequeñas podían establecerse inclusive con una menor inversión.

En consecuencia, hacia fines de la década de 1940, la industria pesquera pese a su relativa insignificancia en términos cuantitativos, se distinguió por ser la actividad de más rápida expansión junto con la minería de pequeña y mediana escala. Es así que los productos pesqueros cubrían apenas el 1 % de las exportaciones en 1945 como se observa en la Tabla A.1-1 con lo que tuvieron, hasta ese entonces, un escaso papel sobre la demanda y la balanza de pagos.

**Participación Porcentual de las principales exportaciones  
(1930-1950)**

<b>Producto: Año:</b>	<b>Algodón y Azúcar</b>	<b>Lana y Café</b>	<b>Productos Pesqueros</b>	<b>Cobre y Plata</b>	<b>Plomo y Zinc</b>	<b>Petróleo</b>
1930	28.5	3.3		20.1	6.8	29.7
1935	34.4	3		17.7	2.2	37.8
1940	28.2	5.2		22.3	3.1	24.8
1945	52.9	3.3	<b>0.9</b>	9.6	7.4	12.5
1950	50.5	4.6	<b>2.9</b>	9.4	11.7	0

Tabla A.1-1

Fuente: THORP Y BERTRAM. "PERU: Crecimiento y Políticas en una economía abierta. 1890 - 1977".

Hasta mediados de la década del cincuenta el crecimiento de la industria pesquera estaba encabezado por la fabricación de productos de pescado comestible; en especial, enlatado. Sin embargo, pese a que éstos fueron exportados por primera vez durante la segunda guerra mundial; hasta mediados de la década del cincuenta su crecimiento fue bastante lento.



### **La harina de pescado en la industria pesquera**

La producción de harina de pescado (antes utilizada sólo como fertilizante) se desarrolló desde fines de la década de 1950 principalmente debido a los siguientes factores:

1. La gran demanda de que fue objeto por la próspera industria de alimentos para animales (en especial para cerdos y aves de corral) que la empleaba como elemento proteínico junto con la harina de soya. Esta demanda permitió el incremento rápido de su precio sirviendo, entre otros factores, como estímulo a la inversión en este sector.
2. Disponibilidad de bienes de capital de segunda mano, de buena calidad; y, muy baratos, que hubo durante los años cincuenta. Este equipo procedía de lo que había sido el área de pesca de sardinas de California, donde floreció una próspera industria de harina de pescado en la décadas de 1930 y 1940, que dejó de funcionar en 1952 con la desaparición de los peces. Gracias a este suceso, fábricas enteras fueron embarcadas y enviadas desde California y los nuevos productores peruanos pudieron empezar sus empresas con maquinaria moderna, eficiente y de bajo costo.
3. Apertura de la banca comercial para financiar nuevas empresas de harina de pescado mediante préstamos a corto plazo renovados anualmente. Las razones que tenían los bancos para financiar este nuevo sector hacia 1957 se vinculan al contexto que reinaba por aquella época en nuestro país. Los años 1957 y 1958 fueron años de recesión para la mayoría de los productos de exportación peruanos;

mientras que, por el contrario, los precios de la harina de pescado subieron fuertemente en 1957, debido a la reducción de la oferta mundial por un mal año de pesca en Escandinavia y al crecimiento rápido de la demanda, como se explicó anteriormente. La producción peruana de harina de pescado fue tan rentable en esta etapa, que los productores pudieron cubrir holgadamente el alto interés del crédito a corto plazo que cobraban los bancos. Los precios mundiales de la harina de pescado variaban entre los 120 y 140 dólares por tonelada FOB; mientras los costos de producción peruanos no excedían los 60 dólares por tonelada dejando así un amplio margen para cubrir el servicio de los préstamos a corto plazo y proporcionar una buena utilidad.

Estos factores provocaron una respuesta inmediata en la industria pesquera peruana. En la tabla A.1-2 se observa la evolución del número de empresas en este sector.

**Número de fábricas de harina de pescado**

<b>Año</b>	<b>No. Fábricas</b>
1954	17
1959	69
1963	154
1972	100

Tabla A.1-2

Fuente: THORP Y BERTRAM. "PERU: Crecimiento y Políticas en una economía abierta. 1890 - 1977".

Las fases por las que atravesó el desarrollo de la industria de harina de pescado se pueden resumir así:

1. Un desarrollo incipiente, eclipsado por la producción de conservas de pescado, caracterizado por el establecimiento de empresas pioneras.
2. Un veloz ascenso del sector, en la segunda mitad de la década del 50, que continuó con una tasa gradualmente decreciente hasta 1970 - 1971, cuando alcanzó su punto máximo.
3. Después de 1971, la producción de harina de pescado cayó dramáticamente debido a problemas ecológicos; en consecuencia, hubo un exceso de capacidad. Esta situación culminó con la expropiación de todas las empresas pesqueras privadas en 1973.

La tabla A.1-3 ilustra la evolución de la industria de harina de pescado en la primera etapa de auge hasta los primeros años de la década del setenta.

**Valor de las exportaciones de productos de pesca: 1940-1974  
(Millones de dólares, precios anuales)**

<b>Periodo</b>	<b>Pescado enlatado</b>	<b>Harina de pescado</b>	<b>Aceite de pescado</b>	<b>Otros</b>	<b>Total</b>
1940-1944	0.2			0.1	0.3
1945-1949	2	0.1		0.8	2.9
1950-1954	5.3	0.8	0.2	1.5	7.8
1955-1959	7.6	11.3	1.5	2.2	22.6
1960-1964	6.3	87.5	10.9	2	106.7
1965-1969	3.4	183.2	19.4	2.3	208.3
1970-1973	4.8	188.7	32.5	4.6	230.6

Tabla A.1-3

Fuente: THORP Y BERTRAM. "PERU: Crecimiento y Políticas en una economía abierta. 1890 - 1977". Editorial Mosca Azul - Ebert - U. Pacifico. Pág. 370.

