



T
623.856
LLE
C. 2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Diseño de un Sistema de Comunicaciones Interiores para
Submarinos"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización: Electrónica



Presentada por:

Freddy Omar Llerena Villa

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2002

AGRADECIMIENTO



A Dios, por estar presente en todo momento, a la Armada del Ecuador, por haberme permitido capacitarme profesionalmente.

Al Ing. Wahington Medina, Director de Tesis, por su apoyo desinteresado, y, por su ayuda invaluable.

DEDICATORIA

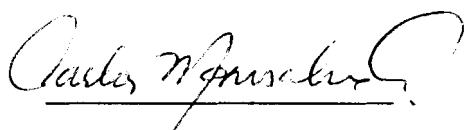


A DIOS,

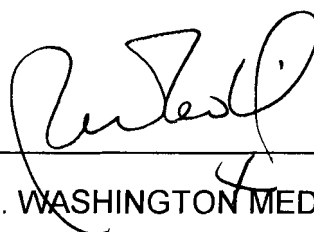
A MIS PADRES,

A MIS HERMANOS.

TRIBUNAL DE GRADUACION



ING. CARLOS MONSALVE
SUBDECANO DE LA FIEC

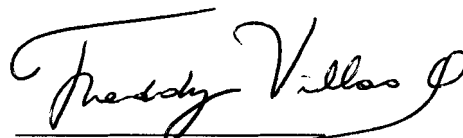


ING. WASHINGTON MEDINA
DIRECTOR DE TESIS



CIB - ESPOE

ING. CESAR YEPEZ
VOCAL

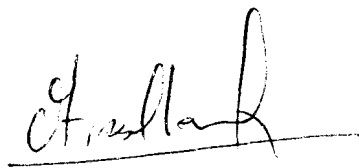


DR. FREDDY VILLAO
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Freddy Omar Llerena Villa

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla el Diseño de un Sistema de Comunicaciones Interiores para los Submarinos de la Armada del Ecuador; a fin de reemplazar a los sistemas marca Philips que actualmente disponen éstas unidades, por encontrarse discontinuados y con falta de repuestos.

Primeramente, se hace un enfoque del submarino y de las comunicaciones interiores en el mismo, luego se presenta un marco teórico de asuntos concernientes al tema, todo esto para definir los requerimientos del usuario y los alcances del proyecto.

Luego, se presenta el diseño propuesto, se describen los circuitos electrónicos y digitales utilizados, la integración de los mismos, y, finalmente, se realizan las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

INDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| RESUMEN..... | VI |
| INDICE GENERAL..... | VII |
| ABREVIATURAS..... | XI |
| INDICE DE FIGURAS..... | XIII |
| INDICE DE TABLAS..... | XVI |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| 1. EL SUBMARINO U-209..... | 3 |
| 1.1. Características de los submarinos..... | 4 |
| 1.2. Empleo de submarinos..... | 5 |
| 1.3. Datos técnicos..... | 6 |
| 1.4. Construcción del submarino..... | 6 |
| 1.4.1. Compartimentos interiores..... | 7 |
| 1.5. Comunicaciones interiores en el submarino..... | 10 |
| 2. CONSIDERACIONES GENERALES Y ESPECIFICAS PARA SISTEMAS DE COMUNICACIONES INTERIORES..... | 17 |
| 2.1. Definiciones..... | 17 |
| 2.2. Clasificación de los sistemas..... | 24 |
| 2.3. Requerimientos generales..... | 26 |



| | |
|--|----|
| 2.4. Requerimientos de instalación..... | 26 |
| 2.5. Características generales de las alarmas..... | 28 |
| 2.6. Precauciones de seguridad..... | 29 |
| 2.7. Instrucciones generales de mantenimiento..... | 31 |
| 2.8. Requerimientos de las fuentes de alimentación..... | 32 |
| 2.8.1. Tolerancias de las tensiones continuas..... | 35 |
| 2.8.2. Tensiones alternas superpuestas..... | 37 |
| 2.8.3. Filtros..... | 39 |
| 2.8.4. Ubicación de las fuentes de alimentación..... | 41 |
| 2.9. Teoría de micrófonos y parlantes..... | 42 |
| 2.9.1. Transductores básicos..... | 42 |
| 2.9.2. Características direccionales. Patrones básicos de los micrófonos..... | 42 |
| 2.9.3. Sensibilidad..... | 48 |
| 2.9.4. Fidelidad..... | 48 |
| 2.9.5. Profundidad de campo..... | 49 |
| 2.9.6. Micrófonos de carbón..... | 49 |
| 2.9.7. Micrófonos piezoeléctricos..... | 52 |
| 2.9.8. Micrófonos dinámicos(bobina móvil)..... | 53 |
| 2.9.9. Micrófono de cinta..... | 55 |
| 2.9.10. Micrófono capacitor (condensador)..... | 57 |
| 2.9.11. Micrófono electret..... | 59 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 2.9.12. | Sistemas de altavoces y cajas acústicas..... | 61 |
| 2.9.13. | El altavoz..... | 62 |
| 2.9.14. | El altavoz electrodinámico..... | 63 |
| 2.10. | Medios de transmisión..... | 67 |
| 2.10.1. | El par trenzado..... | 67 |
| 2.10.2. | El cable coaxial..... | 70 |
| 2.10.3. | Fibra óptica..... | 72 |
| 3. | DISEÑO DEL SISTEMA..... | 78 |
| 3.1. | Especificaciones técnicas..... | 80 |
| 3.2. | Descripción de operación..... | 82 |
| 3.3. | Curva de respuesta de frecuencia..... | 100 |
| 4. | DISEÑO DEL SISTEMA DE ALARMAS AUTOMATICAS..... | 102 |
| 4.1. | Descripción general..... | 103 |
| 4.2. | Descripción específica..... | 105 |
| 4.3. | Cálculos..... | 109 |
| 5. | DISEÑO DEL CONTROL DE ALARMAS DE EMERGENCIA..... | 113 |
| 5.1. | Descripción general..... | 114 |
| 5.2. | Descripción específica..... | 115 |
| 5.3. | Cálculos..... | 118 |

| | |
|---|-----|
| 6. INTEGRACION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA..... | 120 |
| 6.1. Integración de las alarmas automáticas con el sistema de comunicaciones interiores..... | 120 |
| 6.2. Estaciones del puente y del hombre rana..... | 123 |
| 6.3. Accesorios..... | 126 |
| 6.4. Conexión entre estaciones..... | 128 |
| 6.5. Diseño físico y ubicación de las estaciones..... | 130 |
| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 132 |
| 7.1. Conclusiones..... | 132 |
| 7.2. Recomendaciones..... | 133 |
| ANEXOS..... | 135 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 155 |

ABREVIATURAS

| | |
|------------------|--|
| C.I.C. | Centro de Información y Combate |
| CME | Contra Medidas Electrónicas |
| PLC | Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) |
| Hz | Hertz |
| s | Segundos |
| Pa | Pascal |
| RPM | Revoluciones por minuto |
| CD | Corriente Directa |
| Tons | Toneladas |
| m ³ | Metros cúbicos |
| W | Wattios |
| PTT | Push to Talk |
| dB | Decibelios |
| VAC | Voltios Corriente Alterna |
| VDC | Voltios Corriente Directa |
| C | Capacitor |
| V _{p-p} | Voltios pico a pico |
| Ω | Ohmios |
| R | Resistencia |
| Z | Impedancia |

K Kilo (10^3)

Oz Onzas

F Faradios

μ Micro (10^{-6})

P Presión

δ Densidad

g Gravedad

h Altura

n Nano (10^{-9})

INDICE DE FIGURAS

| | Pág. | |
|-----------|--|----|
| Fig. 1.1 | Ubicación de las estaciones del Sistema 7MC | 12 |
| Fig. 2.1 | Funciones de las clases básicas de convertidores | 35 |
| Fig. 2.2 | Filtrado de la tensión continua de salida de un rectificador | 40 |
| Fig. 2.3 | Patrón omnidireccional | 44 |
| Fig. 2.4 | Patrón bidireccional | 45 |
| Fig. 2.5 | Patrón cardioide | 46 |
| Fig. 2.6 | Patrón supercardioide | 46 |
| Fig. 2.7 | Patrón hipercardioide | 46 |
| Fig. 2.8 | Sumario de micrófonos de primer orden | 47 |
| Fig. 2.9 | Micrófono de carbón | 50 |
| Fig. 2.10 | Respuesta del micrófono de carbón | 51 |
| Fig. 2.11 | Micrófono piezoeléctrico | 52 |
| Fig. 2.12 | Respuesta de frecuencia de un micrófono piezoeléctrico | 52 |
| Fig. 2.13 | Esquema de un micrófono dinámico | 54 |
| Fig. 2.14 | Micrófono dinámico | 55 |
| Fig. 2.15 | Micrófono de cinta (Ribbon) | 56 |
| Fig. 2.16 | Respuesta frontal de un micrófono de cinta | 56 |
| Fig. 2.17 | Respuesta lateral de un micrófono de cinta | 57 |
| Fig. 2.18 | Micrófono capacitivo | 59 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Fig. 2.19 | Micrófono electret | 60 |
| Fig. 2.20 | Altoparlante electrodinámico con múltiples frecuencias de rango completo | 63 |
| Fig. 2.21 | Corte de un altavoz electrodinámico | 64 |
| Fig. 2.22 | Cortocircuito acústico de un altavoz | 65 |
| Fig. 2.23 | Par trenzado | 68 |
| Fig. 2.24 | Cable coaxial | 71 |
| Fig. 2.25 | Fibra óptica | 73 |
| Fig. 3.1 | Primera etapa de preamplificación de micrófono | 87 |
| Fig. 3.2 | Circuito AC equivalente de la red de la Fig. 3.1 | 89 |
| Fig. 3.3 | Circuito para definición de Z_o | 91 |
| Fig.3.4 | Etapla amplificadora con el LM301 | 94 |
| Fig. 4.1 | Diagrama de Bloques del Sistema de Alarmas | 104 |
| Fig. 4.2 | Diagrama de tiempos para AI1 | 106 |
| Fig. 4.3 | Diagrama de tiempos para AI2 | 106 |
| Fig. 4.4 | Diagrama de tiempos para AI3 | 106 |
| Fig. 4.5 | Diagrama de tiempos para AI4 | 107 |
| Fig. 4.6 | Diagrama de tiempos para AI5 | 107 |
| Fig. 4.7 | Configuración para generar señales de onda cuadrada | 109 |
| Fig. 5.1 | Diagrama de Bloques del Control de Alarmas de Emergencia | 114 |
| Fig. 5.2 | Diagrama ASM del Control de Alarmas de Emergencia | 117 |

| | | |
|----------|--|-----|
| Fig. 6.1 | Interconexiones entre la tarjeta de alarmas y la tarjeta intercomunicadora | 123 |
| Fig. 6.2 | Diagrama del Stuffing | 126 |
| Fig. 6.3 | Esquema del PTT en el cable de la cuffia | 128 |
| Fig. 6.4 | Esquema de conexión entre estaciones | 130 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|----------|---|-----|
| Tabla I | Circuitos de Comunicaciones Interiores | 152 |
| Tabla II | Valores para la Respuesta de Frecuencia del LM384 | 153 |

INTRODUCCION

La ARMADA DEL ECUADOR, dentro de sus órganos operativos, posee un Escuadrón de Submarinos, con unidades de fabricación alemana "U-209".

A continuación se presenta el desarrollo del diseño de un sistema de comunicaciones interiores, que pueda reemplazar al sistema que actualmente tiene el submarino, éste es el sistema 7MC y el sistema 1MC.

El sistema 7MC y 1MC, cumple con los requerimientos necesarios que permitirán al submarino cumplir su misión, tanto en puerto como en la mar, sin embargo, pese a ser sistemas de gran calidad, por su durabilidad, el poco mantenimiento y reparación que han demandado, está llegando el momento en que se requiere una renovación, debido a que algunas partes de los equipos se están deteriorando, principalmente en las estaciones del puente y del hombre rana, y, ya no se producen repuestos para este sistema.

Cabe indicar también, que la Armada del Ecuador, ya realizó un concurso de ofertas, para adquirir un nuevo sistema de comunicaciones interiores, sin embargo, todas las propuestas han sido rechazadas, por falta de recursos económicos, y, porque los sistemas presentados resultan sobredimensionados, y, demasiado complejos para nuestras unidades.

Nuestro sistema, cumplirá básicamente con las mismas funciones del sistema anterior, adicionalmente se automatizarán e integrarán las alarmas que se generan en el buque para los zafarranchos, y, finalmente, se aprovechará un PLC ya instalado, a fin de emitir señales visuales y sonoras que permitan mejorar la seguridad de la unidad.

Para desarrollar este proyecto, primeramente, se hace un estudio y análisis del sistema instalado, se presentan los requerimientos que todo sistema de comunicaciones interiores debe poseer, y, un marco teórico de temas importantes para el diseño, como son las fuentes de alimentación, los medios de transmisión, y, las características de los micrófonos y parlantes.

En la fase de diseño, se describe la operación de los circuitos electrónicos y digitales utilizados, se realizan los cálculos teóricos y se los compara con los datos experimentales obtenidos. Luego se integran las partes del sistema, y, se realiza el diseño físico de las estaciones. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

CAPITULO I

EL SUBMARINO U-209

El submarino es una nave diseñada para desplazarse bajo la superficie del mar, con autonomía y poder propios. Construido esencialmente con fines bélicos, explotando su movilidad y ocultamiento puede destruir fuerzas enemigas de mayor capacidad. En la actualidad este buque puede permanecer largos periodos sumergido y puede salir a superficie para navegar en sus salidas o entradas a puerto.

El submarino alemán tipo U-209, es un buque convencional de gran aceptación, su propulsión es eléctrica por energía acumulada en las baterías que entregan alimentación para el motor eléctrico, para todos los circuitos básicos de control y a los sistemas auxiliares como iluminación, compresores, hidráulica, etc.



1.1 Características de los submarinos

En forma general se puede considerar que los submarinos modernos poseen ciertas características comunes que tienen gran incidencia en su empleo táctico, estas características son: maniobrabilidad, ubicuidad u ocultamiento, movilidad y autonomía en la mar.

a. Maniobrabilidad

Es la capacidad para evolucionar en el mar, la facilidad con que cambia de profundidad, la rapidez con que reacciona a los cambios de rumbo y de velocidad.

b. Ubiquidad u ocultamiento

Dada por su operación en inmersión, su capacidad de escoger la profundidad más apropiada, el bajo nivel de ruidos que produce y los sistemas de abordaje que lo posibilitan llegar a áreas críticas y actuar en ellas sin ser detectado, aprovechando la irregularidad en la propagación del sonido, debido a la presencia de la TERMOCLINA.

c. Movilidad

Referida a la capacidad de trasladarse a áreas de operaciones distantes, a la libertad de acción que posee, a la flexibilidad con que puede ser empleado.

d. Autonomía en la mar

Dada por la habilidad de mantener largas patrullas en la mar con cierta relativa independencia de apoyo logístico inmediato, salvo casos de fuerza mayor.

1.2 Empleo de Submarinos

Las acciones en que pueden emplearse los submarinos son las siguientes:

- a. Operaciones contra buques de superficie
- b. Operaciones contra submarinos
- c. Operaciones de minado
- d. Operaciones especiales:
 - Reconocimiento
 - Desembarco de personal
 - Búsqueda y rescate
 - Guiado de aeronaves
 - Apoyo a operaciones anfibias
 - Incursiones de sabotaje

1.3 Datos Técnicos

Dimensiones Principales

| | |
|------------------------------|---------------------|
| Eslora total | 59.32 m. |
| Manga máxima | 6.246 m. |
| Calado medio | 5.2 m. Aprox. |
| Desplazamiento estándar | 1100 Tons. Aprox. |
| Desplazamiento en superficie | 1265 m ³ |
| Desplazamiento en Inmersión | 1396 m ³ |

Planta de Propulsión

| | |
|---------------------|--------------------------|
| 4 Generadores | 420 KW, c/u a 1500 RPM |
| Motor de Propulsión | CD Doble armadura |
| Baterías | 4, con 120 elementos c/u |

1.4 Construcción del Submarino

El submarino está formado de un casco de presión que consiste de una parte cilíndrica central y dos cónicas en los extremos; su diseño se ha hecho para que pueda soportar las altas presiones externas, además de tener características hidrodinámicas.

El interior del casco de presión, las planchas superiores de los tanques de combustible en el área de las máquinas diesel, y, las bases de las mismas están recubiertas de un revestimiento antiruido.

En la sala del C.I.C. el piso está revestido con un material antiruido y el sector del tablero principal de distribución está construido de material aislante.

Además del casco de presión, el submarino está formado por la superestructura de la vela, ésta es de libre inundación y de forma hidrodinámica, desde aquí se gobierna la navegación cuando el submarino está en superficie. La cámara de hombres rana ubicada en la superestructura de la vela permite el paso directo hacia el puente, se cierra de forma estanca, por arriba mediante la escotilla principal, y por abajo, mediante la escotilla baja; además, es resistente a la presión.

1.4.1 Compartimentos Interiores

En el casco resistente está el compartimento de máquinas, el puesto central, el C.I.C., el compartimento de torpedos, y, las áreas de habitabilidad.

a) Compartimento de máquinas.-

En el compartimento de máquinas va instalada elásticamente la planta completa de propulsión con los correspondientes motores auxiliares, planta hidráulica, planta de aire acondicionado, evaporador de agua, ventilador de baterías, los convertidores, y, los compresores de aire.

Todos los equipos para la propulsión van montados sobre bases con amortiguadores de vibración, igual que las tuberías hidráulicas, que van recubiertas adicionalmente con un material antiacústico.

Las planchas del casco resistente, la parte superior de los tanques y las bases en las zonas de las máquinas diesel están recubiertas con material antiacústico para conseguir una amortiguación adicional de los ruidos.

b) El puesto central.-

El puesto central está separado del compartimento de máquinas y del C.I.C. mediante mamparos. El mamparo de separación con el compartimento de máquinas se ha fabricado con material aislante de ruidos. En el puesto

central se encuentran los sistemas y equipos para el control de propulsión y maniobrabilidad del submarino.

c) Centro de Información de Combate (CIC).-

En el compartimento del C.I.C. se encuentran los sistemas de comunicaciones, sistemas de navegación y detección, los mástiles para el radar, snorkel con CME, periscopio de ataque, periscopio de observación, antenas de comunicaciones exteriores y antena retráctil.

En general desde aquí se opera el control táctico del submarino.

d) Areas de habitabilidad.-

Esta zona incluye la cámara de oficiales, camarotes, cocina, baños; se encuentra entre el C.I.C. y el compartimento de torpedos. Esta zona está aislada para impedir la formación de humedad y está subdividida mediante mamparos, algunos de los cuales son rebatibles para permitir la maniobra interior de cargado de torpedos.

e) Compartimento de torpedos.-

Este compartimento se encuentra en la proa de la unidad, aquí se encuentran los tubos lanza torpedos, pero al mismo tiempo, ésta área fue diseñada de tal forma que es comedor de personal durante la navegación.

1.5 COMUNICACIONES INTERIORES EN EL SUBMARINO

Los submarinos U-209 de la Armada del Ecuador, poseen el sistema 7MC para comunicaciones interiores operativas y 1MC para comunicaciones administrativas (anunciador general). Ambos sistemas son de fabricación alemana e incorporados a las unidades desde su construcción. Por otro lado, dispone de un sistema limitado y manual de alarmas, independiente de los dos anteriores.

a) El sistema 7MC

El fabricante de este sistema es la Philips GmbH y consta de las siguientes unidades:

01 Unidad de encendido y alimentación LBD 1827

09 Estaciones de llamada LBD 3372

02 Cajas de Unión LBD 1831

Además cuenta con los accesorios respectivos como son: micrófono de mano, micrófono de cuello de ganso, audífonos, micrófono de mano/parlante para conexión en la cámara de hombres rana y para el puente, y, PTT operados con el pie.

En la Figura 1.1 se representan la ubicación de las estaciones del sistema 7MC.

Las unidades del sistema 7MC son construidas de materiales antimagnéticos para tratar de reducir la detección del enemigo y las influencias del girocompás. Los circuitos electrónicos del sistema han sido construidos para reducir pérdidas por campos inductivos.

Para proteger a las unidades de la corrosión causada por la humedad y la sal contenida en el aire, éstas se encuentran ubicadas dentro de carcazas herméticas.

Los contactos a tierra de las cajas reducen el campo inductivo y además en la instalación general del sistema se utilizó únicamente cable naval standard.