### **Crisis en la industria de la harina de pescado: Un preludio a la actualidad**

La mayoría de las empresas de harina de pescado tenían elevados endeudamientos que las hacían vulnerables durante los períodos cortos de caída del mercado; dado que, dependían de su rápido crecimiento para pagar sus deudas y obtener una ganancia. En 1963, entre un 60% y 80% de los activos fijos totales y capital de trabajo de la industria estaba financiado por préstamos; y, fue justamente en ese año que el sector atravesó una severa crisis; más por factores de índole local que por factores externos:

En diciembre de 1962, se estableció un impuesto de 25 soles por cada tonelada de pesca destinada a la industria, ante lo cual los dueños de las empresas pesqueras reaccionaron con un paro patronal en enero de 1963. Esto a su vez condujo a una huelga de las tripulaciones pesqueras que duró un mes; y, cuando se iniciaron nuevamente las actividades los mejores meses de pesca habían pasado y muchas de las compañías enfrentaban grandes dificultades en sus flujos de caja. En mayo de 1963, los bancos comerciales alarmados ante las perspectivas de un mal año para la industria, anunciaron restricciones en la disponibilidad futura de crédito para las compañías pesqueras. Luego, a mediados de año, este recorte crediticio coincidía con montos de pesca desacomodadamente bajos; y en consecuencia, quebraron un gran número de firmas.

En 1964, la actividad pesquera reanudó su crecimiento; pero, el número total de plantas de harina de pescado se había estabilizado en unos 150; y, de 1967

en adelante, comenzó a bajar hasta llegar a alrededor de 100 en 1972 como se observa en la tabla 1.1-2, presentado anteriormente.

Es necesario recalcar que si bien se logró continuar la expansión de la producción por medio de la introducción de un nuevo grupo de bolicheras grandes y de mejores técnicas en el proceso de elaboración de la harina de pescado; la producción de harina de pescado comenzó a hacer peligrar la población de peces de la corriente del Humboldt ya que ésta no era controlada y la captura máxima de peces que podía sostenerse a largo plazo estaba condicionada por la capacidad reproductiva de la anchoveta.

Muchos centros pesqueros mundiales ya habían sido destruidos por la sobreexplotación, pudiendo ocurrir en el Perú. Esta preocupación había sido canalizada anteriormente por:

La Compañía del Guano, que había tomado medidas que demandaban la restricción de la pesca de la anchoveta para salvaguardar el abastecimiento alimenticio de las aves guaneras.

El gobierno de Prado, entre 1956 y 1962; mientras permitía el desarrollo de la pesca de la anchoveta, había intentado condicionar el crecimiento de la industria mediante un sistema de licencias; pero tuvo como resultado un aumento de la corrupción y de la especulación con este sistema que fue abandonado en 1962.

A mediados de los años sesenta aparecieron señales de sobrepesca en el norte y en el centro del país y el crecimiento de la industria después de 1963 se concentró en las zonas pesqueras de la costa sur, que habían sido menos explotadas.

En 1965, debido a disturbios de las corrientes oceánicas, conocidos en el Perú como el fenómeno del Niño; se origina una severa mortalidad entre las aves marinas y una caída de la producción de harina de pescado.

Los biólogos del gobierno recomendaron limitar la captura anual de pescado a siete millones de toneladas mediante una temporada de veda y la imposición de cuotas limitadas en la captura total; sin embargo, en 1966 el gobierno; dada la intensa oposición de la industria, decretó sólo una veda de tres meses e indicó que la captura anual estaría restringida a menos de ocho millones de toneladas.

Por otro lado la industria, que tenía una capacidad suficiente para procesar no menos de 16 millones de toneladas anualmente, había invertido fuertemente en la compra de nuevos barcos pesqueros. Esta secuela de inversión deliberada, que producía un exceso de la capacidad pesquera; originó que hacia 1970 - 1971 la industria tenga una capacidad para capturar 30 millones de toneladas anuales (asumiendo un año de 300 días útiles).

El resultado fue la imposibilidad de mantener el límite de captura de los ocho millones de toneladas y el que los tres meses de veda fueran ineficaces como recurso para limitar la producción. En 1968, la captura anual alcanzó más de 10 millones de toneladas y la población de aves marinas, que ascendió a más de 15 millones a principios de los sesenta, había caído por debajo de los cinco millones.

Es así que, en 1970, una misión de la FAO advirtió que el promedio de la captura a largo plazo no podía sostenerse durante mucho tiempo en niveles superiores a las 9.5 millones de toneladas. Se decretó un límite oficial de 10

millones de toneladas. Sin embargo, la industria no respetó este tope y la captura durante este año ascendió a más de 12 millones de toneladas.

Es importante destacar aquí que, durante la década del 60, las mejoras técnicas en el procesamiento de la harina de pescado, lograron aumentar efectivamente el rendimiento. La cantidad de pescado crudo requerida para producir una tonelada de harina de pescado descendió de 5.41 toneladas en 1961 a 5.33 toneladas en 1968. Alrededor de 1972, aunque el rendimiento promedio para la industria no bajó más, las plantas más eficientes estaban logrando tasas de 4.5 toneladas de pescado crudo por tonelada de harina de Pescado.

Hacia fines de 1972; surge una nueva perturbación en las corrientes oceánicas, que originó la desaparición de la harina de pescado en la lista de los principales productos de exportación peruanos.

En conclusión, esta experiencia demostró que la máxima extracción de recursos pesqueros no puede sobrepasar los ocho o nueve millones de toneladas anuales sin amenazar la extinción de la especie; de modo que la producción sólo puede continuar su expansión si el rendimiento de harina extraída del pescado puede elevarse.

Las corrientes del niño de principios de los años 80 afectaron de sobremanera la extracción de anchoveta, conllevando a que recién desde 1991 el Perú pudiera volver a ocupar un lugar importante como principal extractor de esta especie en el mundo.

La tabla A.1-4 muestra la importancia de la producción pesquera en las exportaciones comparada a la producción que dan otros rubros.