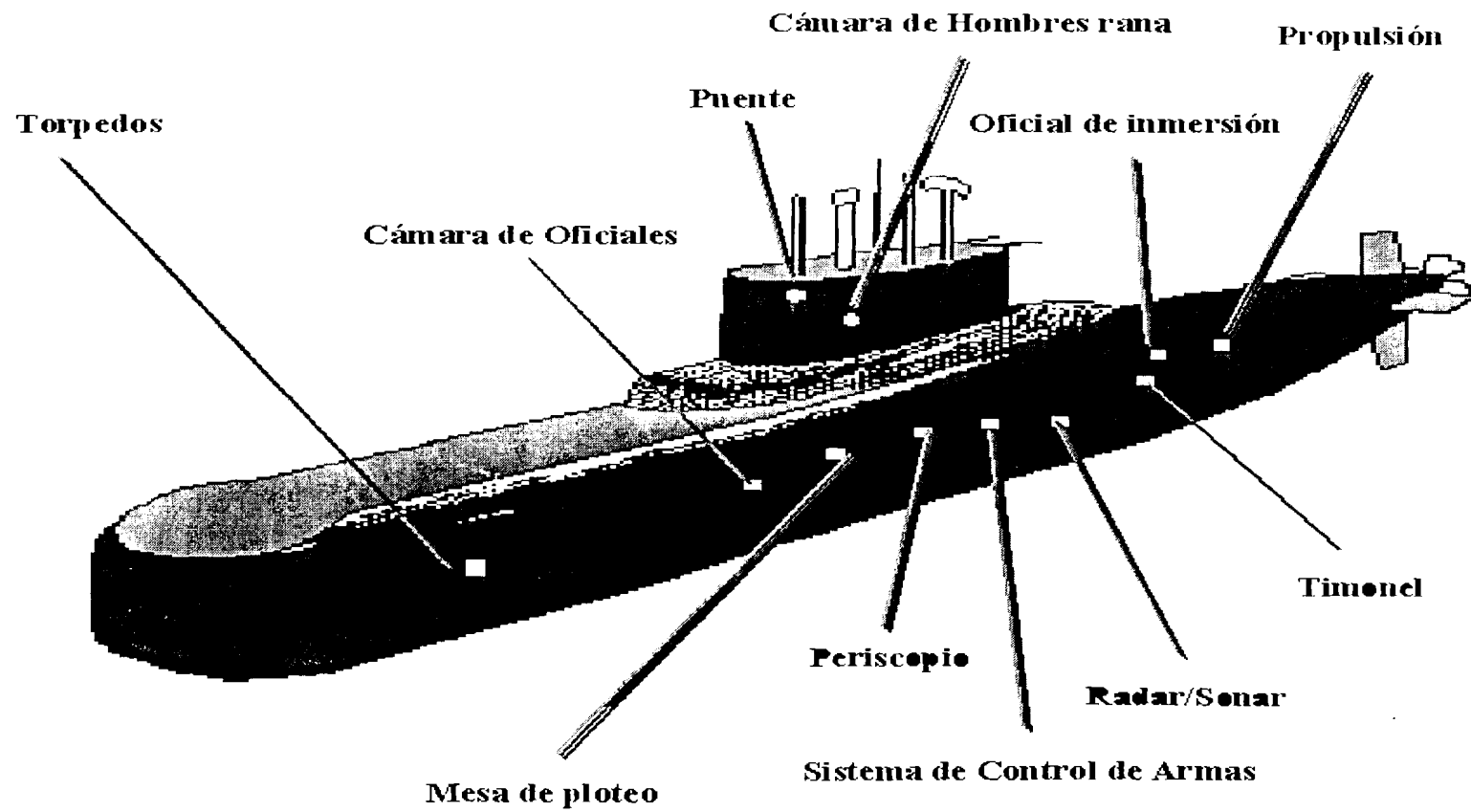


Fig. 1.1 Ubicación de las estaciones del sistema 7MC

La unidad de encendido y alimentación se encuentra ubicada en el pasillo central a la altura de la cocina; consta de dos secciones (superior e inferior), cuyas interconexiones eléctricas son fáciles de conectar y desconectar. 115 VAC son aplicados a ciertos terminales de una regleta de conexión multipines, luego en esta unidad son reducidos y rectificadas a $24 \text{ VDC} \pm 4$ y 18.5 VDC estabilizados, que son entregados a las estaciones de llamada.

Este sistema tiene tres canales, con los cuales se puede conformar las redes que se desee, colocando cada estación en el canal correspondiente.

b) El sistema 1MC

El fabricante del sistema 1MC de los submarinos es la Fa. Siemens AG, y consta de las siguientes unidades:

- Unidad gabinete
- Amplificador "Telewatt"
- Radio Transistor "Satellit 2000"
- Grabador de cassettes
- Fuente de alimentación y estabilizador
- Parientes y micrófonos

Este sistema ha sido diseñado para la radiodifusión de mensajes administrativos (anunciador general), además de radiodifusión de programas de radio por medio del reproductor de cassettes; la potencia de salida del amplificador es de 60 W RMS.

Actualmente este sistema no tiene operativo esta función de música ambiental; además el sistema no es sectorizable y es totalmente independiente del sistema 7MC y de las alarmas.

c) Sistema de alarmas

En el submarino se ejecutan señales de alarma, para operaciones de zafarrancho general de combate, repetido general, zafarrancho de colisión, de hombre al agua y de cloro; para esto timbres y zumbadores, están colocados en el C.I.C., en el puesto central, en torpedos, en máquinas y áreas de habitabilidad. Para accionar las alarmas existen pulsadores en el C.I.C. y en torpedos.

d) Uso de los sistemas

El sistema 7MC y el 1MC cumplen una función muy importante en el zafarrancho de inmersión, primeramente se establece comunicación entre el oficial de inmersión, quien reporta al oficial

de mando (ubicado en exteriores), cuando la unidad está lista para la inmersión, posteriormente el oficial de mando reportará al señor Segundo Comandante, submarino listo para inmersión (presión, profundidad del área, rumbo de seguridad, capacidad remanente de baterías, mensaje de inmersión), a su vez el Segundo Comandante repite el mensaje para el Señor Comandante (todo esto por el 7MC). El Señor Comandante en el momento adecuado, mandará “ocupar puestos de inmersión” por el 1MC, el personal ocupa sus puestos y reportan por el 7MC: “Torpedos cubiertos para inmersión”, “C.I.C. cubierto para inmersión” “Central y Máquinas cubiertas para inmersión”, en este momento el submarino se encuentra en una fase crítica, en donde se realizan algunas comunicaciones entre el C.I.C. y Propulsión, algunas de las órdenes impartidas por el 7MC tendrán que ser repetidas a viva voz por todo el personal.

En una navegación tranquila el 7MC se utiliza para mensajes entre C.I.C. – Central, para llevar la navegación, y mensajes administrativos de control de sentinas, válvulas de casco, trinca y estiba, soplado de basura, soplado de sanitario, además de otros mensajes que son importantes para mantener la seguridad de la unidad.

La estación de llamada de la cámara de hombres rana es importante para la maniobra de eyección de buzos, aunque en la actualidad no se la utiliza y la comunicación se la realiza en base a golpes en el casco.

En el zafarrancho general de combate, no se utiliza ni el sistema 7MC, ni el sistema 1MC, por cuanto en esta situación el submarino debe ser lo más silencioso posible, en su lugar se utiliza un sistema de comunicaciones autoexitado.

En base a este análisis, se puede decir que, el sistema 7MC, es muy funcional para lo requerimientos del submarino, las estaciones están tácticamente ubicadas, posiblemente, hay demasiadas estaciones en el C.I.C., y hace falta una estación en máquinas, por cuanto desde ahí se podría reportar una emergencia en máquinas con mayor rapidez.

CAPITULO II

CONSIDERACIONES GENERALES Y ESPECIFICAS PARA SISTEMAS DE COMUNICACIONES INTERIORES

2.1 DEFINICIONES

Comunicaciones interiores.- Incluyen todos los medios de transmitir y recibir órdenes e información dentro del buque. Es un medio por el cual el comando dentro de un buque es ejercido.

En nuestro caso, nos circunscribimos a comunicaciones interiores en lo referente a anunciamiento, transmisión y recepción de órdenes, y, a las alarmas.

Los sistemas de anunciamiento e intercomunicación a bordo de un buque tienen el propósito general de transmitir órdenes e información entre las estaciones dentro del buque por medio de comunicación de voz directa y amplificada. Esta función se ejecuta de dos formas:

- a. *Sistema amplificador central.*- Cuando el sistema es diseñado principalmente para radiodifusión de órdenes o información a un número de estaciones simultáneamente, en este caso es empleado un amplificador central.
- b. *Sistema intercomunicador.*- Cuando el sistema es diseñado principalmente para proveer transmisión de órdenes e información en dos vías, son utilizadas unidades intercomunicadoras cada una de las cuales contiene su propio amplificador.

Ruido.- Sonidos no deseados generados por los componentes del buque tales como maquinaria, equipos, sistemas o estructura; además por interferencia electromagnética que se mezcla con la portadora disminuyendo la nitidez de la señal de audio.

Distorsión.- La misión de un amplificador es aumentar el nivel de una señal con la mínima distorsión, entendiéndose por *distorsión*, la deformación que experimenta la señal de salida con respecto a la señal de entrada. Un amplificador sin distorsión sería capaz de reproducir exactamente cualquier forma de señal aplicada a la entrada, pero en la práctica esto es imposible, ya que normalmente no amplifica todas las frecuencias en el mismo grado, ni admite una amplitud de entrada

ilimitada sin deformarla, y además los elementos semiconductores utilizados en los amplificadores de potencia no son lineales.

Distorsión de fase.- Las componentes de una señal experimentan desplazamientos de fase distintos a medida que pasan por el amplificador, las diferencias de variación de fase entre las frecuencias componentes provocan variaciones de las amplitudes resultantes de un instante a otro. Como la señal resultante es la suma de todas las amplitudes de las componentes, queda alterada la forma original de la onda. La distorsión provocada por la variación de fase se llama *distorsión de fase*, o distorsión por retardo. Este tipo de distorsión puede reducirse cambiando la disposición de los componentes e introduciendo componentes reactivos para anular los efectos de los componentes existentes.

Distorsión de frecuencia.- Las formas de onda complejas están compuestas de la suma algebraica de muchas ondas sinusoidales simples de varias frecuencias y amplitudes. La ganancia de un amplificador no es la misma para todas las frecuencias. La respuesta en frecuencia de un amplificador no es plana, por lo tanto, si una o un grupo de frecuencias que componen la señal de entrada de un amplificador están amplificadas de distintas maneras que el resto, la señal de salida

aparecerá distorsionada respecto a la original. A este fenómeno se le denomina *distorsión de frecuencia*.

Distorsión de amplitud.- La ganancia de un amplificador no es igual para todas las amplitudes de la forma de onda de la señal de entrada, entonces, se puede originar una amplificación o un recorte desproporcionado dependiendo del valor de los distintos puntos de la amplitud de una forma de onda. La *distorsión de amplitud*, es también llamada distorsión no lineal o alineal, puesto que la ganancia no es uniforme para todas las amplitudes debido a la falta de linealidad de los componentes. Este tipo de distorsión puede definirse mediante una realimentación negativa.

Distorsión armónica.- Cuando en el amplificador se crean frecuencias múltiples o armónicas de la frecuencia correspondiente a la señal de entrada, las cuales se unen a la señal original modificando su forma de onda, entonces, tiene lugar la *distorsión armónica*. Esto se debe a que el amplificador trabaja en una parte no lineal de su característica dinámica; así, toda la variación de la señal de entrada producirá una variación de corriente a la salida, que no será directamente proporcional a la entrada, apareciendo esta distorsión.

En los amplificadores de audiofrecuencia, la distorsión armónica es muy indeseable porque produce desagradables sonidos; no obstante, es un fenómeno casi inevitable y característico de los componentes activos, por el hecho de no ser absolutamente lineales. Como en la práctica no existe ningún componente activo capaz de ofrecer una característica dinámica lineal total y absolutamente rectilínea, no habrá ningún amplificador exento de este tipo de distorsión.

Distorsión por intermodulación.- Este es un tipo especial de distorsión puesto que ocurre cuando a la entrada de un amplificador se aplican simultáneamente dos frecuencias distintas, y a la salida, además de estas dos frecuencias, aparecen otras que no están armónicamente relacionadas con ellas.

Este tipo de distorsión es muy molesta, puesto que, al aplicar a la entrada de un amplificador simultáneamente dos señales con frecuencias distintas (f_1 , f_2), aparecen a la salida de estas señales parásitas iguales a la suma y diferencia de la fundamental y de uno o dos armónicos cualesquiera, o bien de dos señales que no tienen relación armónica ($f_1 + f_2$, $f_1 - f_2$, $2f_1 - 2f_2$, etc).

Normalmente, esta clase de distorsión se suele producir cada vez que los pasos amplificadores trabajan sobrecargados o que el circuito

magnético del transformador de salida está saturado, y se evita haciendo que los transistores, y sobre todo el transformador de salida del amplificador, trabajen en la parte más lineal de su característica.

Potencia continua.- La potencia mínima de salida disponible por canal en forma constante cuando se le aplica una señal de onda continua (y generalmente simple) a la entrada del amplificador.

Ancho de banda de potencia.- Se refiere al rango de frecuencia en la cual el amplificador entrega la mitad (-3 dB) de su potencia de salida asignada, sin exceder el nivel de distorsión armónica asignado. Esta es una buena medida del desempeño del amplificador.

Respuesta de frecuencia.- Es el rango máximo de frecuencia de audio en la cual el amplificador es capaz de reproducir señales de entrada a 1 vatio de potencia de salida (aunque este nivel de salida no esté estipulado específicamente, ha sido aceptado comúnmente como un valor usado para esta medición).

Relación señal a ruido.- La relación de nivel de la señal deseada al nivel del componente de ruido no deseado cuando se entrega al nivel máximo de volumen y con los controles de tono en la posición plana.

Decibel.- Nivel de presión de sonido sobre un nivel de referencia de 0.000204 dinas/cm².

$$Db = 20 \log_{10} \frac{(nivel\ de\ presión\ medida)}{(nivel\ de\ presión\ de\ referencia)}$$



En las medidas de amplificación de audio, un decibel (dB) es la variación más pequeña del nivel de salida discernible por el oído humano.

Estación de gobierno.- Es una estación desde la cual el control de las máquinas de propulsión puede ser ejercido. Debe tener adecuada visibilidad o fuentes de información que permitan un apropiado control del buque.

Estación de gobierno primaria.- La estación desde la cual el buque es normalmente gobernado. Una estación de gobierno primaria es localizada normalmente en el lugar del piloto, el cual está completamente instrumentado y tiene adecuada visibilidad para permitir el propio control del buque. En el caso del submarino, estaciones de gobierno primarias son las estaciones de propulsión y del timonel conjuntamente con las estaciones del puente (cuando el submarino está en superficie) y del C.I.C. (cuando se encuentra en inmersión), puesto que entre dichas estaciones se dirige toda la operación de la unidad.

Estación de gobierno secundaria.- Estaciones de gobierno secundarias son todas aquellas que no están catalogadas dentro de la categoría de primarias, aunque cumplen funciones específicas importantes, no son fundamentales en la operación y gobierno de la unidad, entre estas se encuentran la estación de torpedos, del radar, del periscopio, etc.

Puede ocurrir que existan casos en los que haya necesidad o ventajas al usar las estaciones secundarias, en lugar de las estaciones primarias, durante el gobierno del buque.

2.2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS

Los sistemas de comunicaciones interiores son clasificados por importancia y por alistamiento como sigue:

Importancia.- Clasificados como vitales (V), semivitales (SV) y no vitales (NV).

Alistamiento.- Según los sistemas son:

- Clase 1, los sistemas que están energizados todo el tiempo.

- Clase 2 los sistemas que están energizados desde el comienzo de la preparación para hacerse a la mar, durante el stand by, mientras se está en la mar y hasta después de que el buque esté asegurado después de llegar a puerto.
- Sistemas Clase 3 (sistemas de batalla) son aquellos que están energizados durante situación de guardia.
- Sistemas Clase 4 son aquellos que están energizados solamente cuando son requeridos.

Los sistemas Clase 1 son esenciales para la seguridad del buque. Los sistemas Clase 2, junto con los Clase 1 son esenciales para un control satisfactorio del buque. Los sistemas Clase 3, junto con los Clase 1 y Clase 2, son esenciales para un completo control interior. Sistemas Clase 4 son sistemas de conveniencia.

La Tabla 1 (Anexo "16") incluye una lista de algunos de los circuitos de comunicaciones interiores con su clasificación según su importancia y alistamiento.

2.3 REQUERIMIENTOS GENERALES

Los equipos de comunicaciones interiores deben cumplir con métodos de instalación apropiados, el cableado con requerimientos de estanqueidad, impermeabilidad y consideraciones técnicas especiales para alcanzar niveles permisibles de interferencia de frecuencia de radio, conducida o radiada.

2.4 REQUERIMIENTOS DE INSTALACION

Los instrumentos y equipos deben ser instalados de tal manera que aseguren la máxima accesibilidad práctica y, además, la mejor visibilidad para instrumentos visuales, y, la máxima audibilidad para instrumentos que emitan señales sonoras.

Las cajas de interconexión, la instalación del cableado, el montaje de los equipos deben seguir normas de seguridad como son:

a) Cables

- El cableado de cada sistema, (excepto en sistemas tales como el L, N, 1MB y 2MB, los cuales tienen equipos terminales comunes), deben correr en cables separados y además deben usar cajas separadas de cableado.

- Cuando sea practicable, en compartimentos tales como cuartos de ploteo, estaciones de control de armas, C.I.C., timonel, cuarto de comunicaciones interiores, donde un largo número de cables terminan en una porción central, los cables deben correr bajo una falsa cubierta.

b) Equipos

- Los equipos y accesorios que están asociados a un propósito deben ser agrupados en conjunto para una fácil observación y operación. Un agrupamiento funcional de los equipos en un arreglo de consola es deseable. Sin embargo las funciones diferentes deben mantenerse distintivas, y el número de ítems sobre una misma consola debe ser limitado de tal manera que no de lugar a una confusión del personal o en una congestión de espacio en un área por el personal.
- Un operador primario (como el timonel), debe ser capaz de realizar fácilmente todos los actos de observación y operación relacionada a su función primaria desde una posición de pie o sentada.

- La alarma general, alarma de ataque químico, silbo eléctrico y controles similares deben estar ubicados en el puente en un lugar de fácil acceso, sin interferir con el timonel o el operador de máquinas.

2.5 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ALARMAS

En todos los buques y submarinos se generan una gran cantidad de alarmas y señales de advertencia para dar aviso de alguna situación especial, condición anormal o de peligro en los equipos o maquinarias.

Las alarmas forman parte de las comunicaciones interiores, y, entre las principales tenemos: la alarma de colisión, la alarma de incendio, de presión de aceite bajo en las máquinas de propulsión, de presión de aceite bajo en maquinaria auxiliar, de alta temperatura del generador, la alarma de presión de aire, alarma de alta temperatura de agua circulante, de alta temperatura, de inundación, de fuga de dióxido de carbono, alarma general y de ataque químico, de fuga de combustible, etc.

Todas las alarmas deben tener un medio para transmitir la señal ya sea acústica o visual, en unos casos por todo el buque y en otros sólo en los compartimentos necesarios.

La mayoría de los sistemas de alarmas están basados en equipos que requieren alimentación de 120 voltios A.C. una fase, 60 ciclos, a menos que el servicio del buque suministre alimentación D.C.

2.6 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Algunas precauciones de seguridad deben ser observadas por el personal que trabaja con sistemas y equipos de comunicaciones interiores. Entre ellas tenemos las siguientes:

- a. Debido al peligro de fuego, daño al material, heridas al personal; todas los trabajos de reparaciones y mantenimiento deben ser hechos solamente por las personas asignadas y autorizadas.
- b. Cuando se va a trabajar sobre un circuito eléctrico, se debe seguir el siguiente procedimiento:
 1. Asegúrese de la posición abierta de los switches de la fuente principal, o switches de corte, en cada circuito, desde los cuales el poder puede ser alimentado.
 2. Mida el voltaje de los circuitos para asegurarse de que están abiertos antes de proceder con el trabajo.

3. Añada a cada circuito una tarjeta de aviso con las lecturas, “Este circuito fue ordenado ser abierto para reparación y no debe ser cerrado excepto por orden directa de _____”
 4. En caso de que más de una parte esté involucrada en la reparación de un circuito, una tarjeta para cada parte debe ser colocada junto al switch de alimentación.
 5. Después de que el trabajo ha sido completado, la tarjeta o las tarjetas deben ser removidas por las personas que efectuaron la reparación.
-
- c. Todos los conductores eléctricos deben ser considerados en buen estado, hasta que una cuidadosa inspección pruebe lo contrario.
 - d. En puerto, cuando el servicio telefónico sea conectado a tierra, asegúrese de que los aprehensores estén apropiadamente conectados.
 - e. No deje material abandonado, éste puede causar daños o corto circuitos. Todos los espacios detrás de los paneles de comunicaciones interiores, deben tener accesibilidad y por lo tanto mantenerse claros.
 - f. No aplique material radio luminoso a bordo del buque, a menos de que sea especialmente autorizado. Tal trabajo es peligroso si no se toman precauciones especiales.

- g. Si aparatos eléctricos tipo abierto están en operación cuando la presencia de vapor explosivo es detectado, desenergice el aparato por medio de switches localizados fuera del espacio peligroso. No abra los switches hasta que todas las personas hayan aclarado del espacio peligroso.
- h. No tome partes metálicas sueltas o líquidos junto o sobre los paneles u otros aparatos eléctricos abiertos. Remueva todos metales de los bolsillos antes de estar sobre los aparatos eléctricos. No inserte artículos extraños junto a los paneles de distribución.
- i. Mantenga cerrada las cubiertas de las cajas de fusibles, cajas de unión, cajas de switches, y accesorios del cableado en general.

2.7 INSTRUCCIONES GENERALES DE MANTENIMIENTO

A continuación se presentan algunas instrucciones, precauciones y procedimientos que deben ser seguidos a fin de asegurar una operación continua de los equipos de comunicaciones interiores:

- a. El polvo, la suciedad, las pelusas o el aceite excesivo deben ser removidos de los equipos de comunicaciones interiores. Estas partículas son mejor removidas por un limpiador al vacío. Aire comprimido con baja presión puede ser usado, dado que el aire está libre de partículas extrañas y polvo.

2.8 REQUERIMIENTOS DE LAS FUENTES DE ALIMENTACION

Una parte importante integrante de todo sistema de comunicaciones es su fuente de alimentación, de cuya calidad, y, seguridad en su funcionamiento depende directamente el que todo el tráfico de comunicaciones se desarrolle sin inconvenientes.

La fuente de alimentación es el nexo entre los sistemas de comunicaciones y la red de energía eléctrica, por lo tanto se debe, no sólo adaptarse a las características de la red sino cumplir, además, con todas las exigencias de los sistemas de comunicaciones y de sus acumuladores de energía (baterías). Ello se logra convirtiendo las tensiones de la red (o del equipo que la reemplaza) en tensiones adecuadas a la alimentación de los sistemas de comunicaciones respetando, especialmente, sus exigencias en lo referente a niveles, tolerancias, pureza, etc.

Ante fallas de la red (por ejemplo cortes del suministro) o de la propia fuente de alimentación es necesario adoptar las medidas dirigidas a preservar la seguridad de servicio del equipo de comunicaciones.

Las fuentes de alimentación se diferencian por:

- La clase del sistema de alimentación

- La clase de la regulación y la técnica de los diferentes equipos, módulos e instalaciones.

He aquí importantes puntos de vista concernientes a la fuente de alimentación del equipo de comunicaciones:

- Debe mantener las respectivas tolerancias de la tensión de alimentación a los equipos cuando varía la carga entre vacío y la nominal, se producen sobrecargas instantáneas, varía la tensión de red, varía la frecuencia de red;
- Debe mantener la pureza de la tensión continua dentro de los valores establecidos por los reglamentos (o sea que no se podrán exceder los valores límite de las tensiones alternas superpuestas);
- Debe evitar, en todo lo posible, las interrupciones del suministro de energía;
- Debe poseer suficientes elementos de supervisión, protección, limitación y señalización;
- Debe ser fácilmente ampliable;
- Debe resultar rentable;
- Debe ser de reducidas dimensiones y de poco peso;
- Debe resultar fácil su montaje y mantenimiento;
- Su construcción debe ajustarse a normas VDE y DIN.

En las fuentes de alimentación de comunicaciones se emplean cuatro clases básicas de convertidores de energía eléctrica (que utilizan componentes electrónicos de potencia). Ver Fig. 2.1.

- ① Rectificadores: convierten corriente alterna en continua; la energía fluye del sistema de alterna al de continua;
- ② Convertidores continua-continua: convierten una tensión continua de determinado valor y polaridad en otra de distinto valor constante (variable), e igual (o diferente) polaridad; actualmente se los utiliza en las fuentes de alimentación para obtener tensiones parciales de la de transporte (por ejemplo 48 o 60 V).
- ③ Equipos convertidores continua-alterna (inversores): convierten corriente continua en alterna; la energía fluye del sistema de continua al de alterna.
- ④ Convertidores alterna-alterna: convierten una corriente alterna de una tensión, frecuencia y número de fases dadas en otra corriente alterna de otra tensión, y/u otra frecuencia y/u otro número de fases.

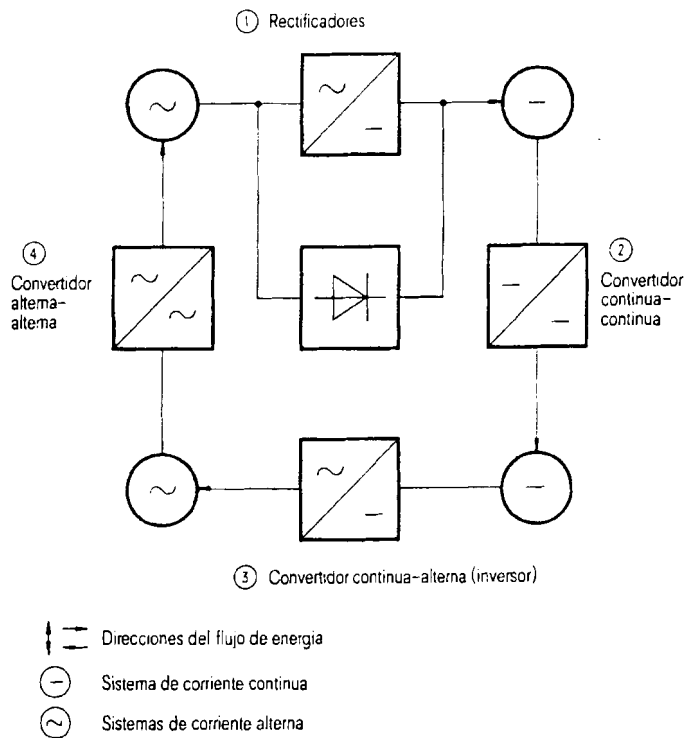


Fig. 2.1 Funciones de las clases básicas de convertidores

2.8.1 Tolerancias de las tensiones continuas

Los sistemas de comunicaciones admiten tolerancias de las tensiones de servicio. La *tensión inferior permanente admisible* se determina en base a la seguridad requerida para evitar conexiones erróneas al establecerse la comunicación y su mantenimiento. La *tensión superior permanente admisible*, la

determina el calentamiento de los componentes (relés, selectores, etc.).

La tensión límite superior no debe ser excedida ni siquiera brevemente, debido al peligro de destrucción de los componentes (en especial semiconductores).

Actualmente resulta posible mantener las tensiones continuas de salida de los equipos rectificadores dentro de tolerancias de $\leq \pm 0,5\%$; sin embargo en los modernos sistemas de comunicaciones no se requieren márgenes de tolerancia tan estrechos, salvo la batería conectada en paralelo.

Debido al comportamiento dinámico de los rectificadores ante bruscas variaciones de la carga o de la tensión de línea, resulta necesario añadir un margen de tolerancia de $\pm 4\%$.

Para el modo de funcionamiento en paralelo con disponibilidad permanente utilizando diodos reductores, debido a la caída de tensión en los diodos en función de la corriente se debe tomar una tolerancia de $\pm 2\%$ en lugar de $\pm 0,5\%$.

Cuando se alimenta al sistema por batería, la tensión de servicio es función de la curva característica de descarga de esta batería. En caso que, aún así, se requieran valores de tensión con márgenes de tolerancia más estrechos, se deberá conectar adicionalmente un circuito compensador.

Las tensiones continuas se controlan por medios de módulos de supervisión de tensión instalados en los rectificadores o en los módulos de supervisión de tensión instalados en los rectificadores o en los módulos de control de los tableros de baterías (o sus paneles de control).

Cuando los valores de la tensión de servicio llegasen a ser menores que los límites inferiores ajustados, suena una alarma, lo mismo cuando los límites superiores fuesen excedidos (p. ej. Por una falla en la regulación), en cuyo caso además se desconecta el equipo rectificador.

2.8.2 Tensiones alternas superpuestas

La tensión continua obtenida en los bornes de salida de una alimentación de corriente tiene siempre superpuesta una tensión alterna, que llega de diferentes formas a los circuitos telefónicos

de habla/escucha del sistema de telecomunicaciones. Se producen zumbidos perturbadores en función de la frecuencia de la tensión alterna superpuesta y de las características de transmisión del circuito telefónico.

Para la correcta transmisión de informaciones, además de tener una tensión continua lo más constante posible es especialmente importante su pureza. La tensión alterna superpuesta está constituida por una composición de frecuencias, siendo diferente la incidencia de cada una de éstas en la perturbación.

A fin de garantizar una calidad constante en las telecomunicaciones la CCITT (Comité Consultor Internacional para la Telegrafía y la Telefonía), ha fijado en normas internacionales la pureza de la tensión continua.

Para que la tensión de ruido dentro del sistema no exceda los 0,2 mV, la máxima tensión perturbadora admisible en los bornes de salida de la alimentación de los diferentes sistemas de comunicaciones debe ser reducida a 0,5 mV.

A la tensión continua (valor medio aritmético) se halla superpuesta una tensión alterna integrada por componentes senoidales de diferentes frecuencias $v \cdot f$,

Siendo:

v = número de orden de la respectiva armónica

f = frecuencia

2.8.3 Filtros

Se requieren filtros (en particular filtros pasabajos) para obtener las tensiones continuas de salida de los rectificadores con la pureza requerida. Un filtro provee una atenuación en función de la frecuencia. La atenuación es reducida a bajas frecuencias (banda pasante); al aumentar la frecuencia, se incrementa proporcionalmente la atenuación (banda suprimida o atenuada).

Las variaciones debidas a picos de carga de la tensión continua de salida se pueden amortiguar dentro de ciertos límites, por el efecto de almacenamiento de un filtro, en especial con grandes valores de capacidad.

En general, a los rectificadores monofásicos se los equipa con un filtro pasabajos. En cambio, los trifásicos, dado que de ellos se

pueden obtener en general mayores potencias, se los equipa p. ej., con dos filtros.

En la figura 2.2 se ilustra el efecto del filtrado en un esquema simplificado.

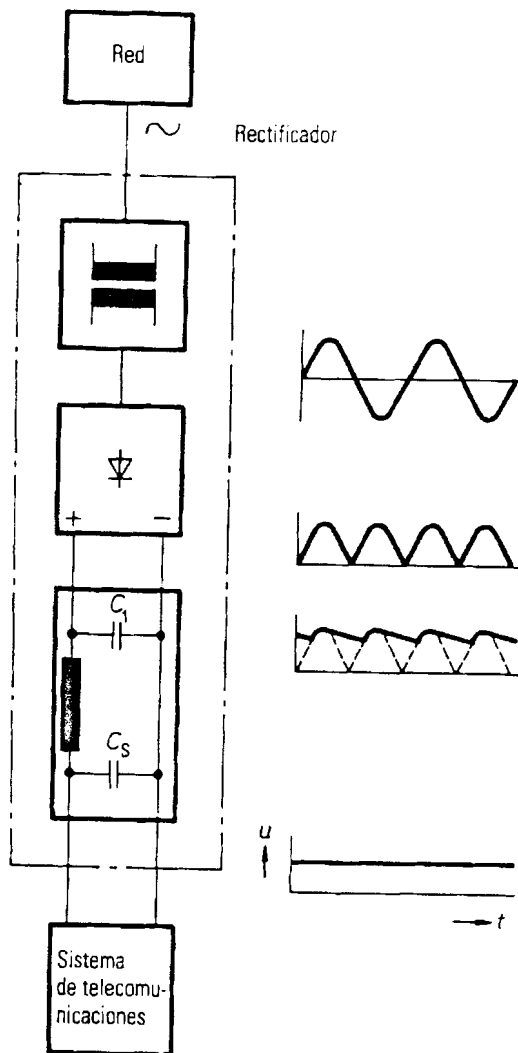


Figura 2.2 Filtrado de la tensión continua de salida de un rectificador

C1 condensador de carga

A la salida del transformador se halla disponible una tensión alterna baja (transformador reductor). El condensador de carga C_1 se halla conectado en paralelo con la salida del circuito rectificador y actúa como acumulador de energía.

Tanto el valor de la corriente de descarga como el del condensador influyen sobre el nivel de tensión continua. Si a la salida se halla conectada una carga pequeña, el condensador de carga C_1 apenas se descarga y se obtiene una tensión continua de salida. O sea que con carga reducida la ondulación es escasa, mientras que para grandes cargas este condensador entrega una gran parte de la energía acumulada, incrementándose la ondulación.

2.8.4 Ubicación de las fuentes de alimentación

La alimentación de los sistemas de comunicaciones interiores debe ser suministrada desde el panel más cercano por medio de switches protegidos con fusible.

Las estaciones que se encuentran ubicadas en compartimentos que pudiesen quedar aislados o sellados por emergencia, deben tener la posibilidad de ser energizados desde una fuente de poder localizada dentro de ese compartimento.

2.9 Teoría de micrófonos y parlantes

2.9.1 Transductores básicos

El micrófono es un “transductor” que convierte energía mecánica en energía eléctrica, por ejemplo, cuando una persona habla, produce variaciones de presión en el aire, y las moléculas de éste movimiento actúan sobre el micrófono y éste genera una señal eléctrica, generalmente débil, que puede ser amplificada, filtrada, almacenada, transmitida a distancia, etc.

Los micrófonos se pueden clasificar de acuerdo con la forma de transducción, en otras palabras, dependiendo de la forma como se transforma la señal acústica en eléctrica.

2.9.2 Características direccionales. Patrones básicos de los micrófonos

Una de las características mas importante de los micrófonos es su direccionalidad ya que, de acuerdo con cada tipo ambiente acústico o del programa a grabar, se requerirá un patrón polar distinto.

Existen tres tipos básicos de patrones: unidireccional, bidireccional y omnidireccional, aunque se pueden conseguir otros patrones combinando los tipos básicos.

La “directividad” depende de la cápsula microfónica, de las cavidades del micrófono y de la forma de la carcasa.

El diagrama de directividad es una representación geométrica de la “directividad” del micrófono, por lo general, es un diagrama polar que nos proporciona la idea de en qué direcciones se capta con mayor o menor intensidad, en relación al eje principal del micrófono.

Un micrófono muy orientable necesitara enfocarse hacia la fuente sonora para obtener una mejor captación; sin embargo, no captará el ruido procedente de otras direcciones.

La ecuación polar, en su forma general es:

$$\rho = A + B \cos\theta$$

Los valores particulares de A y B definirán el tipo de respuesta.

Por lo cual tenemos que:

- $A=1$ y $B=0$: Patrón omnidireccional. En este caso el micrófono responde solo a variaciones de presión. Fig. 2.3
- $A=0$ y $B=1$: Patrón bidireccional. En este caso se tiene que el micrófono responde solo a velocidad (o gradientes de presión). Fig.2.4
- $A=B=0.5$: Patrón del tipo cardioide. Este sistema equivale a sumar un elemento de velocidad con uno de presión. Fig.2.5
- $A= 0.375$ y $B=0.625$: Patrón supercardioide. Fig. 2.6
- $A=0.25$ y $B=0.75$: Patrón del tipo hiper-cardioide. Fig.2.7

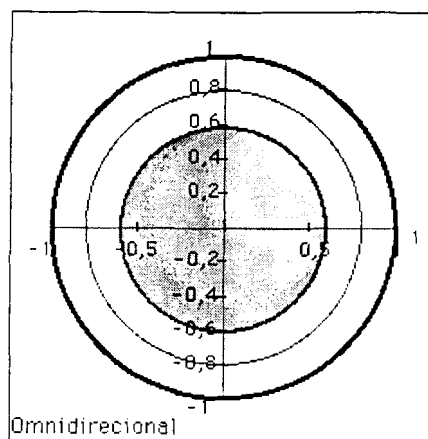


Fig. 2.3 Patrón Omnidireccional

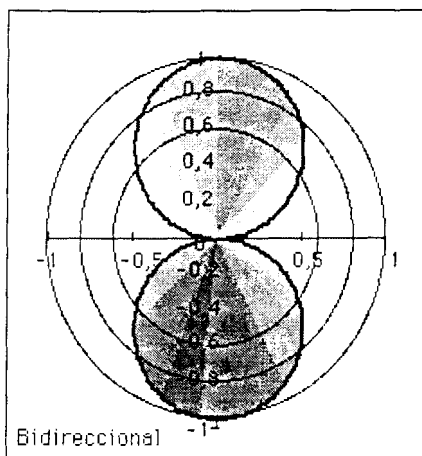


Fig.2.4 Patrón bidireccional

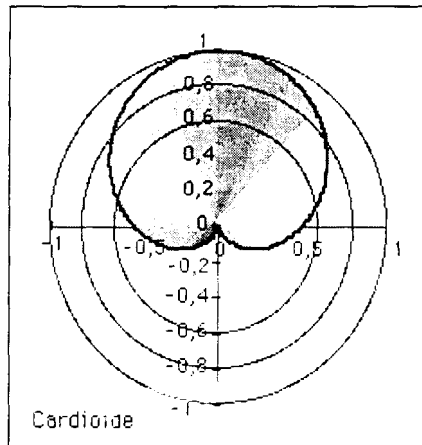


Fig. 2.5 Patrón Cardioide



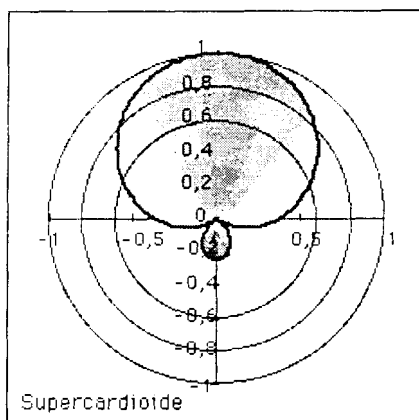


Fig. 2.6 Patrón Super Cardioide

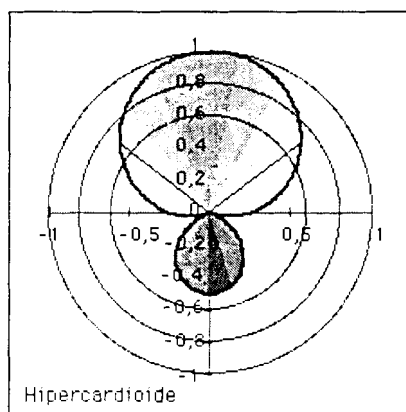


Fig. 2.7 Patrón Hiper Cardioide

Las características fundamentales de los diversos patrones se resumen en la Fig. 2.8






| Patrón polar |  |  |  |  |  |
|-----------------------------|---|---|---|---|--|
| | omni | Cardioid | Super Cardioid | Hiper Cardioid | Bi- direc. |
| Ecuación polar | 1 | $.5 + .5\cos\theta$ | $.375 + .625\cos\theta$ | $.25 + .75\cos\theta$ | $\cos\theta$ |
| Angulo de Captura con -3dB | — | 131° | 115° | 105° | 90° |
| Angulo de Captura con -6 dB | — | 180° | 156° | 141° | 120° |
| Salida relativa a 90°. dB | 0 | -6 | -8.6 | -12 | -INF. |
| Salida relativa a 180°. dB | 0 | -INF | -11.7 | -6 | 0 |
| Angulo para salida=0 | 0 | 180° | 126° | 110° | 90° |
| Factor REE dB | 0 | -4.8 | -5.7 | -6 | -4.8 |
| Factor distancia DF | 1 | 1.7 | 1.9 | 2 | 1.7. |

Fig. 2.8 Sumario de micrófonos de primer orden

En la Fig. 2.8 se define REE ("Random Energy Efficiency") como la cantidad de ruido ambiente que capta el micrófono en relación a lo que captaría un micrófono omnidireccional a la misma distancia y con la misma sensibilidad (se indica en dB). El Factor de Distancia DF se refiere a cuanto debemos alejar un micrófono para que capte la misma relación de sonido directo respecto a ruido ambiente teniendo como referencia a un micrófono omnidireccional colocado a un metro de la fuente.

2.9.3 Sensibilidad

La sensibilidad indica la capacidad de un micrófono para convertir sonidos relativamente débiles en valores de tensión apreciables a su salida.

La sensibilidad viene dada por el cociente de la tensión alterna obtenida a la salida del micrófono entre la presión acústica correspondiente aplicada sobre su membrana, se suele expresar en $\text{mV}/\mu\text{bar}$.

2.9.4 Fidelidad

Este parámetro indica la respuesta del micrófono para las distintas frecuencias dentro de la gama audible.

Generalmente, se expresa en un gráfico de respuesta en frecuencia, que representa la variación del nivel de salida en función de la frecuencia sonora aplicada. Manteniendo el nivel acústico constante para cada frecuencia de la fuente sonora, el micrófono producirá un determinado nivel de salida. Cuanto mas

plana es la curva de respuesta, mayor es la fidelidad del micrófono.

Si vamos a utilizar un micrófono para grabaciones musicales, necesitaremos uno de alta fidelidad, con lo que garantizaremos el mismo tratamiento para todas las frecuencias.

2.9.5 Profundidad de campo

La profundidad de campo marca la distancia de la fuente sonora a la que debe situarse un micrófono para obtener mejor rendimiento. No por colocar un micrófono muy cerca de la fuente sonora se obtiene necesariamente mejor funcionamiento.

2.9.6 Micrófonos de Carbón

Su principio de funcionamiento se basa en el cambio de resistencia en los granos de carbón al ser comprimidos por el diafragma, cuando éste recibe las variaciones de presión sonora.

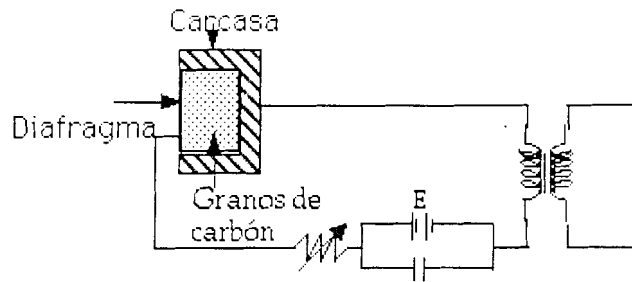


Fig. 2.9 Micrófono de carbón

La membrana del micrófono capta las ondas sonoras y está conectada mecánicamente a una de las paredes del contenedor de los gránulos de carbón. El sonido provoca el movimiento de la membrana y ésta, a su vez, mueve la pared del contenedor haciendo que los gránulos de carbón se muevan provocando variaciones de resistencia entre los terminales del micrófono al ritmo del sonido que éste capta.

Este tipo de micrófono necesita excitación exterior.

La respuesta de frecuencia de estos micrófonos no es muy buena, si pensamos en alta fidelidad, si bien en la banda de audio utilizada por un canal telefónico, 300 a 3400 Hz, tiene una respuesta muy aceptable. La mayor ventaja de este tipo de micrófonos es que proporcionan una señal de salida elevada y

puede utilizarse sin amplificación, tal como sucedía en los teléfonos más antiguos, que no utilizaban elementos electrónicos, sino que más bien eran electromecánicos.

De la curva del micrófono de carbón se deducen sus pobres características frecuenciales que han hecho posible su casi desaparición del mercado. (Excepto en teléfonos económicos).

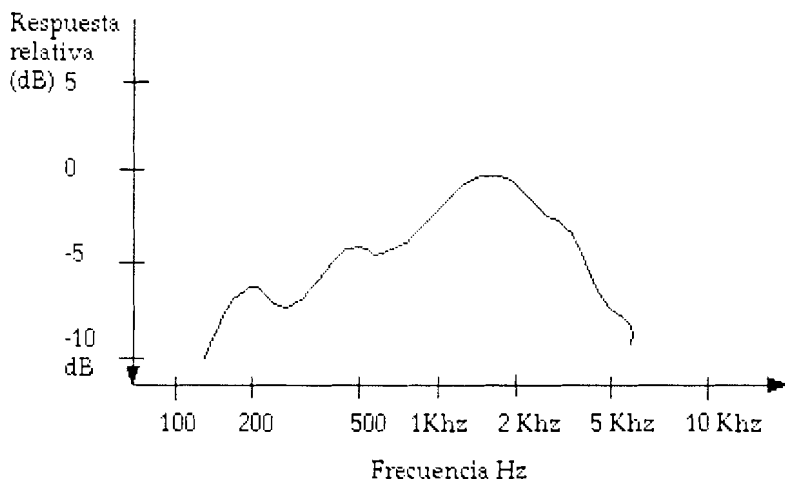


Fig. 2.10 Respuesta del Micrófono de carbón

2.9.7 Micrófonos Piezoeléctricos

Estos micrófonos se basan en la capacidad que tienen los cristales piezoeléctricos de generar cargas eléctricas al ser sometidos a presión (En griego piezein = presión). (Fig 2.11).