	2007										2008		
	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
<b>Pesquero</b>	<b>125</b>	<b>78</b>	<b>104</b>	<b>130</b>	<b>196</b>	<b>142</b>	<b>129</b>	<b>74</b>	<b>61</b>	<b>111</b>	<b>193</b>	<b>127</b>	<b>135</b>
Harina de Pescado	123	75	102	95	118	127	111	61	48	89	120	121	123
Aceite de Pescado	2	3	2	35	78	16	19	13	13	22	74	6	12
<b>Agrícolas</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>50</b>	<b>68</b>	<b>63</b>	<b>69</b>	<b>40</b>	<b>47</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>10</b>
Algodón	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azúcar	0	0	0	0	0	3	6	10	0	0	0	0	0
Café	14	7	18	25	49	65	56	58	39	47	21	13	8
restos agrícolas	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
<b>Mineros</b>	<b>1 362</b>	<b>1 395</b>	<b>1 385</b>	<b>1 572</b>	<b>1 646</b>	<b>1 409</b>	<b>1 577</b>	<b>1 669</b>	<b>1 524</b>	<b>1 740</b>	<b>1 453</b>	<b>1 525</b>	<b>1 775</b>
Cobre	544	555	543	658	729	631	676	784	748	649	473	584	774
Estaño	33	43	56	45	45	39	23	68	34	58	74	51	57
Hierro	30	26	24	16	38	10	29	31	24	20	24	24	28
Oro	363	293	361	279	279	345	385	326	432	516	414	507	497
Plata refinada	46	44	42	40	45	41	46	51	39	54	50	55	67
Plomo	96	73	96	68	140	58	115	58	61	140	116	108	116
Zinc	197	283	186	367	287	150	188	268	87	199	178	105	144
Molibdeno	51	73	72	93	77	131	112	79	97	99	118	83	86
resto mineros	4	4	5	5	6	5	2	6	2	6	5	8	5
<b>Petróleo crudo y derivados</b>	<b>125</b>	<b>160</b>	<b>151</b>	<b>206</b>	<b>226</b>	<b>166</b>	<b>230</b>	<b>229</b>	<b>230</b>	<b>208</b>	<b>217</b>	<b>217</b>	<b>228</b>

**Productos Tradicionales (Valores FOB en Millones de US\$)**

Tabla A.1-4 Fuente: Ministerio de la producción

## **ANEXO A.2**

### **ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA HORA HOMBRE**

Para el siguiente desglose, se está considerando que la instalación del MAQ-45 se efectuará en el Callao, en las cercanías a la empresa. Si se hiciera en provincias habría que considerar un ítem que incluya viáticos de desplazamiento del personal. Este desglose se basa en datos promedios obtenidos a través de varias instalaciones, los cuales se ha contrastado con los que maneja la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) al ser el valor final de la hora hombre muy similar al que maneja la empresa representante de MAQ Sonar.

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Técnico (S/.)</b>	<b>Ayudante (S/.)</b>
1	Jornal diario		60.00	50.00
2	Uso herramientas manuales (juego llaves, desarmadores, etc.)	8.00	4.80	4.00
3	Equipos de seguridad (lentes seguridad, guantes, botas, etc.)	8.00	4.80	4.00
4	Maquinaria y equipos	25.00	15.00	12.50
5	Consumibles (cintillos, cinta aislante, vulcanizante)	15.00	9.00	7.50
6	Ingeniería	6.00	3.60	3.00
7	Horas extras (4 horas máx. sobretiempo)	35% hora	40.50	33.75
8	Indeminizacion por tiempo servicios	15.00	9.00	7.50
9	Seguro	15.00	9.00	7.50
10	Gratificaciones	20.00	12.00	10.00
11	Refrigerios y viáticos	15.00	9.00	7.50
	<b>Total Nuevos Soles / Dia</b>		<b>176.70</b>	<b>147.25</b>
	<b>Costo Hora Hombre Soles / Hora</b>		<b>22.09</b>	<b>18.41</b>
	<b>Costo Hora Hombre US\$ / Hora</b>	<b>2.75</b>	<b>8.03</b>	<b>6.69</b>

Como se puede ver, el valor de la hora hombre depende de si se trata de los servicios de un profesional a nivel técnico o a nivel de ayudante. Para el presente proyecto a pesar que consideramos los servicios de 2 técnicos y 1 ayudante, consideraremos el valor de 8 US\$ / hH como valor máximo, de ahí se desprende que estamos por demás cubiertos para pagar los servicios del ayudante.

## **ANEXO A.3**

### **PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN NMEA**

NMEA es el acrónimo de la National Maritime Electronic Association (asociación nacional de electrónica marítima, USA). Esta organización estableció un lenguaje (protocolo) estándar de comunicación entre aparatos electrónicos de aplicación marítima útiles para navegación (aquellos que son capaces de proporcionar datos de posición, velocidad, rumbo, etc.). La primera aparición de este protocolo se dio en 1980 y fue conocida como NMEA 0180, durante 1982 y 1983 se dieron respectivamente las revisiones NMEA 0182 y NMEA 0183, siendo esta última la que hasta la actualidad de usa y que desde ese entonces sólo ha experimentado cambios pequeños.

Este lenguaje lleva el mismo nombre de su organización creadora. La información o cadena de datos que transporta suele llamarse “sentencia de navegación” o simplemente “sentencia”, la cual contiene información (en un conjunto de frases) de fecha, hora, rumbo, velocidad, posición actual, punto destino, etc.

Existen diferentes tipos de sentencia NMEA dependiendo del dispositivo electrónico que se está empleando. En particular para este informe, se enfocará en el tipo de sentencias con las que suelen trabajar los navegadores o

GPS por ser de este tipo el equipo con el que se hará la interfase al sonar MAQ-45.

Sentencias para receptores GPS existen muchas también y frecuentemente de otra puede estar contenida la misma información, sin embargo siempre una aportará algo diferente. En este anexo se presenta el desglose en frases de las 3 principales sentencias con las que trabaja el MAQ-45: RMC, GLL y VTG.

### **Sentencia RMC: Recommended minimum data for GPS**

Esta sentencia contiene el mínimo de datos esenciales de un GPS: Posición, velocidad y tiempo. Esta sentencia se ve así:

\$GPRMC, 123519, A, 4807.038, N, 01131.000, E, 022.4, 084.4, 230394, 003.1, W\*6A

Donde:

\$GP	Identifica el tipo de equipo (GP=GPS)
RMC	Identifica la sentencia (en este caso RMC)
123519	Hora en que fueron tomados los datos 12:35:19 UTC
A	Indica el estatus del dato A = activo o V = inválido
4807.038,N	Latitud 48° 07.038' N (norte)
01131.000,E	Longitud 11° 31.000' E (oeste)
022.4	Velocidad sobre el fondo en nudos
084.4	Ángulo de rastreo = verdadero
230394	Fecha 23 marzo 1994
003.1, W	Desviación magnética
*6A	Suma de verificación de datos, siempre comienza con *

**Sentencia VTG: Vector track and speed over the ground**

La sentencia VTG hace uso de los satélites para rastrear al objeto y tras el seguimiento calcular su velocidad sobre tierra (o velocidad sobre fondo para una embarcación). La estructura es como sigue a continuación:

\$GPVTG,054.7, T, 034.4, M, 005.5, N, 010.2, K\*48

Donde:

\$GP	Identifica el tipo de equipo (GP=GPS)
VTG	Identifica la sentencia (GLL en este caso)
054.7,T	Seguimiento real en grados ° OK
034.4,M	Seguimiento magnético OK
005.5,N	Velocidad sobre tierra en nudos
010.2,K	Velocidad sobre tierra en kilómetros por hora.
*48	Suma de verificación de datos, siempre comienza con *

**Sentencia GLL: Lat/Long data**

Esta sentencia es una de las más antiguas del protocolo NMEA. Proporciona información de latitud y longitud geográfica. Su estructura es como se presenta a continuación:

\$GPGLL, 4916.45, N, 12311.12, W, 225444, A, \*1D

Donde:

\$GP	Identifica el tipo de equipo (GP=GPS)
GLL	Identifica la sentencia (GLL en este caso)
4916.46,N	Latitud 49° 16.45 min. Norte (norte)
12311.12,W	Longitud 123 ° 11.12 min. West (oeste)
225444	Hora en que fueron tomados los datos 22:54:44 UTC

**A** Indica el estatus del dato A = activo o V = inválido

**\*1D** Suma de verificación de datos, siempre comienza con \*

## ANEXO A.4

### UNIDADES DE MÉDIDA EN NAVEGACIÓN

Es frecuente encontrar en el diario que hacer que los capitanes y tripulantes de una embarcación no se refieran a las unidades de longitud y velocidad en metros o metros por segundo respectivamente. Más bien en este campo se utilizan unidades alternas que actualmente son válidas más por la costumbre, tanto así que será frecuente encontrar en muchos equipos de última generación que dentro de las opciones de unidades aún figuran estas. Dentro de este conjunto de unidades podemos mencionar a las Brazas (fa) para longitud (especialmente para profundidad) y Nudos (para rapidez de desplazamiento).

#### Medición de distancias

Para medir o indicar las distancias, se utilizan por lo general la *milla náutica (NM)*, *metros o brazas (fa)*.

La milla náutica es la medida lineal de un minuto de arco de círculo máximo de la superficie terrestre y equivale aproximadamente a 1852 metros. El Ecuador y los Meridianos son círculos máximos.

$$1 \text{ NM} = 1852 \text{ m}$$



**Medición de velocidad**

Para medir la velocidad o indicarla se utilizan el *nudo*. El *nudo* es una unidad de velocidad utilizada por los navegantes. Un *nudo* equivale a una milla náutica en una hora. Cuando que el buque a 12 nudos queremos decir que navega a 12 millas náuticas en una hora.

$$1 \text{ Nudo} = 12 \text{ NM / hora}$$

**Medición de profundidad**

Para medir las profundidades náuticas se utiliza la *braza (fa)* y también el metro. Frecuentemente también se utiliza esta unidad no sólo para medir profundidad, sino también longitudes. La braza equivale a 1.83 metros.

$$1 \text{ Braza (fa)} = 1.83 \text{ m}$$

## **ANEXO A.5**

### **ESQUEMAS REFERENCIALES DEL SONAR**

#### **ASPECTOS MECÁNICOS**

Figura A.5-1: Tubo eje con brida.