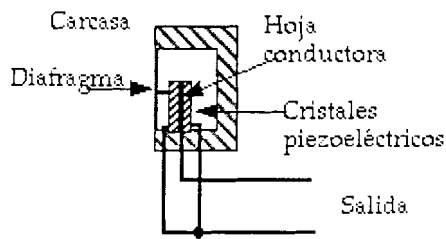


Fig. 2.11 Micrófono piezoeléctrico

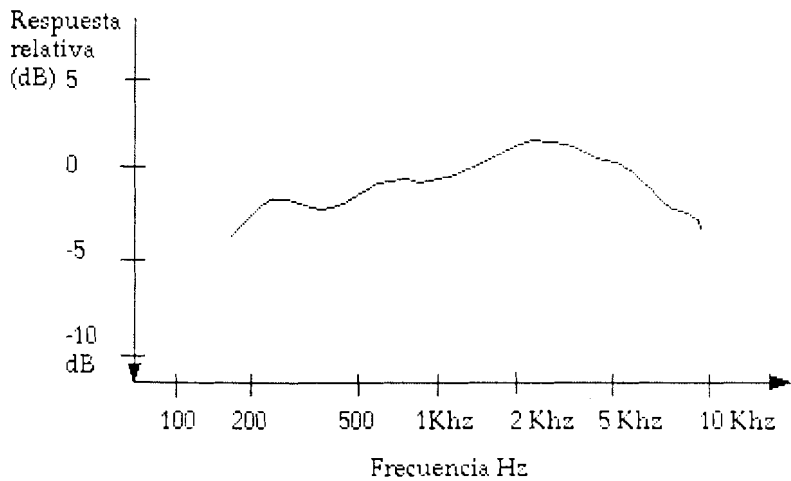


Fig. 2.12 Respuesta de frecuencia de un Micrófono piezoeléctrico

Aunque su respuesta es mejor que el micrófono de carbón, no llega a ser suficientemente bueno para grabaciones profesionales, por lo que se utiliza solo en micrófonos pequeños para voz.

2.9.8 Micrófonos Dinámicos (Bobina móvil).

Se basan en el principio de inducción electromagnética (son la versión dual de los Parlantes de bobina móvil), según el cual si un hilo conductor se mueve dentro de un campo magnético, en el conductor se inducirá un voltaje de acuerdo con:

$$e = Blv$$

donde:

e = potencial inducido, en voltios.

B = Densidad de flujo magnético, en teslas.

l = longitud del conductor, en metros.

v = velocidad del movimiento, en metros/s.

Estos micrófonos (Fig. 2.13 y 2.14), consisten en una membrana unida a una bobina que se mueve en el interior de un campo

magnético generado por un imán. La membrana puede ser de aluminio, plástico e incluso papel. La cápsula se introduce en un contenedor o carcasa para que sea más manejable, y se sujeta a la misma con algún material absorbente, por ejemplo gomaespuma, para evitar captar vibraciones y ruidos.

La sensibilidad del micrófono dinámico es inferior a la del de carbón y a la de los micrófonos de condensador. La impedancia interna es muy baja y, por tanto, pueden utilizarse cables de conexión relativamente largos.

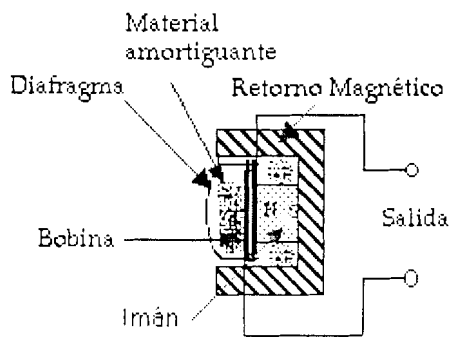


Fig 2.13 Esquema de un Micrófono dinámico

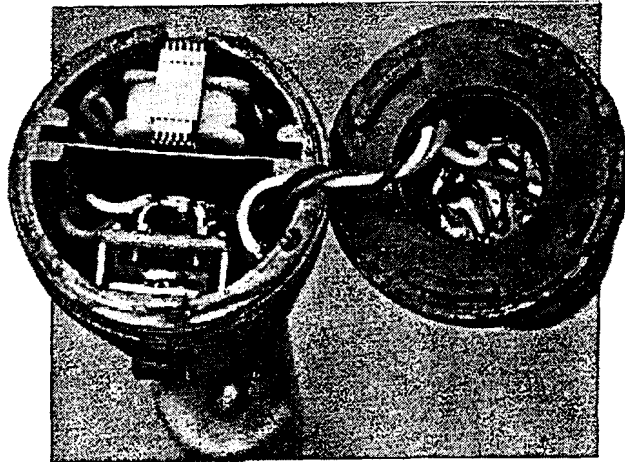


Fig 2.14 Micrófono Dinámico

Estos micrófonos tienen un margen dinámico elevado, es decir, un mismo micrófono puede captar sonidos débiles y sonidos fuertes.

Solamente son superados en características de precisión y calidad por los micrófonos de condensador, pero estos últimos son de un costo superior.

2.9.9 Micrófono de Cinta

Este tipo de micrófono también trabaja bajo el principio de inducción magnética y responde a la diferencia de presión sonora

entre los dos lados de la cinta y por eso recibe también el nombre de micrófono de gradiente de presión o de velocidad o bidireccional (Fig. 2.15).

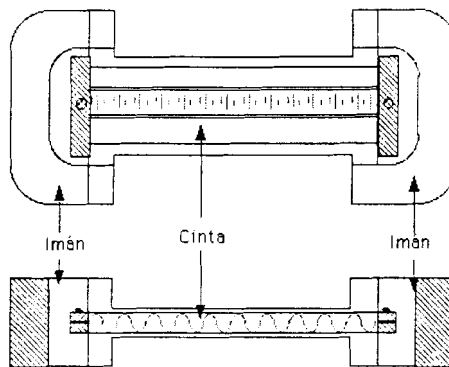


Fig 2.15 Micrófono de Cinta (Ribbon).

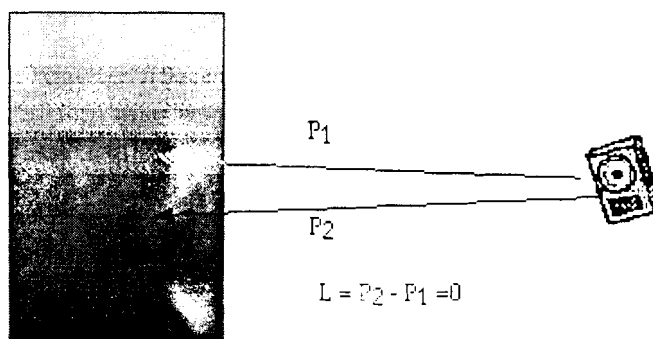


Fig. 2.16 Respuesta direccional de un micrófono de Cinta

Debido a que responde a la diferencia de presión, este micrófono tiene una respuesta polar con un máximo en el eje perpendicular a la lámina, mientras que no responde a los sonidos laterales. (Fig. 2.16 y Fig 2.17).

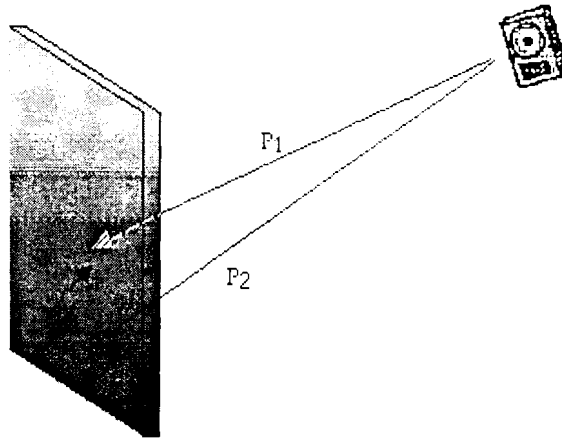


Fig. 2.17 Respuesta lateral de un micrófono de Cinta

2.9.10 Micrófono Capacitor (Condensador)

Recordemos que un condensador almacena carga cuando se le suministra un potencial eléctrico. La ecuación que describe el fenómeno es:

$$Q=CV$$

donde:

Q = carga, en coulombs.

C = capacitancia, en faradios.

V = potencial, en voltios.

En un micrófono capacitivo (Fig. 2.18) la placa posterior está fija, mientras que la otra (el diafragma) se desplaza al recibir variaciones de presión, ya que el interior del micrófono está a una presión constante igual a la presión atmosférica.

La variación de la capacitancia, al cambiar la distancia entre las placas, producirá una variación de voltaje

Este tipo de micrófono produce la mejor respuesta de frecuencia por lo cual son los más utilizados en grabaciones profesionales.

El inconveniente de este tipo de micrófonos es que necesita una polarización continua de 40 a 200 V. según el modelo. Las mesas de mezclas profesionales disponen en las conexiones de entrada de micrófono toma de polarización para este tipo de condensadores. La alimentación se realiza a través del mismo cable de conexión del micrófono.

Estas cápsulas suelen presentar una impedancia muy alta y es usual instalar un preamplificador muy próximo a la misma, que además de amplificar la señal, baje la impedancia de salida. Este preamplificador se suele alimentar con una pila de reducidas dimensiones incluida en el cuerpo del micrófono. No se debe confundir los micrófonos de condensador con los inalámbricos, que también llevan pilas, estos últimos consisten en un micrófono conectado a un pequeño transmisor de radio.

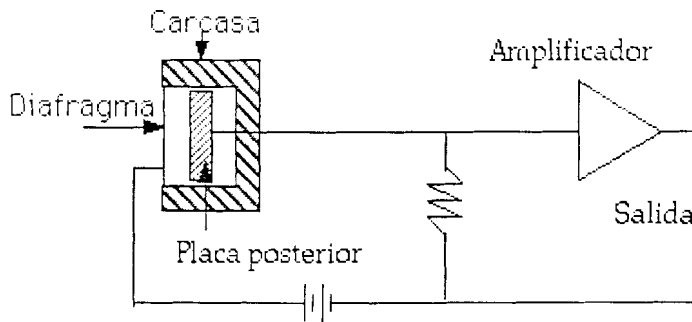


Fig 2.18 Micrófono Capacitivo.

2.9.11 Micrófono Electret

Un material Electret tiene como característica su capacidad de mantener carga sin necesidad de una fuente de polarización, por

lo cual tiene cada vez mayor popularidad por razones económicas.

El electret o electreto es un material dieléctrico polarizado que posee una carga constante separada en dos zonas. La cápsula se construye con una placa fija y otra móvil siendo esta última la membrana. La duración de la polarización es muy elevada, la respuesta de frecuencia suele ir desde los 50 Hz a los 15 KHz y aumenta ligeramente en la zona de las frecuencias medias.

Las ventajas que presenta este micrófono son: tamaño reducido, robusto, bajo costo, tiene una sensibilidad excelente, un margen dinámico bueno y una distorsión baja.

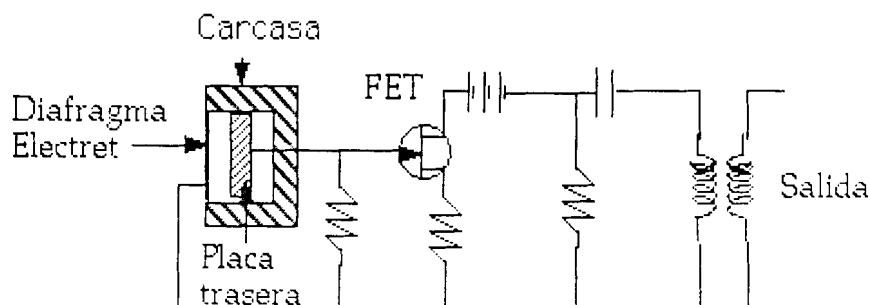


Fig. 2.19 Micrófono Electret

2.9.12 Sistemas de Altavoces y Cajas Acústicas

De todos los elementos de la cadena electroacústica, el que presenta una mayor variedad de diseño, diversidad de criterios para su evaluación y mayor fanatismo entre los adeptos a ciertas marcas o modelos es el sistema de Altavoces, esto se debe a que su función es extremadamente compleja de cumplir.

En primer lugar, debe ser capaz de reproducir la totalidad del registro auditivo, esto es, de 20 Hz a 20 KHz, lo cual se traduce en una gama de longitudes de onda que van desde 17 metros hasta 1.7 centímetros. Adicionalmente debe integrarse convenientemente con el ambiente acústico donde se encuentre, y esto puede ser desde un pequeño cuarto de 3 x 3 metros hasta una sala de conciertos.

Deberá reproducir todo tipo de música: sinfónica, barroca, rock, jazz, así como también los efectos sonoros no musicales de las películas, lo cual se traduce en niveles de presión sonora hasta de 120 dB.

No existe, hasta el momento, ningún sistema de altoparlantes con la capacidad de reproducir con fidelidad todas las condiciones indicadas en los párrafos anteriores, es por ello que el ingeniero de sonido debe seleccionar cuidadosamente el sistema de altoparlantes adecuados para cada aplicación y es por ello que existe una enorme variedad de modelos: Dinámicos, Electrostáticos, de plasma, bocinas, de cinta, etc.

2.9.13 El Altavoz

La historia del altavoz tiene más de un siglo. En 1877 Edison diseñó un aparato capaz de transcribir telegramas, y el mismo año inventó un transductor para el teléfono.

El primer transductor que utilizó fuerza electromotriz fue realizado por Graham Bell, siendo luego mejorado por Mac Lachlan. Luego se desarrollaron modelos como el termógrafo, el altavoz de arco, el condensador cantante y el de cuarzo, pero el que mas éxito ha tenido durante un siglo ha sido el altavoz electrodinámico (Fig. 2.20) y, en menor grado, el electroestático.

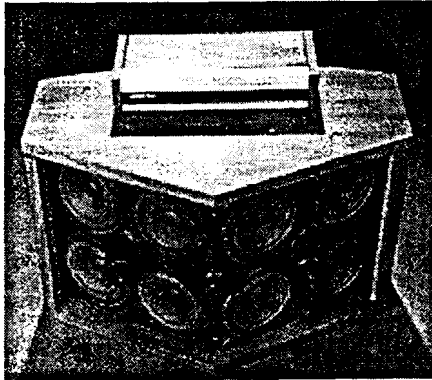


Fig. 2.20 Altoparlante Electrodinámico con múltiples componentes de rango completo.

2.9.14 El Altavoz Electrodinámico

La estructura básica de un altavoz electrodinámico es la indicada en la Fig. 2.21

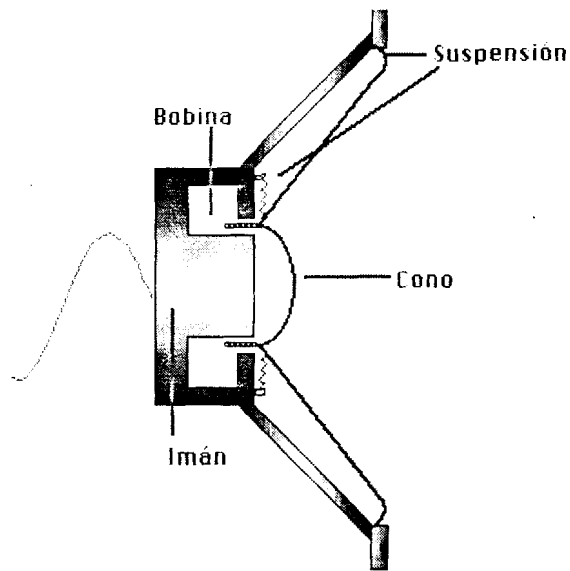


Fig. 2.21 Corte de un altavoz electrodinámico.

Donde se pueden observar las siguientes partes:

- a.- Imán permanente. Proporciona el campo magnético para el sistema Motor.
- b.- Bobina. Al circular corriente produce el efecto motor para mover el Cono.
- c.- Diafragma. Es un cono, hecho generalmente de cartón, el cual está sujetado por una suspensión en su borde más externo y posee una bobina cilíndrica en su borde más interno, la cual tiene libertad para moverse axialmente. Cuando la corriente eléctrica circula por la bobina se crea una fuerza magnetomotora la cual

actúa con el flujo magnético de la brecha, creado por un imán permanente, lo que causa un movimiento translatorio de la bobina y por lo tanto del cono al cual está sujeta.

d.- Suspensión. Permite que el cono permanezca en su posición de reposo.

La interacción de los diferentes componentes del altavoz determinan su comportamiento al conectarle una señal de audio. Sin embargo existe otro factor primordial para la generación de ondas sonoras por parte del altavoz, esto es la interacción con el aire. Este problema se ilustra en la Fig. 2.22

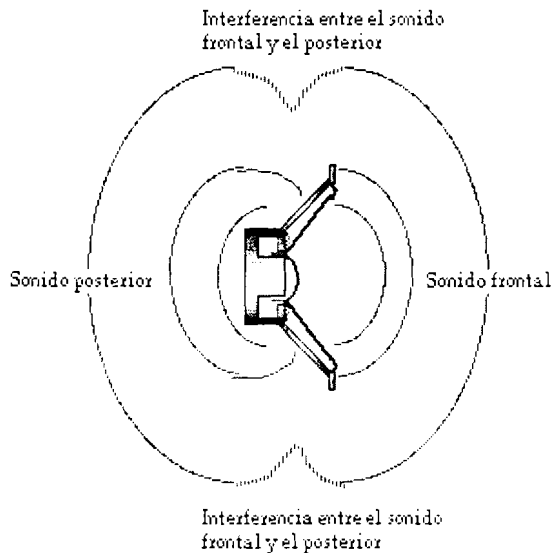


Fig. 2.22 Cortocircuito acústico de un altavoz.

Se puede observar que hacia los lados del altavoz se produce interferencia destructiva entre las ondas sonoras generadas por el frente y las generadas por la parte posterior. Este fenómeno ocurre para las longitudes de onda suficientemente grandes para que puedan bordear el altavoz, o cualquier superficie donde éste se coloque.

Para evitar este problema se puede colocar el altoparlante en un gabinete infinito. Por definición, un gabinete infinito es cualquier cosa que aisle acústicamente el lado frontal de un diafragma del lado posterior, o mejor todavía, dentro de una caja que evite la salida de las ondas acústicas posteriores.

2.10 MEDIOS DE TRANSMISION

Otro aspecto importante en la ejecución de este proyecto, es la correcta elección del medio de transmisión o del camino físico entre transmisores y receptores.

En nuestro caso, el medio de transmisión será guiado, es decir, las ondas electromagnéticas se confinan en un medio sólido. Las características y la calidad de la transmisión están determinadas tanto por el tipo de señal, como por las características del medio, en el caso de los medios guiados, el medio en si mismo es lo más importante en las limitaciones de transmisión.

A continuación haremos una descripción breve de los medios de transmisión guiados más utilizados, estos son: el par trenzado, el cable coaxial y la fibra óptica.

2.10.1 El par trenzado

El par trenzado es el medio guiado más económico, el más usado, y a la vez el mas sencillo de manejar. Sin embargo comparado con el

cable coaxial y la fibra óptica es más limitado en términos de velocidad de transmisión y de distancia máxima.

Consiste en dos cables de cobre embutidos en un aislante entrecruzado en forma de espiral. Cada par de cables constituye sólo un enlace de comunicación. Típicamente, se utilizan haces en los que se encapsulan varios pares mediante una envoltura protectora. En aplicaciones de larga distancia, la envoltura puede contener cientos de pares. El uso del trenzado tiende a reducir las interferencias electromagnéticas (diafonía) entre los pares adyacentes dentro de una misma envoltura. Para este fin, los pares adyacentes dentro de una misma envoltura protectora se trenzan con pasos de torsión diferentes. Típicamente, para enlaces de larga distancia, la longitud del trenzado varía entre 5 y 15 cm. Los conductores que forman el par tienen un grosor que varía normalmente entre 0,04 y 0,09 pulgadas.



Fig. 2.23 Par trenzado

El par trenzado (Fig. 2.23) se aplica tanto para señales analógicas como para digitales, es el medio más usado en redes de telefonía y en el establecimiento de redes de comunicación dentro de edificios.

Para señales analógicas, se necesitan amplificadores cada 5 o 6 Km.

Para señales digitales, se requieren repetidores cada 2 o 3 Km.

Este medio se caracteriza por su gran susceptibilidad a las interferencias y al ruido, por ejemplo, campos electromagnéticos exteriores, pueden afectarle negativamente. Así, un cable conductor situado en paralelo con una línea de potencia que conduzca corriente alterna se verá negativamente afectado por ésta. El ruido impulsivo también afecta a los pares trenzados.

Para reducir estos efectos negativos, es necesario tomar algunas medidas. Por ejemplo el apantallamiento del cable con una malla metálica reduce las interferencias externas. El trenzado en los cables reduce las interferencias de baja frecuencia, y el uso de distintos pasos de torsión entre pares adyacentes reduce la diafonía.

La diafonía que sufren los sistemas basados en pares trenzados es debida a la inducción que provoca un conductor en otro cercano. Por conductor debe entenderse tanto a los pares que forman el cable, como los "pines" (patillas metálicas) del conector. Esta diafonía se denomina cercana al extremo porque la energía que sale del enlace se induce en un conductor de entrada cercano al mismo extremo, es

decir, la energía de la señal transmitida se induce en el par próximo por el que se recibe.

2.9.1 Cable coaxial

El cable coaxial, al igual que el par trenzado, tiene dos conductores pero está construido de forma diferente para que pueda operar sobre un rango mayor de frecuencias. Consiste en un conductor cilíndrico externo que rodea a un cable conductor. El conductor interior se mantiene a lo largo del eje axial mediante una serie de anillos aislantes regularmente espaciados o bien mediante un material sólido dieléctrico. El conductor exterior se cubre con una cubierta o funda protectora. El cable coaxial tiene un diámetro que va de 1 a 2,5 centímetros aproximadamente. Debido al tipo de apantallamiento realizado, es decir, a la disposición concéntrica de los dos conductores, el cable coaxial es mucho menos susceptible a interferencias y diafonías que el par trenzado. Comparado con éste, el cable coaxial se puede usar para cubrir mayores distancias, así como conectar un mayor número de estaciones en una línea compartida.

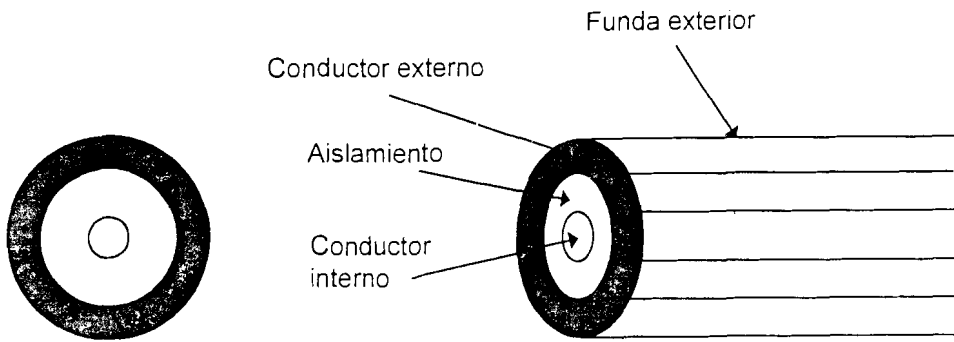


Fig. 2.24 Cable coaxial

El cable coaxial, posiblemente, es el medio de transmisión más versátil, por lo que está siendo cada vez más utilizado en una gran variedad de aplicaciones.

El cable coaxial se está utilizando para la distribución de televisión por cable, hasta los hogares de los usuarios, este sistema puede transportar docenas e incluso cientos de canales a decenas de kilómetros.

El cable coaxial también ha sido fundamental en la red de telefonía a larga distancia, sin embargo en la actualidad tiene una fuerte competencia en la fibra óptica, las microondas terrestres y las comunicaciones vía satélite. Cuando se usa multiplexación con

división en frecuencias, el cable coaxial puede transportar más de 10.000 canales de voz simultáneamente.

Otra área de aplicación del cable coaxial es en las redes de área local. El cable coaxial admite un gran número de dispositivos con una gran variedad de tipos de datos y tráfico, con coberturas que van desde un solo edificio a varios, próximos entre ellos.

El cable coaxial, tiene una respuesta en frecuencias superior a la del par trenzado, permitiendo por tanto mayores frecuencias y velocidades de transmisión. Como ya se ha dicho, por construcción el cable coaxial es mucho menos susceptible que el par trenzado tanto a interferencias como a diafonía. Sus limitaciones principales, son el ruido térmico, la atenuación y el ruido de intermodulación. Este último aparece cuando se usan simultáneamente varios canales o bandas de frecuencias.

2.9.2 Fibra óptica

La fibra óptica es un medio flexible y extremadamente fino (de 2 a 125 μm), capaz de conducir energía de naturaleza óptica. Para la fibra se pueden usar diversos tipos de cristales y plásticos. Las menores pérdidas se han conseguido con la utilización de fibras de silicio

fundido ultra puro. Las fibras ultra-puras son muy difíciles de fabricar; las fibras de cristal multicomponente tienen mayores pérdidas y son más económicas, pero proporcionan unas prestaciones suficientes. La fibra de plástico tienen todavía un menor costo y se pueden utilizar para enlaces a distancias cortas, para los que son aceptables pérdidas moderadamente altas.

Un cable de fibra óptica tiene forma cilíndrica y está formado por tres secciones concéntricas: el núcleo, el revestimiento y la cubierta. Como se muestra en la Fig. 2.25

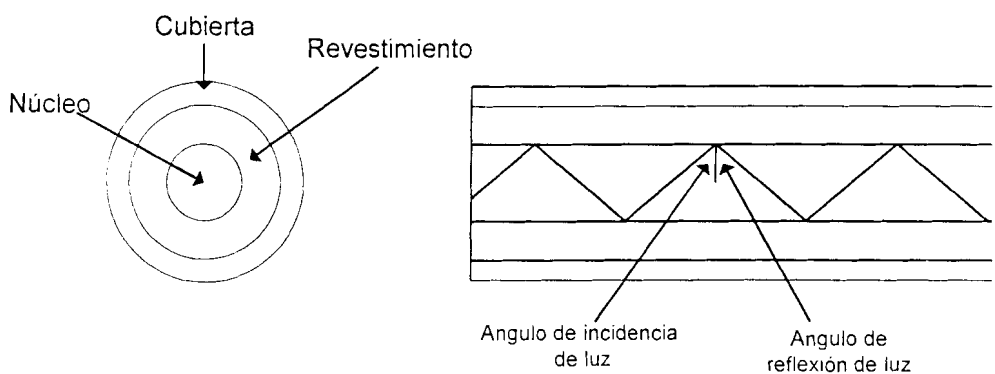


Fig. 2.25 Fibra óptica

El núcleo es la sección más interna, está constituido por una o varias hebras o fibras muy finas de cristal o plástico. Cada fibra está rodeada por su propio revestimiento, que no es sino otro cristal o plástico con

propiedades ópticas distintas a las del núcleo. La capa más exterior que envuelve a unos o varios revestimientos es la cubierta. La cubierta está hecha de plástico y otros materiales dispuestos en capas para proporcionar protección contra la humedad, la abrasión, aplastamientos y otros peligros.

La fibra óptica, tiene una gran aceptación en las comunicaciones a larga distancia, y cada vez más está siendo más popular en las aplicaciones militares. Las características que diferencian a la fibra óptica del cable coaxial y del par trenzado, son las siguientes:

- *Mayor ancho de banda:* El ancho de banda, y por tanto la velocidad de transmisión, en las fibras es enorme. Experimentalmente se ha demostrado que se pueden conseguir velocidades de transmisión de 2 Gbps para decenas de kilómetros de distancia. Compárese con el máximo que se puede conseguir en el cable coaxial: cientos de Mbps sobre aproximadamente 1 km, y con los escasos Mbps que se pueden obtener en la misma distancia para pares trenzados, o con los 100 Mbps que se consiguen en pares trenzados si la distancia se reduce a unas pocas decenas de metros.
- *Menor tamaño y peso:* las fibras ópticas son apreciablemente más finas que el cable coaxial o que los pares trenzados embutidos. En

las conducciones estrechas previstas en las edificaciones para el cableado, así como en las conducciones públicas subterráneas, la utilización de tamaños pequeños tiene unas ventajas evidentes. La reducción en tamaño conlleva además una reducción en peso que disminuye la infraestructura necesaria.

- *Atenuación menor:* La atenuación es significativamente menor en las fibras ópticas que en los cables coaxiales y pares trenzados, además es constante en un gran intervalo de frecuencias.
- *Aislamiento electromagnético:* Los sistemas de fibra óptica no se ven afectados por los efectos de campos electromagnéticos exteriores. Estos sistemas no son vulnerables a interferencias, ruido impulsivo o diafonía. Y por la misma razón, las fibras no radian energía, produciendo interferencias despreciables con otros equipos y proporcionando a la vez un alto grado de privacidad.
- *Mayor separación entre repetidores:* Si hay menos repetidores, el costo será menor, además habrá menos fuentes de error. Se han desarrollado sistemas de transmisión sobre una distancia de unos 300 Km a 3,5 Gbps, sin repetidores, en cambio sistemas basados en cable coaxial y pares trenzados necesitan de repetidores cada pocos kilómetros. Así también en redes telefónicas de largas distancias (aproximadamente 1500 Km.) se utiliza la fibra óptica con una capacidad típica de 20.000 a 60.000 canales de voz, con

tantas ventajas en costo, que está desplazando la utilización del coaxial en redes de telefonía.

El uso ventajoso de la fibra óptica sobre el par trenzado y el cable coaxial se vuelve mas evidente, conforme aumenta la necesidad de transmitir información multimedia (voz, datos, imágenes y video).

En la fibra óptica, la luz que proviene de una fuente que puede ser de dos tipos: los diodos LED ("Light Emitting Diodes") y los diodos ILD ("Injection Laser Diode"), penetra en el núcleo cilíndrico sea este de cristal o de plástico. Algunos de estos rayos de luz al incidir con ángulos superficiales se reflejan y se propagan dentro del núcleo de la fibra, mientras que otros rayos que inciden con diferentes ángulos, son absorbidos por el material que forma el revestimiento. Esta forma de propagación en la que existe una multitud de ángulos para los cuales se da la reflexión total, se denomina multimodal. Conforme el radio del núcleo se reduce, la reflexión se va dando en un menor número de ángulos. Cuando se reduce el radio a dimensiones como las de la magnitud de la longitud de onda, un solo ángulo o modo puede pasar, éste será el rayo axial. La transmisión monomodo proporciona mayores ventajas que la multimodo ya que en esta última al existir múltiples

caminos de propagación, cada uno con diferente longitud de onda y por consiguiente con diferente tiempo de propagación, hace que los elementos de la señal se dispersen en el tiempo, limitando la velocidad de transmisión a la que se puede recibir en forma adecuada. En la transmisión monomodo hay un sólo camino posible, esto evita que se produzca la distorsión indicada para la transmisión multimodo.

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA

Sobre la base del marco teórico presentado en los capítulos anteriores, nuestro problema abarca el reemplazo del sistema 7MC y 1MC, incluyendo las alarmas tanto de zafarranchos como de emergencias, para esto debemos recordar que una característica importante del submarino, es su obiquidad u ocultamiento; lo que implica que el sistema debe ser lo más silencioso posible.

Otra característica que debe tener nuestro diseño será la facilidad de operación, puesto que el sistema podrá ser utilizado por cualquier personal, incluso desde los más novatos, solamente con cortas indicaciones de su operación.

Una preocupación grande en el diseño del sistema, es la gran cantidad de ruido, tanto electromagnético (por la gran cantidad de equipos electrónicos y sistemas existentes), como ruido sonoro (especialmente en el

compartimento de máquinas), que dificultarían la transmisión de la señal audible; para evitar este problema, se tomaron medidas como la inclusión de filtros capacitivos, la elección del adecuado medio de transmisión como lo es el cable apantallado con conexión a tierra, además se realizaron las respectivas pruebas reales para comprobar el adecuado funcionamiento.

El procedimiento utilizado para llegar al diseño del sistema fue primeramente hacer un análisis del sistema instalado, no ha profundidad por cuanto el sistema tendrá que ser reemplazado con nueva tecnología, sino más bien en cuanto a la funcionalidad que presentaba comparándola con las necesidades del usuario, luego se hizo un análisis de las propuestas de compañías extranjeras presentadas a la Armada, con el fin de tener una mejor visualización de que características adicionales se podía incluir en el diseño.

Posteriormente se armaron varios circuitos hasta lograr obtener la mejor fidelidad y calidad de sonido, primero en el laboratorio, y una vez obtenido el resultado deseado, se hacen pruebas en el submarino con escotillas cerradas y equipos prendidos para determinar cual es el efecto del ruido electromagnético. Superadas estas pruebas, se procedió a diseñar los detalles, tales como la conexión de los auriculares, y la integración misma de todas las partes del sistema.



3.1 Especificaciones técnicas

a. Fuente de alimentación

| | |
|--|--------------------------------------|
| Tensión nominal | $\pm 12 \text{ V.}$ |
| Tolerancia de la tensión de servicio admisible | $\pm 9 \text{ a } \pm 15 \text{ V.}$ |
| Tensión límite superior (t = 0 s.) | $\leq 24 \text{ V.}$ |
| Tensión perturbadora | $\leq 2 \text{ mV.}$ |
| Tensión alterna superpuesta | $\leq 600 \text{ mV.}$ |
| Corriente nominal | 18 A. |

b. Preamplificador de micrófono

| | |
|-------------------------|----------------------|
| Voltaje de alimentación | $\pm 12 \text{ V.}$ |
| Voltaje de entrada | $< 12 \text{ mVp-p}$ |
| Impedancia de entrada | 758 Ω |
| Voltaje de salida | $< 12 \text{ Vp-p}$ |
| Impedancia de salida | $< 100 \Omega$ |
| Ganancia de voltaje | 70 dB |
| Rango de frecuencia | 60 Hz a 12 KHz. |

c. Amplificador de potencia

| | |
|---------------------------|----------------|
| Voltaje de alimentación | 12 V. |
| Voltaje de entrada | ± 0.5 V. |
| Impedancia de entrada | 150 K Ω |
| Voltaje de salida | < 12 Vp-p |
| Ganancia de voltaje | 50 V/V |
| Ancho de banda | 450 KHz. |
| Distorsión armónica total | < 0.1 % |

d. Micrófonos

| | |
|-------------------------|-------------------------------|
| Tipo | Dinámico |
| Magneto | Alnico |
| Respuesta de frecuencia | 60 Hz a 12 KHz. |
| Impedancia | 500 Ω |
| Sensitividad | - 68 dB |
| Dimensiones | Dia. 1.1 in. Alt. 0.51 in. |

e. Parlantes

| | |
|----------------|------------------|
| Capacidad | 6 Watios (máx) |
| Rango efectivo | 135 – 18.000 Hz. |
| Peso | 1.1 Oz. |

3.2 Descripción de Operación

a) Descripción General

De manera general, la operación del sistema consiste en preamplificar la señal de un micrófono en cada estación, de tal manera de elevar esta señal a un nivel lo suficientemente alto, para que sea capaz de transportarse al resto de estaciones, lugares en donde la señal de audio es tomada, amplificada nuevamente por un amplificador de potencia de audio y entregada al parlante.

Todas las estaciones son transreceptoras, es decir que contienen un micrófono para la transmisión y un parlante para la recepción.

El sistema tiene 4 canales y apilando un pulsador se puede transmitir por todos los canales; para realizar la conmutación de canales y el canal de prioridad o señal a todos (ALL), se diseñó un circuito utilizando semiconductores, entre ellos el HEF4066BP y el 74C157.

Los circuitos integrados utilizados en el sistema son de tipo CMOS con el objeto de poder utilizar la misma alimentación para todo el sistema.

Los micrófonos y parlantes se activan aplastando un PTT (Push To Talk) de doble acción, esto significa que normalmente esta activado el parlante y desactivado el micrófono, y, al aplastar el PTT, se produce lo contrario, es decir, se activa el micrófono y se desactiva el parlante, de esta manera se evita que la señal generada en una estación, se escuche en la misma estación.

El diagrama de bloques general se presenta en el Anexo "1"

En el diagrama de bloques se puede observar que existe una unidad de encendido y alimentación, esto significa que todo el sistema se enciende y se alimenta desde esta unidad, esto evita que las estaciones sean apagadas individualmente y en algún momento no se escuchen mensajes importantes o las alarmas.

El control de volumen de las estaciones, se lo hace internamente, igualmente para evitar que alguien que no quiera escuchar simplemente baje el volumen, esto podría afectar a la seguridad de la unidad.

Como se indica en el diagrama de bloques, las estaciones son conectadas entre sí, de esta forma, la señal emitida en cualquier estación se reparte al resto de estaciones, es decir, tenemos una

conexión en paralelo; esto da la oportunidad de que cuando haya una estación dañada, esto no incide en el resto de unidades, lo que le da una característica de sobrevivencia al sistema, aquí cabe indicar que se utilizará el mismo cableado del sistema anterior, el cual, según los diagramas existentes se encuentra conectado de esta forma, lo que posiblemente falta es una conexión entre la primera y la última estación, ya que si ésta no existe, puede ocurrir que un tramo de cableado falle y esto dejaría inutilizadas al resto de estaciones que continúan. Se han realizado inspecciones al cableado observando que se encuentra en buenas condiciones, que existen los pares suficientes para implementar nuestro sistema, y, que el cable existente tiene el apantallamiento requerido.

b) Descripción específica

El diagrama esquemático de las estaciones se encuentra en el Anexo "2".

Comenzaremos la descripción del circuito desde la selección de los canales. Al seleccionar cualquier canal con el conmutador o selector de canales, se enciende el led verde correspondiente a ese canal,

cada led tiene conectada en serie una resistencia de $1\text{ K}\Omega$. Se utiliza una resistencia de este valor de acuerdo al siguiente cálculo:

- Resistencia mínima calculada con los valores máximos:

| | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Voltaje Forward Máx. | 3 V. |
| Corriente Forward DC Máx. | 35 mA. |
| Caída de tensión en la resistencia: | $12 - 3 = 9\text{ V.}$ |
| Resistencia mínima: | $R = V / I$ |
| | $R = 9 / 35 = 257\ \Omega$ |

- Resistencia a utilizar calculada con los valores típicos:

| | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| Voltaje Forward Tip. | 2 V. |
| Corriente Forward Tip. | 10 mA. |
| Caída de tensión en la resistencia: | $12 - 2 = 10\text{ V.}$ |
| Resistencia a utilizar: | $R = V / I$ |
| | $R = 10 / 10 = 1\text{ K}\Omega$ |

Los leds utilizados son tipo standard de medidas $T - 1\ \frac{3}{4}$, 5 milímetros.

El Mux 74C157 sirve para poder enviar las señales de control a los cuatro canales, es decir, normalmente la señal de selección del Mux (Pin 1), estará en bajo (0 voltios), y, por lo tanto pasa la señal de control al switch bilateral HEF4066BP del canal seleccionado con el conmutador, al aplastar el pulsador de prioridad "ALL", pasa un alto a la señal de selección, de esta manera se permite que la señal de control pase a los cuatro canales del switch bilateral (Pines 5,6,12 y 13), de tal forma que la señal de audio se transmita por todos los canales, pudiendo ser recibida en todas las estaciones independientemente del canal en que se encuentren.

Un led rojo se encenderá al aplastar el pulsador "ALL", la resistencia a utilizar es de 1 K Ω , conforme al cálculo anterior.

Para sostener los leds se utilizan retenedores Snap-in, y para ellos se necesita hacer un orificio de ¼" en la carcasa.

Destacamos también que el HEF4066BP es un switch bilateral cuádruple, esto significa que sirve tanto para transmisión como para recepción (IN/OUT), cuando recibe la señal de control.

La pequeña señal de micrófono es inicialmente preamplificada mediante un transistor BC109, polarizado en DC por retroalimentación

de voltaje desde el colector a la base; esta configuración aumenta la estabilidad del sistema, además es menos sensible a los cambios de Beta (β) y a las variaciones de temperatura que las encontradas en la configuración de polarización fija o de polarización en emisor.

Para hacer el análisis respectivo, se extrae esta sección del circuito (Fig. 3.1).

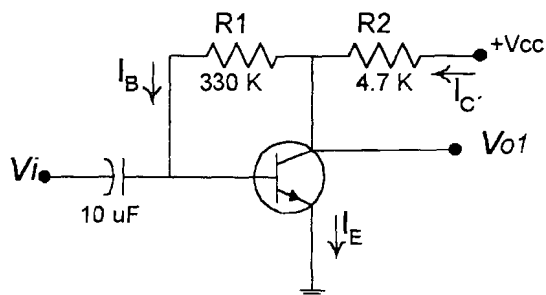


Fig. 3.1 Primera etapa de preamplificación de micrófono.

- Análisis DC:

$$V_{CC} - I_{C'} R_2 - I_B R_1 - V_{BE} = 0$$

$$I_{C'} \cong I_C = \beta I_B$$

$$I_E \cong I_C$$

$$V_{CC} - \beta I_B R_2 - I_B R_1 - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_1 + \beta R_2}$$

$$I_B = \frac{12 - 0.7}{330K - 150(4.7K)}$$

$$I_B = 10.92 \mu A.$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_C = 150 (10.92 \mu A) = 1.64 \text{ mA}.$$

En la malla colector-emisor tenemos:

$$V_{CC} - I_C R_2 - V_{CE} = 0$$

Sustituyendo las consideraciones anteriores:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_2$$

$$V_{CE} = 12 - 1.64 \text{ mA} (4.7K)$$

$$V_{CE} = 4.29 \text{ V}.$$

- Análisis AC:

Para hacer este análisis dibujamos nuevamente la red con un circuito equivalente (Fig. 3.2).