Figura A.5-2: Ensamble tubo eje con carrete y domo

#### **ASPECTOS ELECTRÓNICOS**

Figura A.5-3: Diagrama de bloques del sonar

Figura A.5-4: Diagrama de conexiones del sonar

Figura A.5-5: Plano de la tarjeta de control 1845

Figura A.5-6: Plano de la tarjeta multiplexora 1814

Figura A.5-7: Plano de la tarjeta de control de izado

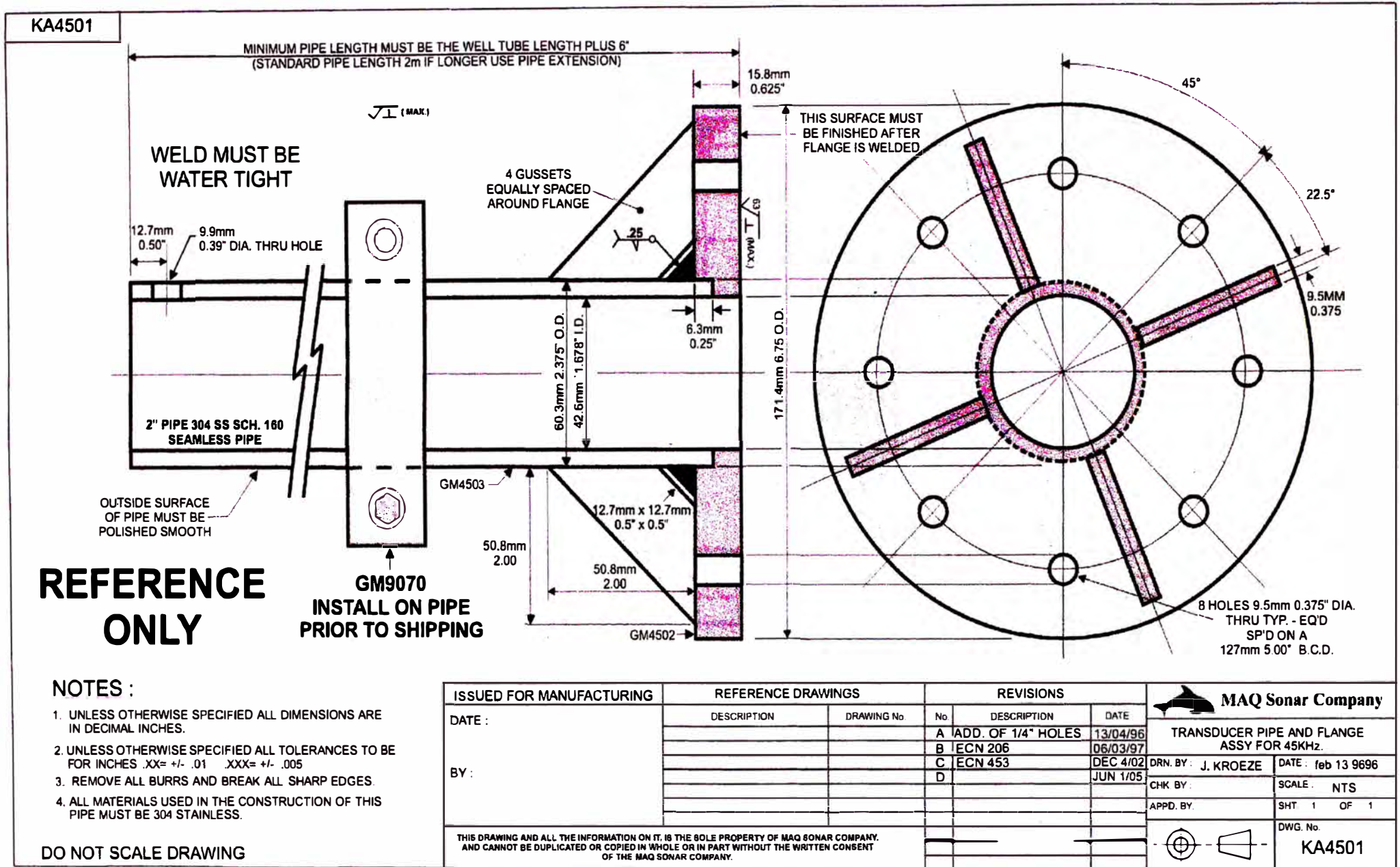


Figura A.5-1: Tubo eje con brida

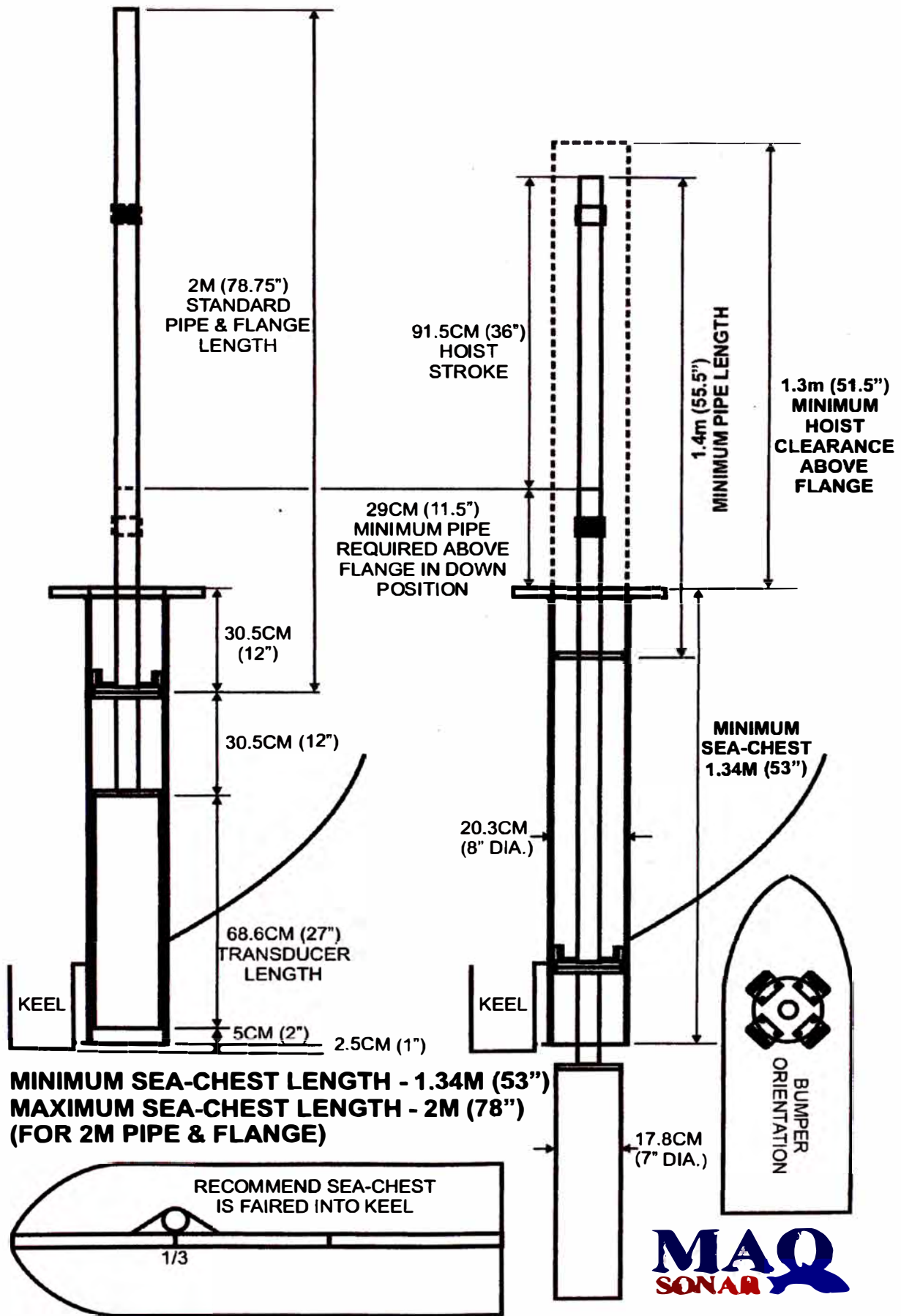