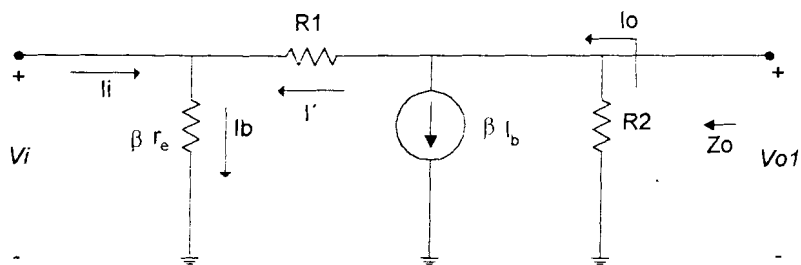


Fig. 3.2 Circuito AC equivalente de la red de la Fig. 3.1

Impedancia de entrada Z_i :

$$I' = \frac{V_{o1} - V_i}{R_1}$$

$$V_{o1} = -I_o R_2$$

$$I_o = \beta I_b + I'$$

$$\beta I_b \gg I'$$

$$I_o \cong \beta I_b$$

reemplazando: $V_{o1} = -\beta I_b R_2$

$$I_b = V_i / \beta r_e$$

$$V_{o1} = -\beta I_b R_2$$

$$I_b = V_i / \beta r_e$$

$$V_{o1} = -\beta (V_i / \beta r_e) R_2 = -\frac{R_2}{r_e} V_i$$

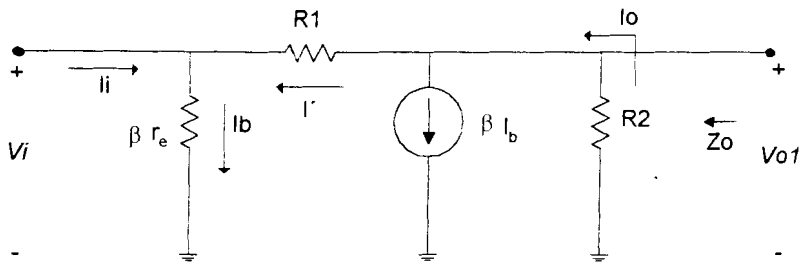


Fig. 3.2 Circuito AC equivalente de la red de la Fig. 3.1

Impedancia de entrada Z_i :

$$I' = \frac{V_{o1} - V_i}{R_1}$$

$$V_{o1} = -I_o R_2$$

$$I_o = \beta I_b + I'$$

$$\beta I_b \gg I'$$

$$I_o \cong \beta I_b$$

reemplazando: $V_{o1} = -\beta I_b R_2$

$$I_b = V_i / \beta r_e$$

$$V_{o1} = -\beta I_b R_2$$

$$I_b = V_i / \beta r_e$$

$$V_{o1} = -\beta (V_i / \beta r_e) R_2 = -\frac{R_2}{r_e} V_i$$

$$i' = \frac{V_{o1} - V_i}{R1} = \frac{V_{o1}}{R1} - \frac{V_i}{R1} = -\frac{R2 V_i}{r_e R1} - \frac{V_i}{R1} = -\frac{V_i}{R1} \left[\frac{R2}{r_e} + 1 \right]$$

$$V_i = I_b \beta r_e = (I_i + I') \beta r_e = I_i \beta r_e + I' \beta r_e$$

$$V_i = I_i \beta r_e - \frac{V_i}{R1} \left[\frac{R2}{r_e} + 1 \right] \beta r_e$$

$$V_i + V_i \left[\frac{R2}{r_e} + 1 \right] \frac{\beta r_e}{R1} = I_i \beta r_e$$

$$\frac{V_i}{Z_i} = Z_i = \frac{\beta r_e}{\left[1 + \frac{\beta r_e}{R1} \left(\frac{R2}{r_e} + 1 \right) \right]}$$

$$r_e = \frac{26 \text{ mV}}{I_E}$$

$$r_e = 26 \text{ mV} / 1.64 \text{ mA} = 15.85$$

$$R2 \gg r_e$$

$$1 + \frac{R2}{r_e} \cong \frac{R2}{r_e}$$

$$Z_i = \frac{\beta r_e}{1 + \frac{\beta R2}{R1}}$$

$$Z_i = \frac{r_e}{\frac{1}{\beta} + \frac{R2}{R1}}$$

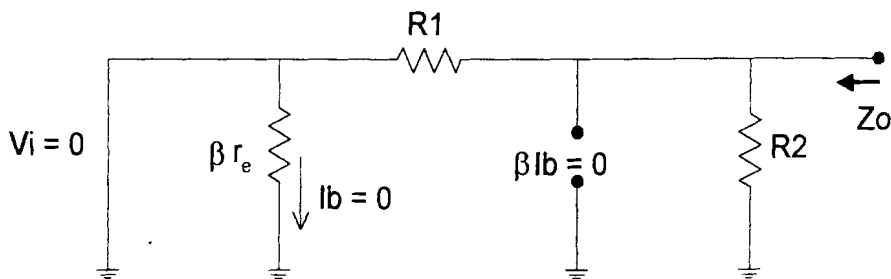


$$Z_i = \frac{15.85}{\frac{1}{150} + \frac{4.7K}{330K}}$$

$$Z_i = 758.04 \Omega$$

Impedancia de salida Z_o : Para definir Z_o hacemos cero V_i , por tanto

Fig. 3.3 Circuito para definición de Z_o



se elimina βr_e y queda en paralelo R_1 y R_2 .

$$Z_o = R_1 \parallel R_2$$

$$Z_o = \frac{330K \times 4.7K}{330K + 4.7K}$$

$$Z_o = 4.63 K\Omega.$$

- Ganancia de Voltaje A_v :

En la figura 3.2 tenemos:

$$I_o = \beta I_b + I'$$

$$\beta I_b \gg I'$$

$$I_o \cong \beta I_b$$

$$V_o = - I_o R_2 = - \beta I_b R_2$$

$$I_b = - \frac{V_i}{\beta r_e}$$

$$V_o = - \beta \frac{V_i}{\beta r_e} R_2$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{R_2}{r_e}$$

$$A_v = - \frac{4.7K}{15.85} = 296.52$$

Experimentalmente se obtuvieron los siguientes valores máximos:

Salida del micrófono: $V_i = 8 \text{ mV}_{p-p}$

Salida del colector: $V_o = 1.5 \text{ V}_{p-p}$

$$A_v = 1.5 / 8\text{m}$$

$$A_v = 187.5$$

El error en ganancia de voltaje sería:

$$e\% = \frac{A_{v_{teo}} - A_{v_{exp}}}{A_{v_{teo}}} \times 100$$

$$e\% = \frac{296.52 - 187.5}{296.52} \times 100$$

$$e\% = 36.77\%$$

Luego de la primera amplificación realizada por el transistor, viene una etapa mas de amplificación hecha mediante un amplificador operacional LM301, escogido sus bajos valores de voltaje offset, de corrientes de bias y de corriente offset, además de un bajísimo drift. Este Opamp, tiene dos pines (1 y 8) para compensación del producto ganancia ancho de banda.

El mínimo valor del capacitor de compensación depende de la resistencia de realimentación de la red, y se calcula con la siguiente expresión:

$$C_{1_{\min}} = \frac{R_i \times 30 \text{ pF}}{R_i + R_f}$$

En nuestro caso utilizamos un capacitor cerámico de 68 pF, de tal manera de bajar la respuesta de frecuencia, en esta forma las altas frecuencias serán atenuadas con esta compensación.

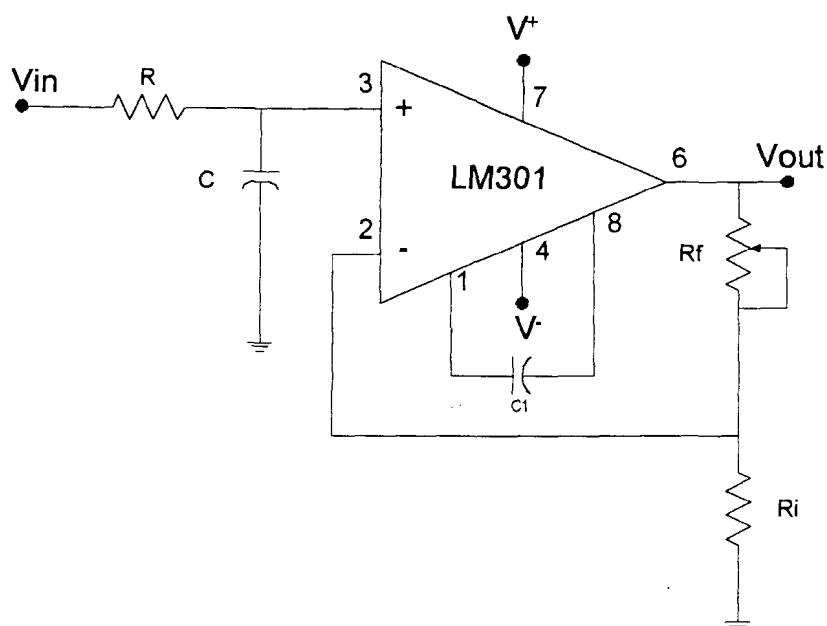


Fig. 3.4 Etapa amplificadora con el LM301

En la figura 3.4 extraemos la etapa amplificadora con el Opamp. Esta sección del circuito funciona como un filtro activo de primer orden, de esta forma podemos manejar la siguiente etapa que es la

amplificación de potencia, obtenemos baja impedancia de salida minimizando el efecto de la impedancia de carga sobre las características del filtro y además proveemos de ganancia a la señal. La resistencia R es de $1\text{ K}\Omega$, de tal manera que presente una impedancia alta con relación a la impedancia de salida de la etapa anterior, y se toma este valor también con el objeto de minimizar el efecto de la corriente de bias ($R = R_f || R_i$).

Tomando un capacitor de $0.01\ \mu\text{F}$, la frecuencia a -3 dB , que es aquella en que la ganancia cae a 0.707 de A_o ($A_o = 1 + R_f/R_i$, para el amplificador no inversor), será de:

$$f_{-3\text{ dB}} = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$f_{-3\text{ dB}} = \frac{1}{2\pi 1\text{K} 0.01\ \mu\text{F}}$$

$$f_{-3\text{ dB}} = 15.9\text{ KHz}$$

De esta forma aseguramos un rechazo al ruido producido por las altas frecuencias, manteniendo un ancho de banda estrecho, caerán los armónicos de ruido de alta frecuencia. En las pruebas realizadas con tres tipos diferentes de micrófonos, obtuvimos, valores máximos a la salida del transistor de 1.3 V .; de tal manera que los valores máximos de la señal preamplificada del micrófono serían de 14.3 V (puesto que

la ganancia del amplificador no inversor es de 11); cosa que difícilmente ocurriría, sin embargo, se debe calibrar el potenciómetro para tener valores dentro del rango admisible para no saturar el switch bilateral HEF4066, ya que según sus especificaciones el voltaje de entrada máximo debe ser igual al voltaje de alimentación, es decir a 12 V.

De esta forma tenemos una amplificación suficiente para compensar las caídas de tensión que existen en el cableado, en los mismos switches bilaterales (ya que tienen una resistencia de aproximadamente 50Ω); además debido a la baja impedancia de salida del OPAMP, este actúa como driver, acoplando de mejor manera la señal preamplificada que viaja por el cable y que debe llegar a todas las demás estaciones.

La amplificación de potencia de la señal, que será entregada al parlante, se la hace con el integrado LM384; utilizando un circuito integrado obtenemos las siguientes ventajas:

- Reducido tamaño y poco peso
- Reducido número de componentes adicionales
- Fiabilidad y calidad de funcionamiento
- Garantía de uniformidad para posibles sustituciones
- Bajo costo debido a su fabricación en serie

- Amplio intervalo de temperaturas nominales

Además al utilizar un amplificador de potencia integrado no es necesario el acoplamiento por transformadores, si bien es cierto que, con transformadores se tiene un mejor rendimiento, sin transformadores el diseño es menos voluminoso, más ligero, más económico y, produce una mejor respuesta en frecuencia.

De acuerdo a las características típicas de funcionamiento del LM384, observamos que la distorsión armónica total (THD) permanece por debajo de 0.2% con potencias de salida menores a 5 W, ésta es una de las razones por las que resulta adecuado trabajar con voltajes de alimentación de 12 V, ya que la potencia de salida se relaciona proporcionalmente al voltaje de alimentación. La alta impedancia de entrada del LM384 (150 K Ω), nos garantiza un excelente acoplamiento con la impedancia de salida de los amplificadores operacionales LM301.

- Cálculos de disipadores:

- a) Para los transistores:

$$P_{TOT_{max}} = 300 \text{ mW. } (t \leq 25 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$T_{j_{max}} = 175 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$K = 0.5 \text{ (factor para que permanezca poco caliente)}$$

La temperatura de unión T_j :

$$T_j = K T_{j_{\max}}$$

$$T_j = 0.5 (175) = 87.5 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$R_{jc} = 0.2 \text{ } ^\circ\text{C/mW}$$

$$T_j = T_A + P_{\text{TOT}_{\max}} R_{\theta_{JA}}$$

Este cálculo lo hacemos para el compartimento de máquinas, que es donde vamos a tener las mayores temperaturas. Asumiendo una temperatura máxima de 40°C . La potencia disipada por el transistor será:

$$P_D = V_{CE} I_C = 4.29 \text{ V.} \times 1.64 \text{ mA}$$

$$P_D = 7.04 \text{ mW}$$

$$T_j = 40 + 7.04 \text{ mW} (0.5 \text{ } ^\circ\text{C/mW})$$

$$T_j = 43.52 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Como podemos observar, no será necesario utilizar disipador para el transistor ya que la temperatura de unión asciende a $43.52 \text{ } ^\circ\text{C}$, muy inferior a $87.5 \text{ } ^\circ\text{C}$, que es la temperatura de unión que mantiene el transistor poco caliente.

b) Para el amplificador LM384

Igualmente, para el LM384 observamos en la curva de: disipación del dispositivo vs potencia de salida, con una carga de 8Ω , que para nuestro voltaje de alimentación, la disipación del amplificador es inferior a los 1.5 W , y en la curva de disipación del dispositivo vs temperatura ambiente, podemos ver que para estos valores de potencia disipada, el aumento de temperatura se maneja uniformemente, de esta manera podemos concluir que estos amplificadores tampoco necesitan disipadores.

c) Para el amplificador operacional LM301:

$$P_{D_{\max}} = 500 \text{ mW} \quad (t \leq 75^\circ\text{C})$$

$$T_{j_{\max}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$K = 0.5$$

$$T_j = 0.5 (100)$$

$$T_j = 50 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$P_D = (1.3 \text{ mA}) (24 \text{ V.}) = 31.2 \text{ mW}.$$

$$T_j = T_A + P_D (R_{\theta JA})$$

$$T_j = 40 + 31.2 \text{ mW} (0.11 \text{ }^\circ\text{C/mW})$$

$$T_j = 43.43$$

Como la T_j calculada es menor a la T_j máxima para que el amplificador se mantenga poco caliente, concluimos que no es necesario disipador.

Para terminar esta descripción específica del circuito diseñado, nos faltaría indicar que los condensadores de $0.1 \mu\text{F}$ y $47 \mu\text{F}$ conectados junto a los pines de alimentación de todos los amplificadores, sirven para evitar oscilaciones de la fuente de poder. La resistencia de 27Ω colocada en serie con el capacitor de $0.1 \mu\text{F}$, a la salida del LM384, forman la llamada red de Zoobel y evitan las oscilaciones no deseadas que pueden originarse debido a la carga inductiva de la carga (parlante).

3.3 Curva de respuesta de frecuencia

Una curva de respuesta de frecuencia es un gráfico que representa la ganancia de la amplificación respecto a la frecuencia de la señal.

A fin de tener una idea de cuan plana la respuesta de frecuencia del amplificador de potencia LM384, se realizaron mediciones experimentalmente, los valores tomados se encuentran en la Tabla 2 (Ver Anexo "17"), y el gráfico correspondiente en el Anexo "18".

En esta prueba utilizamos un oscilador de amplitud constante como fuente de señal, ajustamos la señal de entrada a un nivel bajo para evitar la sobreexcitación (saturación) del amplificador. Una sobreexcitación

sobrecarga una o más etapas del amplificador y el resultado puede ser una onda recortada.

CAPITULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALARMAS AUTOMATICAS

Como se había descrito en los primeros capítulos anteriores, en los submarinos, y, en general, en todos los buques de guerra, se generan alarmas sonoras para dar aviso de zafarranchos tanto operativos como de emergencia.

Las alarmas que debemos automatizar ya que actualmente se generan manualmente con timbres y zumbadores son las siguientes:

| ALARMA | CODIGO |
|--------------------------------|-------------------------|
| Zafarrancho General de Combate | ----- |
| Repetido General | · _ · _ · _ · _ · _ · _ |
| Colisión | _ · _ · _ · _ · _ · |
| Hombre al agua | · · · · · |
| Cloro | _ · _ · _ · _ · |

Nuestro diseño se basará en un circuito digital que se integrará al sistema de comunicaciones internas y por consiguiente la señal sonora se escuchará por los parlantes del mismo, con la opción de que se aplique a la entrada auxiliar del anunciador general y que por lo tanto el sonido salga por todos los parlantes de este amplificador.

Para conseguir este objetivo, utilizaremos circuitos integrados CMOS, de tal forma que exista compatibilidad con la alimentación de las otras partes del sistema, esto es de 12 VDC.

4.1 Descripción General

En el diagrama de bloques de la Figura 4.1 observamos que básicamente el circuito se constituirá de un controlador, el mismo que recibirá 5 señales que le indicarán que alarma debe generar, un contador le enviará señales de tiempo que el controlador procesará y a su vez activará una señal para un generador de frecuencias, este último se integrará a los amplificadores de potencia de audio, para que las alarmas se escuchen por los parlantes.

Las señales involucradas son las siguientes:

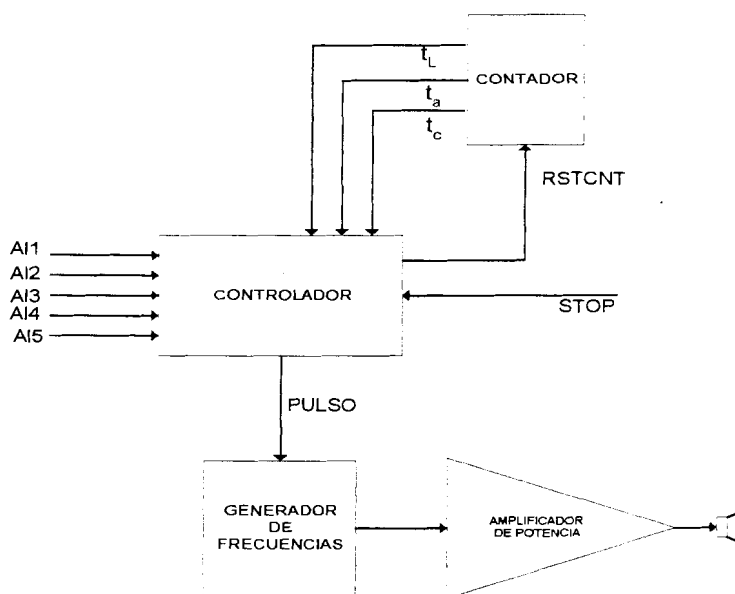


Fig. 4.1 Diagrama de Bloques del Sistema de Alarmas

AI1.- Entrada, esta señal indica que se empiece a generar el zafarrancho general de combate.

AI2.- Entrada, señal que indica que se genere el zafarrancho de repetido general.

AI3.- Entrada, señal que indica que se genere el zafarrancho de colisión.

AI4.- Entrada, señal que indica que se genere el zafarrancho de hombre al agua.

AI5.- Entrada, señal que indica que se genere el zafarrancho de gas cloro.

t_c .- Entrada generada por un contador, es una señal que indica un tiempo corto de aproximadamente 0.5 segundos para la generación de las alarmas.

t_a .- Entrada generada por un contador, es una señal que dura aproximadamente 1 segundo.

t_L .- Entrada generada por un contador, es la señal de tiempo largo para la generación de las alarmas y su duración es de aproximadamente dos segundos.

STOP.- Es una entrada al controlador que sirve para suspender o parar cualquiera de las alarmas que se esté generando, al activar esta señal, el circuito pasará inmediatamente al estado inicial.

RSTCNT.- Es una salida del controlador, y es una señal que sirve para encerrar al contador y por lo tanto estará en lógica negativa.

PULSO.- Es una salida del controlador, y es la señal que activa el generador de frecuencias los intervalos de tiempo respectivos de acuerdo a la alarma que se esté generando.

4.2 Descripción específica

El diagrama esquemático del circuito generador de alarmas se encuentra en el Anexo "3", el diagrama ASM en el Anexo "4"

En las figuras 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, y 4.6 se presentan los diagramas de tiempo para las 5 alarmas, considerando que la frecuencia de reloj del controlador es sumamente alta con relación a la frecuencia del contador.