Figura A.5-2: Ensamble tubo eje con carrete y domo

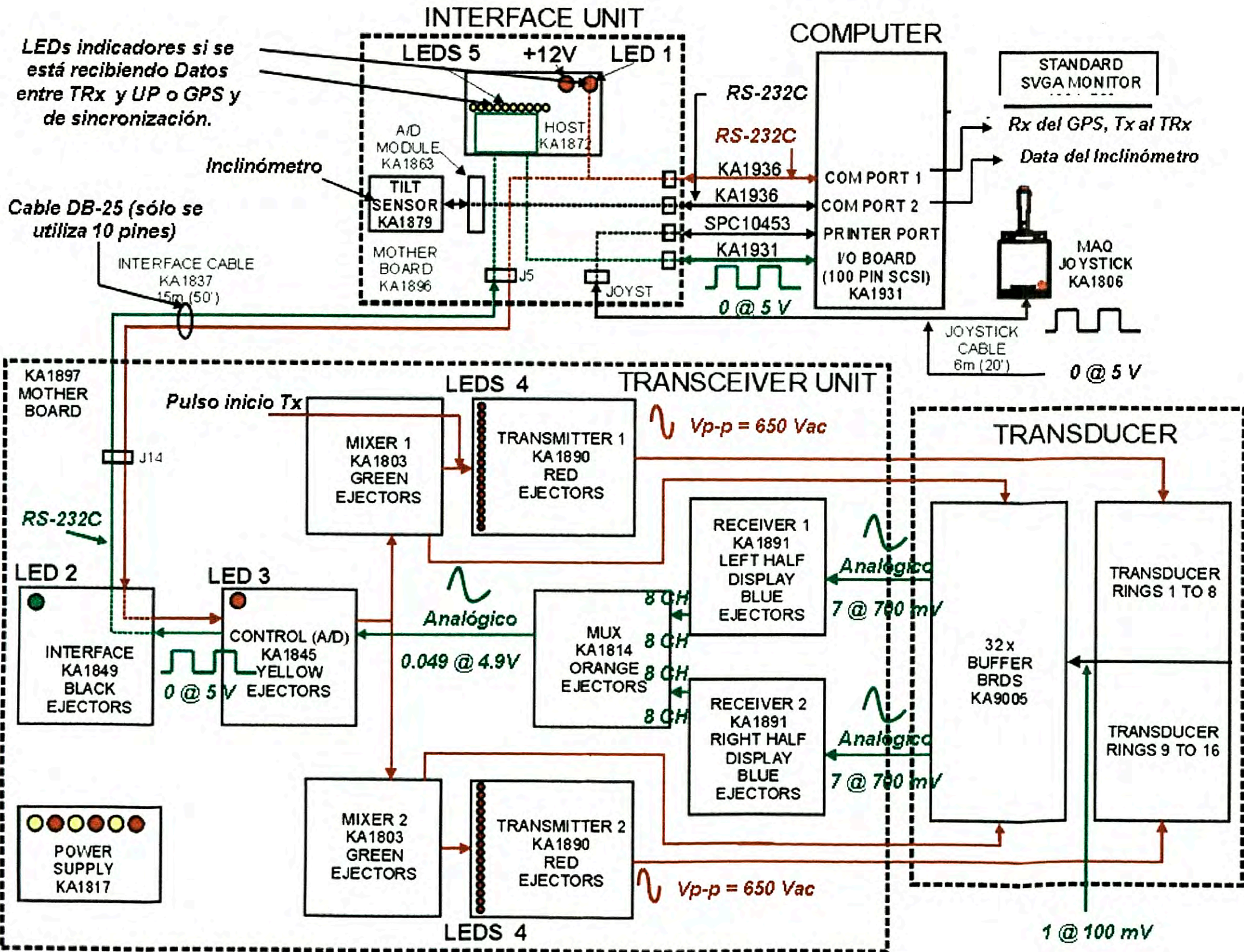


Figura A.5-3: Diagrama de bloques del sonar

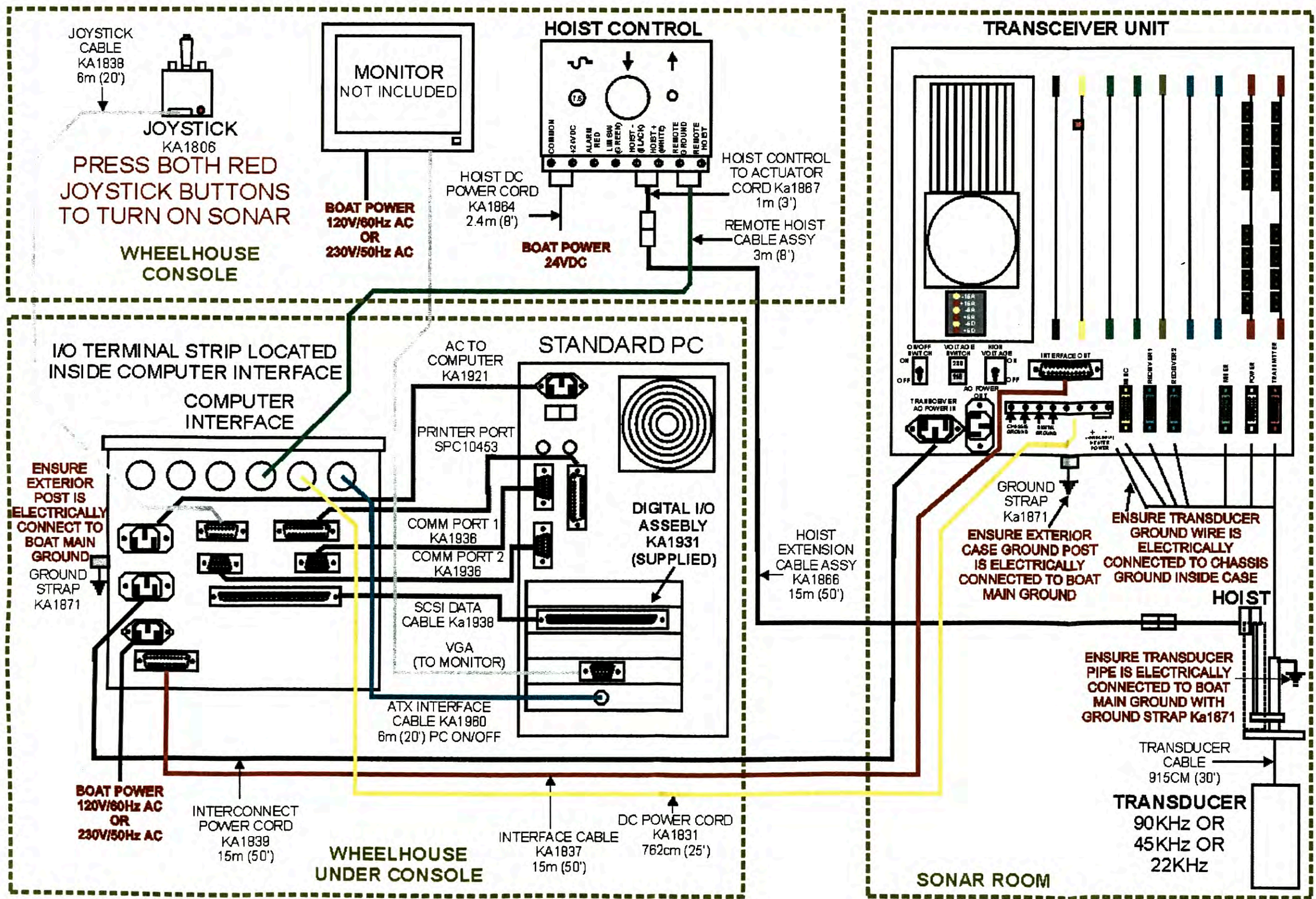
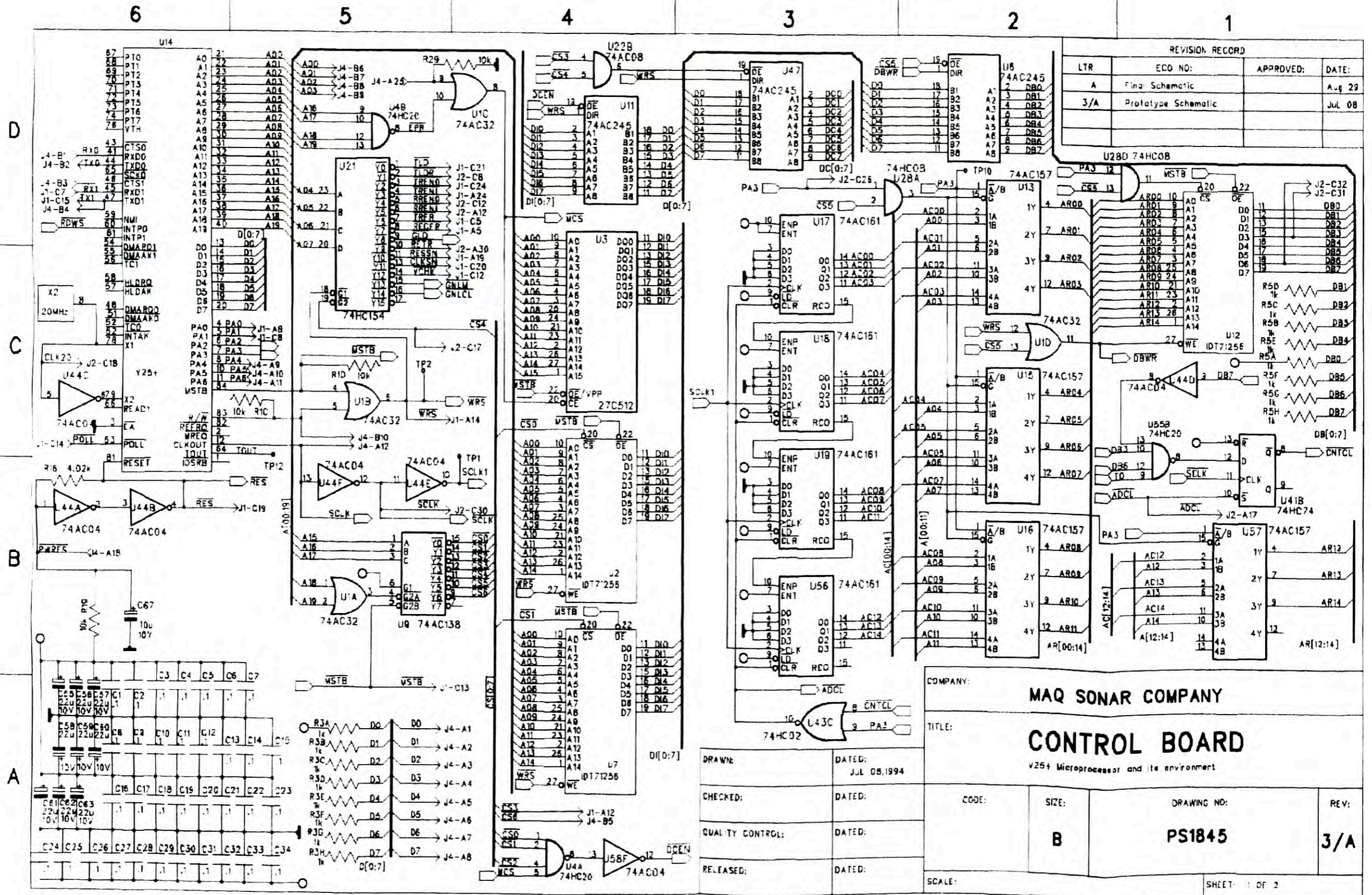