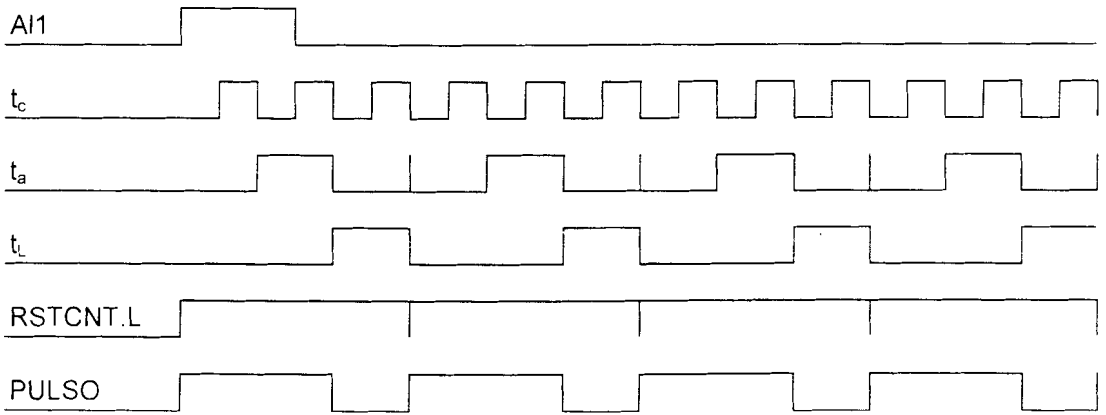


Fig. 4.2 Diagrama de tiempos para AI1

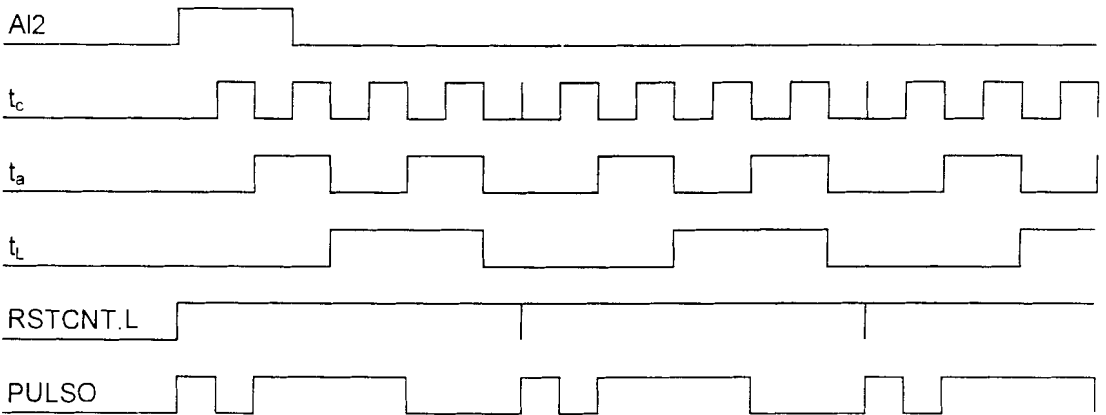


Fig. 4.3 Diagrama de tiempos para AI2

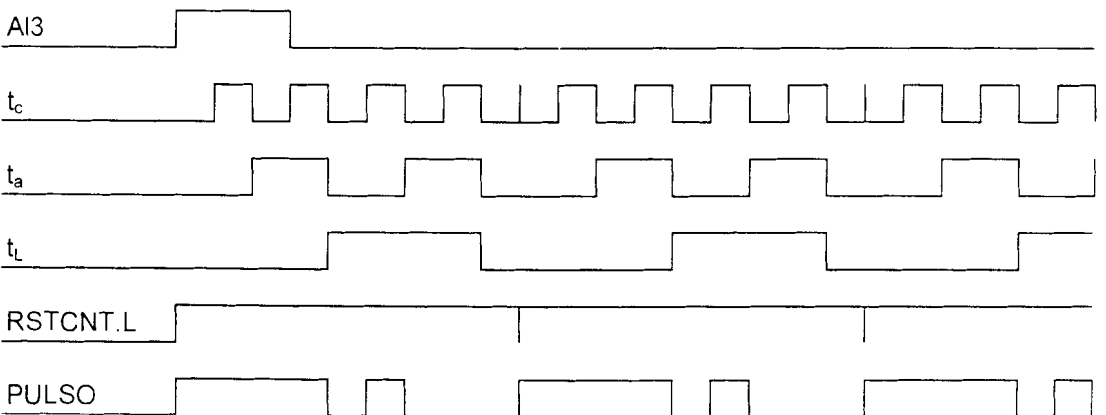


Fig. 4.4 Diagrama de tiempos para AI3

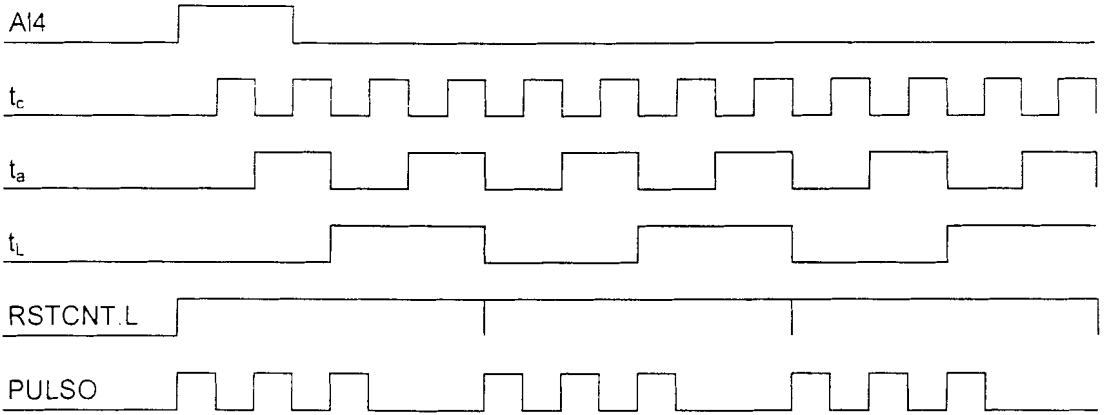


Fig. 4.5 Diagrama de tiempos para AI4

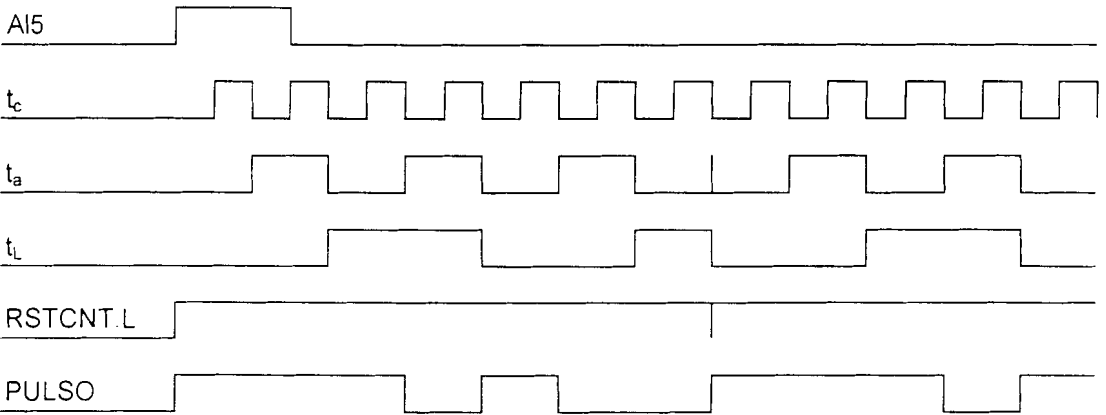


Fig. 4.6 Diagrama de tiempos para AI5

estado inicial, y nuevamente estará listo y en espera de que se presione cualquiera de las alarmas. Aquí se observa una configuración que sirve como RESET automático, esto se basa en que el capacitor inicialmente estará descargado y al encender el sistema, un cero lógico pasará a los registros hasta que el capacitor se cargue.

4.3 Cálculos

La señal de reloj para el controlador, para el contador y la que se aplicará a los amplificadores de potencia de audio se generan con el integrado 555, basados en el circuito de la figura 4.7

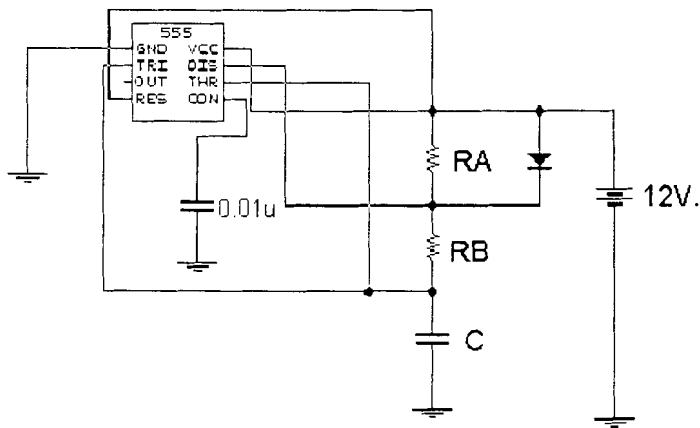


Fig. 4.7 Configuración para generar señales de onda cuadrada

Los valores de RA, RB y C se escogen de acuerdo al siguiente cálculo:

a) Frecuencia de la onda cuadrada para el contador

$$f = \frac{1.45}{(RA + RB)C}$$

Para el contador necesitamos una frecuencia de aproximadamente 2 Hz. de tal manera de tener periodos de 0.5 segundos, es decir que un bit cambiará cada 0.5 segundos.

Con un capacitor de 220 uF, y si $RA = RB$ tenemos:

$$R = \frac{1.45}{2 \times 220 \mu \times 2}$$

$$R = 1647.7 \Omega$$

El valor comercial más cercano es de 1.6K; por lo tanto la frecuencia de esta señal será de:

$$f = \frac{1.45}{(1.6K + 1.6K)220 \mu}$$

$$f = 2.06 \text{ Hz.}$$

b) Frecuencia de la señal de reloj para el controlador

Para el controlador necesitamos una frecuencia alta, de tal manera que se detecte en forma inmediata que alguno de los pulsadores haya sido aplastado. Si fijamos el capacitor en 0.01 uF, igualamos las dos resistencias y deseamos una frecuencia de 1 KHz, la resistencia a utilizar será:

$$R = \frac{1.45}{2fC}$$

$$R = \frac{1.45}{2 \times 1000 \times 0.1 \mu}$$

$$R = 7250 \Omega$$

El valor de resistencia comercial más cercano es de 7.5K, por consiguiente la frecuencia que obtendremos será de:

$$f = \frac{1.45}{2RC}$$

$$f = \frac{1.45}{2 \times 7.5K \times 0.1 \mu F}$$

$$f = 966.67 \text{ Hz.}$$

c) Frecuencia para aplicar al amplificador de potencia

Esta frecuencia debe estar dentro de un rango audible, es decir de 20 Hz. a 20 KHz, y para seleccionarla se hicieron pruebas hasta encontrar el sonido adecuado para una alarma, esta frecuencia de aproximadamente 250 Hz. por consiguiente con un capacitor de 0.47 uF, la resistencia a utilizar será de:

$$R = \frac{1.45}{2fC}$$

$$R = \frac{1.45}{2 \times 250 \times 0.47 \mu}$$

$$R = 6170.2 \Omega$$

El valor comercial más cercano es de 6.2K; por lo tanto la frecuencia que sonará en los parlantes será de:

$$f = \frac{1.45}{2RC}$$

$$f = \frac{1.45}{2 \times 6.2K \times 0.47\mu}$$

$$f = 248.8 \text{ Hz.}$$

CAPITULO V

DISEÑO DEL CONTROL DE ALARMAS DE EMERGENCIA



Dentro de la gran cantidad de alarmas e indicadores que existen en un buque, en este proyecto se recogen 11 señales desde las salidas de un PLC, 10 de éstas indican la presencia de gases tóxicos y una que indica submarino en carga, con dichas señales se activará un sistema de alarma visual y sonoro. Los gases tóxicos que se pueden presentar a bordo son Hidrógeno (H_2), Dióxido de Carbono (CO_2), Cloro (Cl_2), Oxígeno (O_2), y, Dióxido de Nitrógeno (NO_2).

Cuando exista alguna situación anormal, se encenderá el led respectivo (que estará marcado apropiadamente), y sonará un zumbador, de tal forma que cualquier persona que escuche el zumbador se acerque y desactive el sonido, luego observará cual led se encendió y deberá comunicar la novedad, ya sea por el sistema de comunicaciones interiores o por el 1MC. En el caso de que no se haya tomado acción y la novedad continúe, el zumbador se volverá a activar después de aproximadamente 3 minutos

desde que fue desactivado, y así sucesivamente hasta que el PLC deje de enviar alguna señal.

Se colocarán dos estaciones para éstas alarmas, una ubicada en proa (en el compartimento de torpedos), y la otra en el CIC, sobre la mesa de ploteo.

5.1 Descripción General

Para hacer la descripción general de este circuito nos referimos a la Fig. 5.1 donde tenemos el diagrama de bloques del mismo.

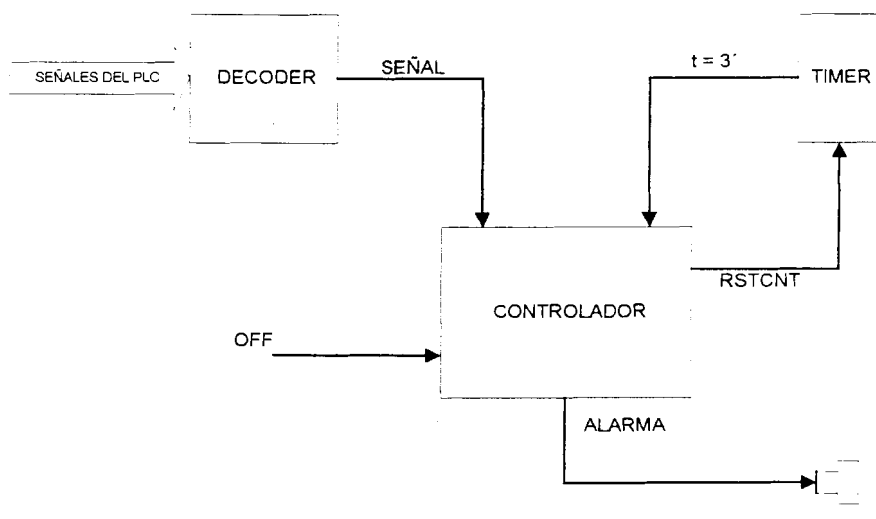


Fig. 5.1 Diagrama de bloques del control de alarmas de emergencia

Aquí observamos un decoder que tomará todas las señales del PLC y enviará solamente una al controlador, un timer que enviará la señal de los 3 minutos, y el controlador que procesará los datos recibidos y enviará la señal ALARMA que activará el zumbador.

Las señales involucradas son las siguientes:

SEÑAL.- Es una entrada al controlador, se activa cuando hay presencia de cualquiera de las señales del PLC.

t = 3'.- Esta es una entrada al controlador, proviene de un contador, y sirve para indicar que han pasado tres minutos y que debe volver a sonar el zumbador.

OFF.- Esta es una entrada al controlador, e indicará que se debe desactivar el zumbador.

RSTCNT.- Esta es una salida del controlador, y sirve para encerrar el contador.

ALARMA.- Esta es la salida principal del circuito, puesto que, es la que activará el zumbador el tiempo establecido, como veremos más adelante, será necesario amplificar en corriente esta señal.

5.2 Descripción Específica

El diagrama esquemático del circuito de control de alarmas se encuentra en el Anexo "5".

El PLC será programado para enviar señales de 24 VDC, cuando exista la presencia de gases tóxicos o el submarino se encuentre en carga de baterías. Debido a que nuestro sistema funciona con 12 VDC y con

circuitos integrados CMOS, primeramente se deberá reducir la señal de 24 a 12 V, para esto simplemente utilizamos divisores de voltaje, tomando en cuenta que un led debe encenderse cada vez que exista una señal, y que este led se conecta en serie con una resistencia, quedando estas dos resistencias en paralelo, por lo tanto, si queremos reducir el voltaje a la mitad la primera resistencia debe ser de aproximadamente un valor igual a la mitad de las otras dos resistencias. Nosotros hemos utilizado una resistencia de 510Ω , y dos de $1K\Omega$ en cada caso.

Observamos, que llegan, como ya habíamos dicho, las señales del PLC y también una señal de inundación existente debajo de las baterías. La señal de submarino en carga únicamente encenderá el led, y no generará el sonido del zumbador, por cuanto sería molesto que esto ocurra durante dicha maniobra.

El decoder de entrada está formado por un banco de puertas OR y de aquí se obtiene SEÑAL, luego el controlador, se lo diseñó por el método de 1 Flip Flop por estado, basándose en el siguiente diagrama ASM (Fig. 5.2).

Utilizamos este método ya que tenemos únicamente 4 estados y por lo tanto necesitaremos 1 solo registro 4175. Las ecuaciones lógicas para los estados y las salidas son las siguientes:

$$Da = Ta \wedge \overline{\text{SEÑAL}} + Td \wedge (t=3)$$

$$Db = Ta \wedge \text{SEÑAL} + Tb \wedge \overline{\text{OFF}}$$

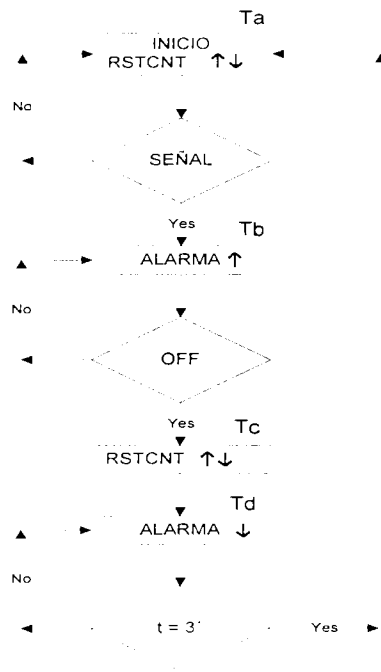


Fig. 5.2 Diagrama ASM del Control de Alarmas de Emergencia

$$Dc = Tb \wedge \overline{\text{OFF}}$$

$$Dd = Tc + Td \wedge t=3$$

$$\text{RSTCNT} = Ta + Tc$$

$$\text{ALARMA} = Tb$$

Para obtener la señal $t = 3'$ utilizamos un contador 4161, cuando tengamos Q4 y Q2 en alto, es decir cuando cuente 10, se encenderá

la señal $t = 3'$, para esto tenemos la puerta AND; con la frecuencia de 0.0551 que estamos aplicando a este contador, tenemos un periodo de 18.15 s. Por lo tanto $t = 3'$ aparece exactamente cada 181.5 s.

D13, R42 y C5 forman un RESET automático, para que el sistema vaya al estado inicial al encender el sistema. Finalmente, el transistor T1 sirve como switch para poder activar el buzzer, ya que directamente el integrado CMOS no lo puede hacer por cuanto la corriente de salida para un alto es de apenas unos 0.4 mA. Al colocar el transistor NPN, cuando tengamos ALARMA, el transistor se enciende, es decir tenemos $V_{CE} = 0$, quedando en esta forma aplicados los 12 V. al buzzer.

5.3 Cálculos

La frecuencia del reloj para el controlador con los elementos utilizados será de:

$$f = \frac{1.45}{2RC}$$

$$f = \frac{1.45}{2 \times 10K \times 0.1\mu}$$

$$f = 725 \text{ Hz.}$$

La frecuencia del contador 4161 será de:

$$f = \frac{1.45}{2RC}$$

$$f = \frac{1.45}{2 \times 28K \times 470\mu}$$

$$f = 0.0551 \text{ Hz.}$$

CAPITULO VI

INTEGRACION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

Básicamente, nuestra tarea es integrar las alarmas automáticas con el sistema de comunicaciones interiores, puesto que, el control de alarmas del PLC, funciona en forma independiente, teniendo vínculo con el resto del sistema únicamente en la fuente de alimentación y porque físicamente se encontrarán juntos.

En este capítulo definiremos como se conectarán las estaciones entre sí y el cable necesario, veremos también la diferencia y como se integra al sistema la estación del puente y del hombre rana, y, finalmente haremos el diseño físico de las estaciones incluyendo su ubicación y medidas.

6.1 Integración de las alarmas automáticas con el sistema de comunicaciones interiores

En los Anexos "2" y "3" tenemos los diagramas esquemáticos de las estaciones intercomunicadoras y del circuito generador de alarmas automáticas respectivamente, ahora, debemos unir los dos circuitos de

tal forma que, las alarmas puedan escucharse en todas las estaciones del sistema, además esta estación debe ser diseñada bajo la consideración de que al aplastar cualquiera de los pulsadores de las alarmas, se inhabilite la señal del micrófono y además que debe escucharse el sonido de las alarmas en todas las estaciones sin importar en que canal se encuentren, es decir debe tener la misma prioridad que tiene el pulsador "ALL".

En el Anexo "6", observamos como se hizo esta integración; cualquiera de las 5 señales (AI1, AI2, AI3, AI4 o AI5), activará un pulso de reloj para un Flip Flop tipo "D" 4174, pasando un alto a una puerta OR y por consiguiente a la salida de la puerta OR también tendremos un alto; con estos 12 V. se encenderá el transistor, haciendo activar el relé, permitiendo de esta forma que la señal de las alarmas pase al amplificador operacional LM301 y posteriormente al amplificador de potencia LM384.

La función de la puerta OR (IC9B), es permitir que lo mismo que acabamos de describir, ocurra cuando estamos generando una alarma manualmente con el pulsador MANUAL. El pulsador RESET se conecta al pin 1 (RST) del Flip Flop, para que ocurra el proceso contrario al cuando termine de sonar una alarma, dejando que vuelva a pasar la señal del micrófono al amplificador LM301. A más de realizar esta

conmutación del relé, debemos activar la selección "B" del MUX 74C157, para esto, la señal del pulsador "ALL", pasará previamente por una puerta OR, junto con la señal que aplicamos a la base del transistor, para que cualquiera de las dos activa la selección "B" del MUX.

Observamos también que la señal del generador de frecuencias 556 (IC6B), luego de pasar por el capacitor de 100 uF (C8), es aplicado a un divisor de voltaje de tal manera que se reduzca la amplitud de la onda cuadrada a 1.56 V. antes de aplicarla al LM301.

Recordando que el switch bilateral 4066 se encendía al presionar el PTT, debemos encenderlo también cuando suenen las alarmas, para esta función se encuentra la puerta OR (IC9D), en este caso no desactivamos simultáneamente el 4066 de recepción, de tal forma que en las estaciones que se interconectan con las alarmas, éstas también puedan ser escuchadas.

Ahora, físicamente, estos componentes para la integración, deberán estar en la misma tarjeta de las alarmas automáticas, ya que, solo será necesario que 6 cables se interconecten entre las dos tarjetas, éstas son: la señal del pulsador "ALL", la señal preamplificada del micrófono desde el capacitor C3, la señal de 12 V. del pulsador "PTT" (éstas tres de la tarjeta intercomunicadora a la de las alarmas), y, la señal del relé, la del

pin 10 del IC9C, y la del pin 11 del IC9D; hacia la tarjeta intercomunicadora.

Otra opción sería colocar una puerta OR en la tarjeta intercomunicadora, para reducir el número de cables entre tarjetas, pero en este caso estaríamos desaprovechando las puertas disponibles del IC9. En la Fig. 6.1 ilustramos estas interconexiones.

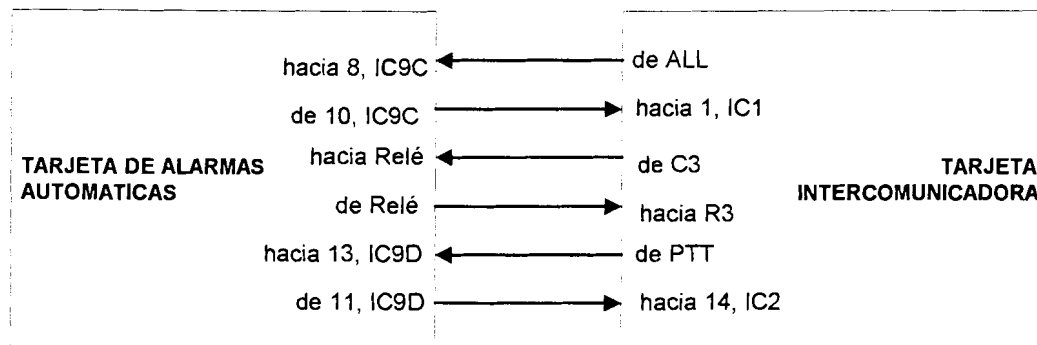


Fig. 6.1 Interconexiones entre la tarjeta de alarmas y la tarjeta intercomunicadora

6.2 Estaciones del puente y del hombre rana

Las estaciones del puente y del hombre rana son posiblemente las más críticas en el diseño del sistema, debido a que éstos lugares están expuestos al agua mientras el submarino está en inmersión, o, se realiza

la eyección de buzos respectivamente. La solución a éste problema es básicamente mecánica.

Electrónicamente, debemos considerar la alta realimentación acústica en el puente, por lo que será necesario hacer una buena calibración de la amplificación y necesariamente se deberá hablar fuerte y tan pegado al micrófono como sea posible.

Será necesaria una tarjeta dedicada para estas estaciones, dedicada por cuanto no se puede simplemente sacar una extensión de la estación de la mesa de ploteo que es la más cercana, debido a que, en éste caso si deseamos escuchar la comunicación del puente en la misma mesa de ploteo, lo que no es posible por la función que tiene el PTT de activar y desactivar el 4066. Además, esta tarjeta dedicada debe ser más simplificada, ya que no es necesario que tenga los cuatro canales, porque las estaciones interiores que necesiten comunicación con el puente deberá colocarse en ese canal; por lo tanto, esta tarjeta será de un intercomunicador básico sin la parte seleccionadora de canal, se debe conectar con el canal 1; se puede utilizar micrófono con o sin PTT, ya que en los auriculares no se tiene el problema de la realimentación.

Una sola tarjeta es necesaria ya que las dos estaciones no trabajarán simultáneamente.

El diagrama esquemático de la tarjeta para la estación del puente y del hombre rana se encuentra en el Anexo "7". Esta tarjeta se colocará en la unidad de encendido y alimentación, y únicamente se deberán colocar conectores tipo "jack" en los lugares correspondientes.