Figura A.5-4: Diagrama de conexiones del sonar



REVISION RECORD			
LTR	ECO NO:	APPROVED:	DATE:
A	Final Schematic		Aug 29
3/A	Prototype Schematic		JUL 08

COMPANY:			
<b>MAQ SONAR COMPANY</b>			
TITLE:			
<b>CONTROL BOARD</b>			
v25+ Microprocessor and its environment			
CODE:	SIZE:	DRAWING NO:	REV:
	<b>B</b>	<b>PS1845</b>	<b>3/A</b>
DRAWN:	DATED:	JUL 08, 1994	
CHECKED:	DATED:		
QUALITY CONTROL:	DATED:		
RELEASED:	DATED:		
SCALE:	SHEET: 1 OF 2		

Figura A.5-5: Plano de la tarjeta de control 1845

6

5

4

3

2

1

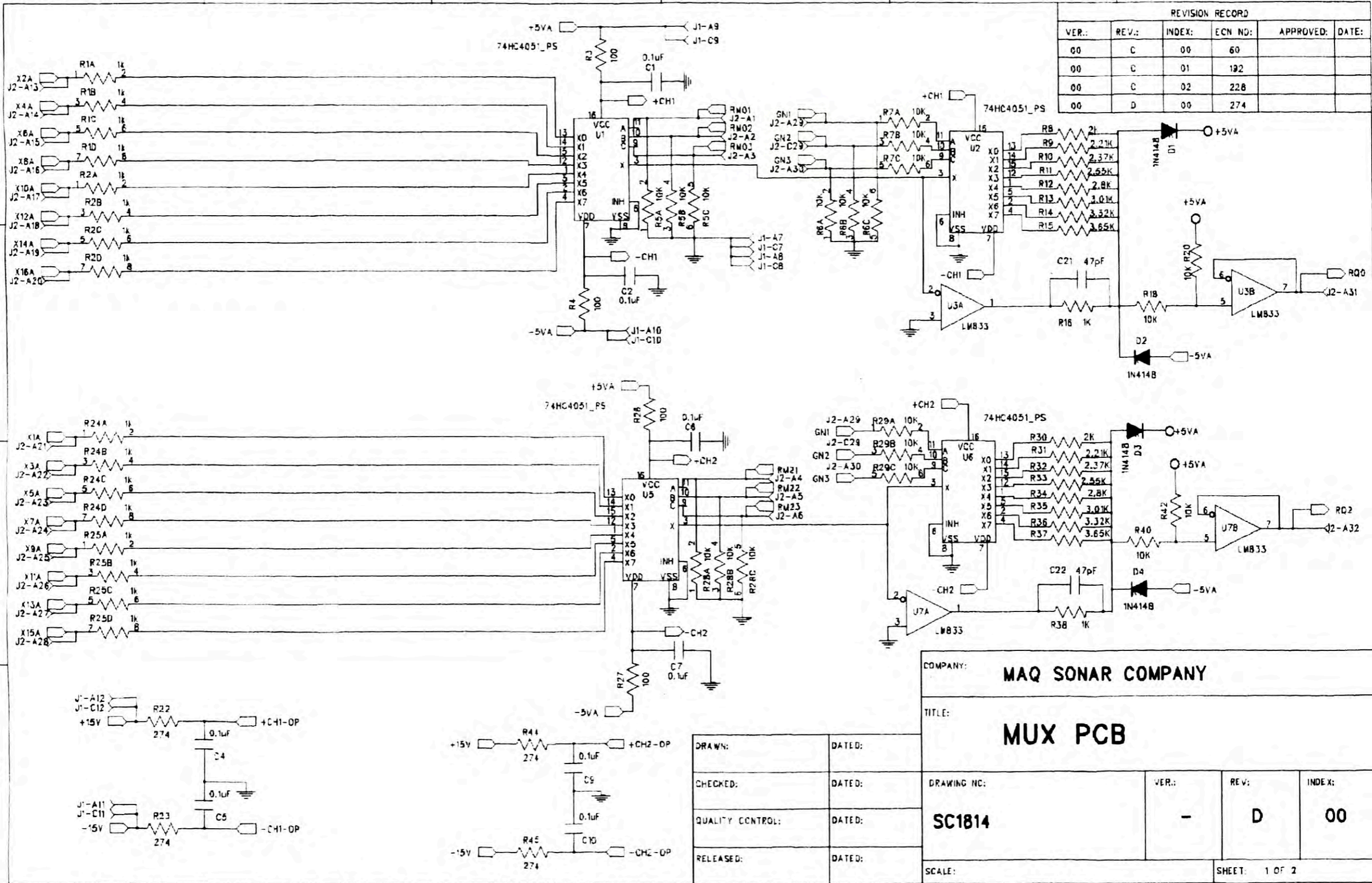
D

C

B

A

REVISION RECORD					
VER.:	REV.:	INDEX:	ECN NO.:	APPROVED:	DATE:
00	C	00	60		
00	C	01	192		
00	C	02	228		
00	D	00	274		



COMPANY: <b>MAQ SONAR COMPANY</b>					
TITLE: <b>MUX PCB</b>					
DRAWING NO: <b>SC1814</b>		VER.:	REV.:	INDEX:	
		-	D	00	
SCALE:				SHEET: 1 OF 2	

DRAWN:	DATED:
CHECKED:	DATED:
QUALITY CONTROL:	DATED:
RELEASED:	DATED:

Figura A.5-6: Plano de la tarjeta multiplexora 1814



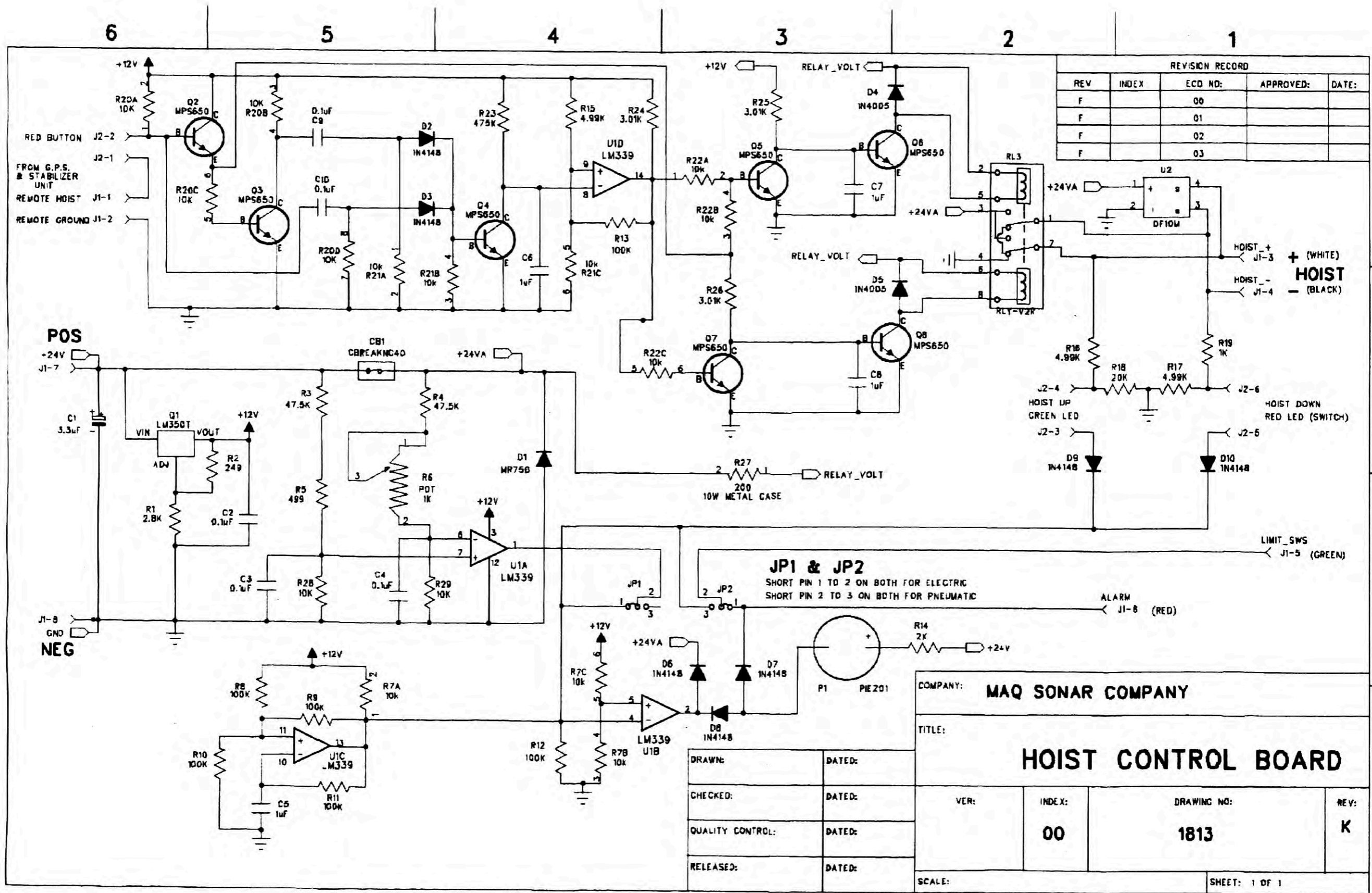


Figura A.5-7: Plano de la tarjeta de control de izado