Estos conectores deberán tener una protección estanca y resistente a una presión de por lo menos 30 bares, esta presión se calcula considerando que el submarino se sumerge hasta aproximadamente 300 metros.

$$P = \delta g h$$

$$P = 1013 \text{ Kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 300 \text{ m.}$$

$$P = 3028200 \text{ Pa.} = 30,3 \text{ bares.}$$

La solución que se propone es colocar una protección tipo "stuffing", soldado y asegurado con pernos al casco, por él deberán pasar los cables que llegan hasta el puente y la cámara de hombres rana a través de unos pasacascos, y con una tapa tipo rosca con orings para que sea completamente hermético, además esta tapa deberá cerrarse a presión con ayuda de una llave exterior. En la Fig. 6.2 se ilustra la protección que hacemos referencia.

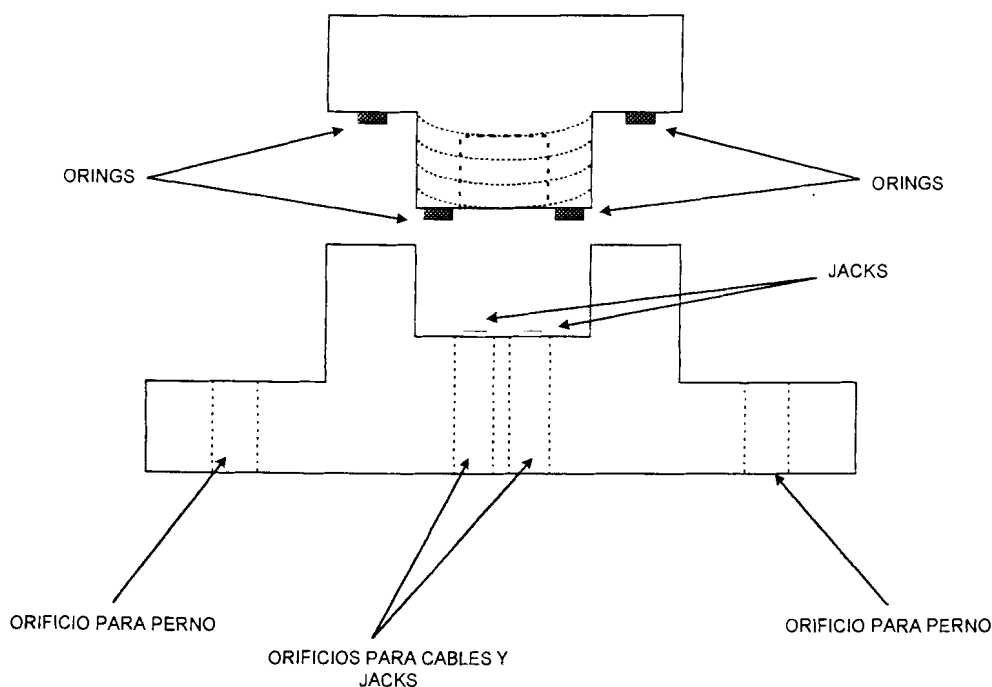


Fig. 6.2 Diagrama del Stuffing

6.3 Accesorios

El sistema debe tener la capacidad de aceptar la conexión de diversos accesorios como son los headphones (audífonos) con micrófono o cuffias, micrófonos exteriores, micrófonos cuello de ganso, parlantes exteriores, o los PTT de piso (operados con el pie).

Para lograr esto, todos éstos accesorios deberán ser adaptados con un "phone plugs" de audio de $\frac{1}{4}$ ", para que entren en jacks montados sobre las carcazas.

Se utilizan estos conectores debido a que sirven como switch, de tal manera que al conectar un accesorio, por ejemplo un audífono, se deshabilite el parlante de la carcaza, de esta forma nuestro sistema estará de acuerdo a la característica del submarino de ser silencioso, puesto que, en una operación o zafarrancho de combate, los operadores deberán conectar sus cuffias y el sonido lo escucharán sólo esas personas; así, ya no será necesario el uso de los teléfonos autoexcitados que se usan actualmente durante los zafarranchos de combate.

Para que se pueda utilizar el micrófono de la carcaza o el micrófono de la cuffia sin inconvenientes, estos deben ser de las mismas características, es decir deberemos utilizar cuffias con micrófono dinámico. En el caso de los audífonos, podría pensarse que la potencia de aproximadamente 2 Watios, que se entrega a los parlantes de la carcaza, podrían saturar a los pequeños audífonos que disipan solamente unos 0.5 Watios, sin embargo esto no sucede, debido a que los audífonos tienen una mayor impedancia, o en su defecto, en el mismo audífono se atenúa la señal, evitando quemar los audífonos.

Para el caso de los PTT de piso, existentes en las estaciones del timonel y de central de propulsión, estos deberán adaptarse a nuestro sistema, en el resto de estaciones se debe utilizar el mismo PTT de la carcaza, y, si es necesario, deberá montarse un conector adicional, y colocar un

pulsador que vaya si es posible embutido en el cable del micrófono y parlante de la cuffia, a la altura de la mano (considerando que el hombre está con el brazo extendido). El esquema a utilizar para montar este PTT se presenta en la Fig. 6.3

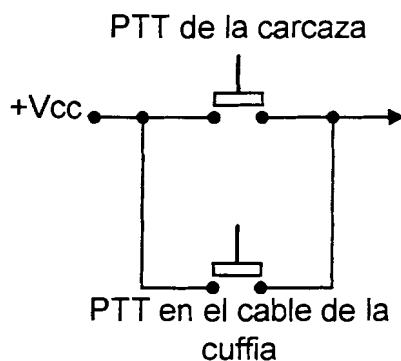


Fig. 6.3 Esquema del PTT en el cable de la cuffia

6.4 Conexión entre estaciones

Para conectar las estaciones entre sí, nos tendremos que ajustar al cableado existente, afortunadamente este cableado tiene las características de apantallamiento y blindaje que nuestro sistema necesita; además existen más pares de los necesarios.

Sin embargo debido a que en nuestro sistema se incluyen dos nuevas estaciones que son la del camarote del Comandante y la del cuarto de máquinas, obligadamente necesitaremos poner tramos de cable nuevo.

Estos tramos deberán tener como mínimo cuatro pares para los canales, más dos pares para la alimentación; el cable recomendado es el Gotham GAC-9, AWG 8×2×24; este es un cable de audio de 8 pares, con envoltura PVC ultraflexible, tiene apantallamiento doble e individual para cada par, las especificaciones de este cable son las siguientes:

| | |
|--|---------------------------------|
| Resistencia del conductor: | $\leq 105 \Omega/\text{Km}$ |
| Resistencia de la pantalla: | $\leq 22 \Omega/\text{Km}$ |
| Capacitancia de conductor a conductor: | $\leq 90 \text{ nF}/\text{Km}$ |
| Capacitancia de conductor a pantalla: | $\leq 150 \text{ nF}/\text{Km}$ |
| Impedancia: | $145 \Omega \pm 10\%$ |

Este mismo cable se podrá utilizar para la interconexión entre las estaciones de alarmas con las intercomunicadoras. Los dos pares restantes quedarían en stand-by para cualquier necesidad futura.

Para transmitir las señales del PLC al sistema de control de alarmas, se recomienda utilizar dos cables Belden, tipo 9566 (de 6 pares cada uno), éste es un cable más económico que el anterior, pero se ajusta a nuestro requerimiento.

Para la interconexión entre el cableado y las tarjetas, se utilizarán los mismos terminales del sistema anterior, y se utilizarán borneras, en las estaciones de alarmas para la recepción de las señales del PLC. En la Fig. 6.4 se grafica un esquema simplificado de cómo se conectan las estaciones entre sí, considerando un solo canal, y únicamente con cuatro estaciones.

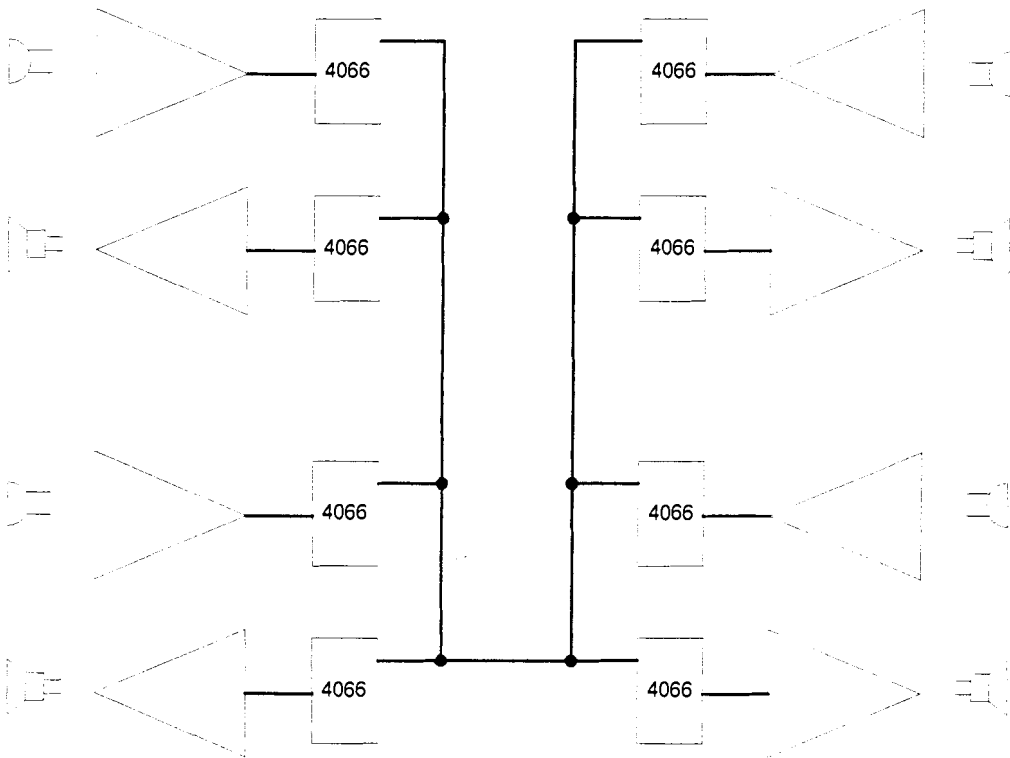


Fig. 6.4 Esquema de conexión entre las estaciones

6.5 Diseño físico y ubicación de las estaciones

Las estaciones estarán ubicadas en la misma posición del sistema anterior, las estaciones adicionales se ubicarán la una en el cuarto de máquinas, sobre el partidor de la bomba de circulación principal, y la otra en el camarote del señor Comandante, junto al ingreso y sobre el escritorio.

Las estaciones de las alarmas se ubicarán la una junto a la estación de la mesa de ploteo, y la otra junto a la estación de torpedos.

Se utilizarán las mismas carcazas del sistema anterior, para todas las estaciones, sin embargo, estas deberán ser remodeladas con nuevos orificios, para que se adapten a nuestro sistema.

En los Anexos "8" y "9" se presentan las medidas de las aberturas que deberán hacerse en las carcazas, pero se debe esperar a tener todos los materiales, porque podría ocurrir que existan variación en las dimensiones.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- En el trabajo presentado se han aplicado los conocimientos recibidos en las aulas de clase, y, con los mismos, se ha dado una solución a un problema presente en los submarinos de la Armada del Ecuador.
- El problema ha sido resuelto de la manera más sencilla, tratando de evitar complicaciones en el diseño, lo que a la postre hubiera podido ocasionar complicaciones para el usuario, mayor dificultad en el mantenimiento y reparación, mayor costo de implementación y mayor posibilidad de fallas.
- El diseño de nuestro sistema cumple con los requerimientos del usuario, es un sistema flexible, con capacidad de sobrevivencia, de bajo costo porque aprovecha la capacidad instalada, además en las pruebas realizadas se demostró que la comunicación es segura y confiable.
- Este sistema brindará también más confortabilidad y seguridad a las unidades. Confortabilidad, porque ya no será necesario que un tripulante tenga que accionar el pulsador durante el tiempo que se

ejecute la alarma, sino que lo hará automáticamente presionando un botón, una sola vez. Seguridad porque se podrán reportar emergencias con mayor rapidez.

- Se han aprovechado para la generación de las alarmas los mismos parlantes del sistema de comunicaciones internas, de esta forma ya no será necesario utilizar los timbres y zumbadores que proporcionan un sonido un tanto molesto y demasiado fuerte.
- Los problemas de alta inducción y ruido electromagnético se han solucionado con el uso de conductores individualmente apantallados, la correcta conexión a tierra, y, los filtros necesarios.
- Se han seleccionado los componentes adecuados con el fin de obtener los mejores resultados. Igualmente, hemos preferido trabajar con voltajes bajos (12 V.); para facilitar la integración de todos los componentes, y además, porque, con voltajes bajos obtenemos menor distorsión de la señal.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda previo a la fabricación de las tarjetas electrónicas, comprar todos los elementos, a fin de evitar alteración en las dimensiones.
- Realizar pruebas entre 4 o más estaciones, previa a la instalación del sistema abordo, esto debido a que para la instalación se necesita

hacer modificaciones en las carcazas; y es lógico solucionar cualquier inconveniente que en Electrónica frecuentemente se da, antes de realizar dichas modificaciones.

- Utilizar toda la capacidad instalada posible, con el fin de abaratar costos.
- Utilizar los componentes de mejor calidad que existan en el mercado, con el fin de que el sistema tenga una vida útil prolongada.

ANEXOS

- ANEXO "1" Diagrama de Bloques General del Sistema
- ANEXO "2" Diagrama Esquemático de las Estaciones Intercomunicadoras
- ANEXO "3" Diagrama Esquemático del Circuito Generador de Alarmas Automáticas
- ANEXO "4" Diagrama ASM de las Alarmas Automáticas
- ANEXO "5" Diagrama Esquemático del Circuito de Control de Alarmas de Emergencia
- ANEXO "6" Diagrama Esquemático de la Integración de Alarmas y Estaciones Intercomunicadoras
- ANEXO "7" Diagrama Esquemático de las Estaciones del Puente y del Hombre Rana
- ANEXO "8" Diagrama Esquemático de la Estación Intercomunicadora con Interfase a la Tarjeta de Alarmas Automáticas
- ANEXO "9" Dimensiones y ubicación de los pines de entrada y salida de la Tarjeta Intercomunicadora
- ANEXO "10" Dimensiones y ubicación de los pines de entrada y salida de la Tarjeta Intercomunicadora con interfase a la Tarjeta de Alarmas Automáticas
- ANEXO "11" Dimensiones y ubicación de los pines de entrada y salida de la Tarjeta de Control de Alarmas de Emergencia
- ANEXO "12" Dimensiones y ubicación de los pines de entrada y salida de



la Tarjeta de Control de Alarmas de Emergencia

ANEXO "13" Dimensiones y Ubicación de los pines de entrada y salida de la Tarjeta de la Estación Puente – Hombre Rana

ANEXO "14" Vista Interior de la Tapa de la Caja de las Estaciones

ANEXO "15" Vista Interior de la Tapa de la Caja de las Alarmas

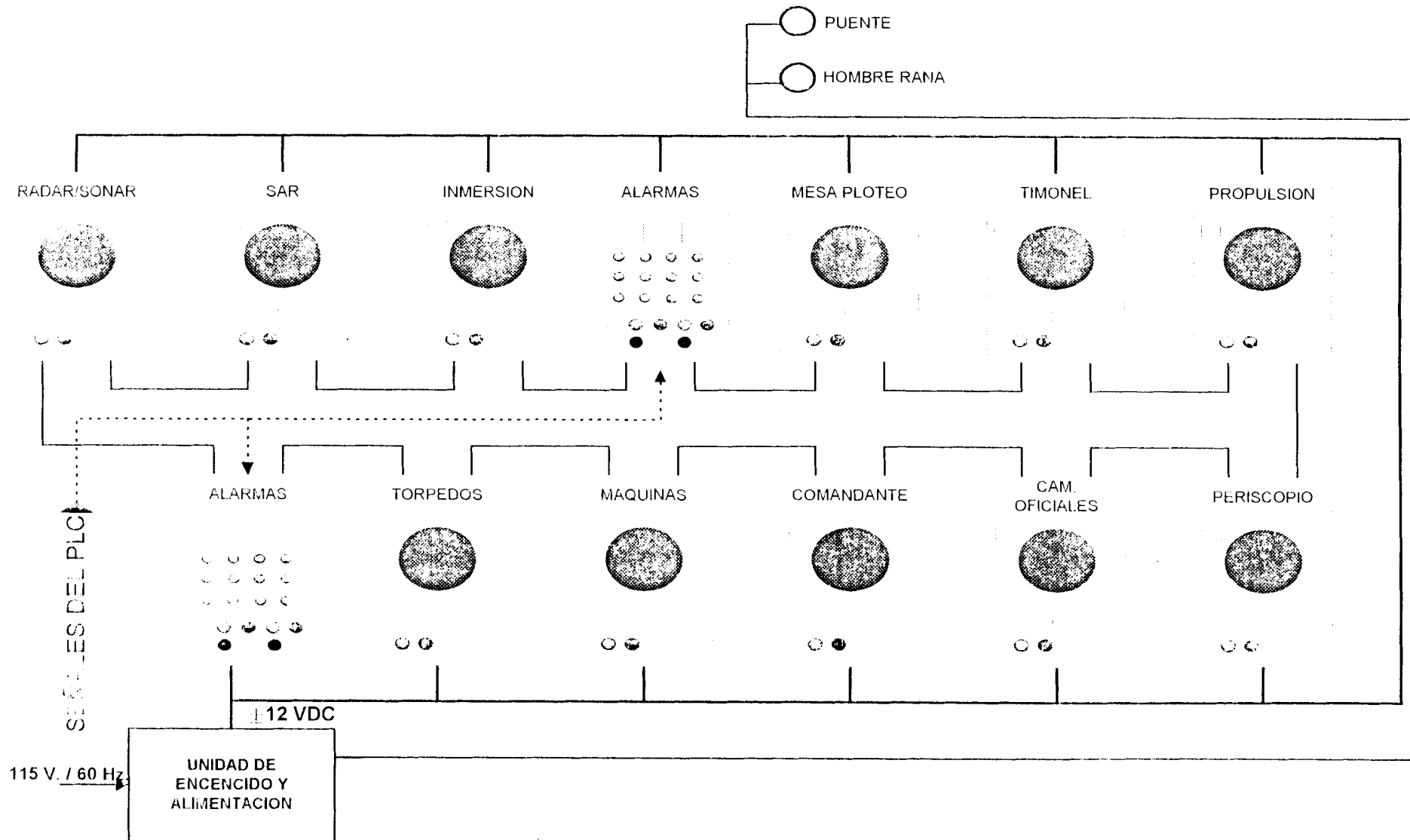
ANEXO "16" Tabla I

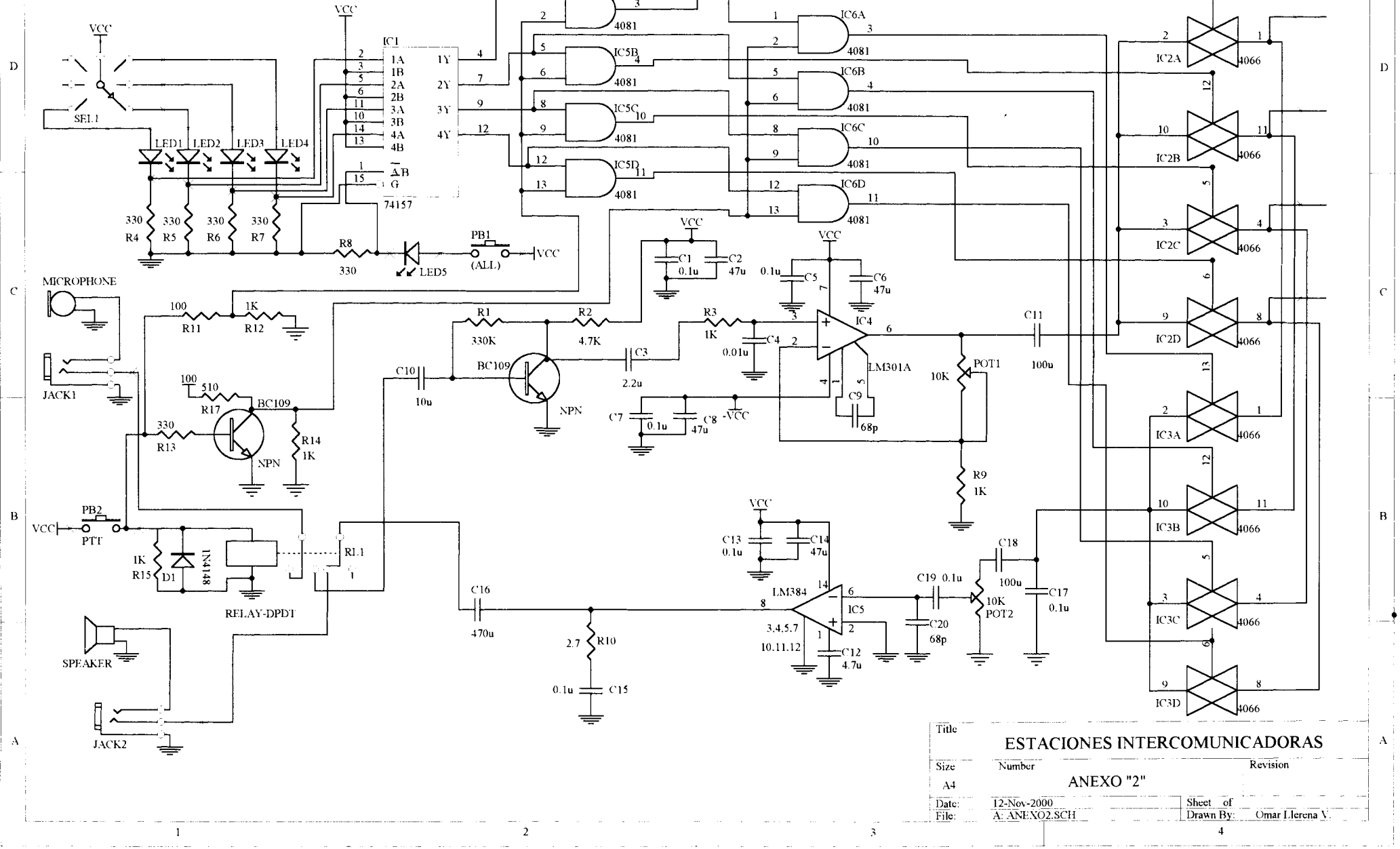
ANEXO "17" Tabla II

ANEXO "18" Respuesta de Frecuencia del LM384

ANEXO "1"

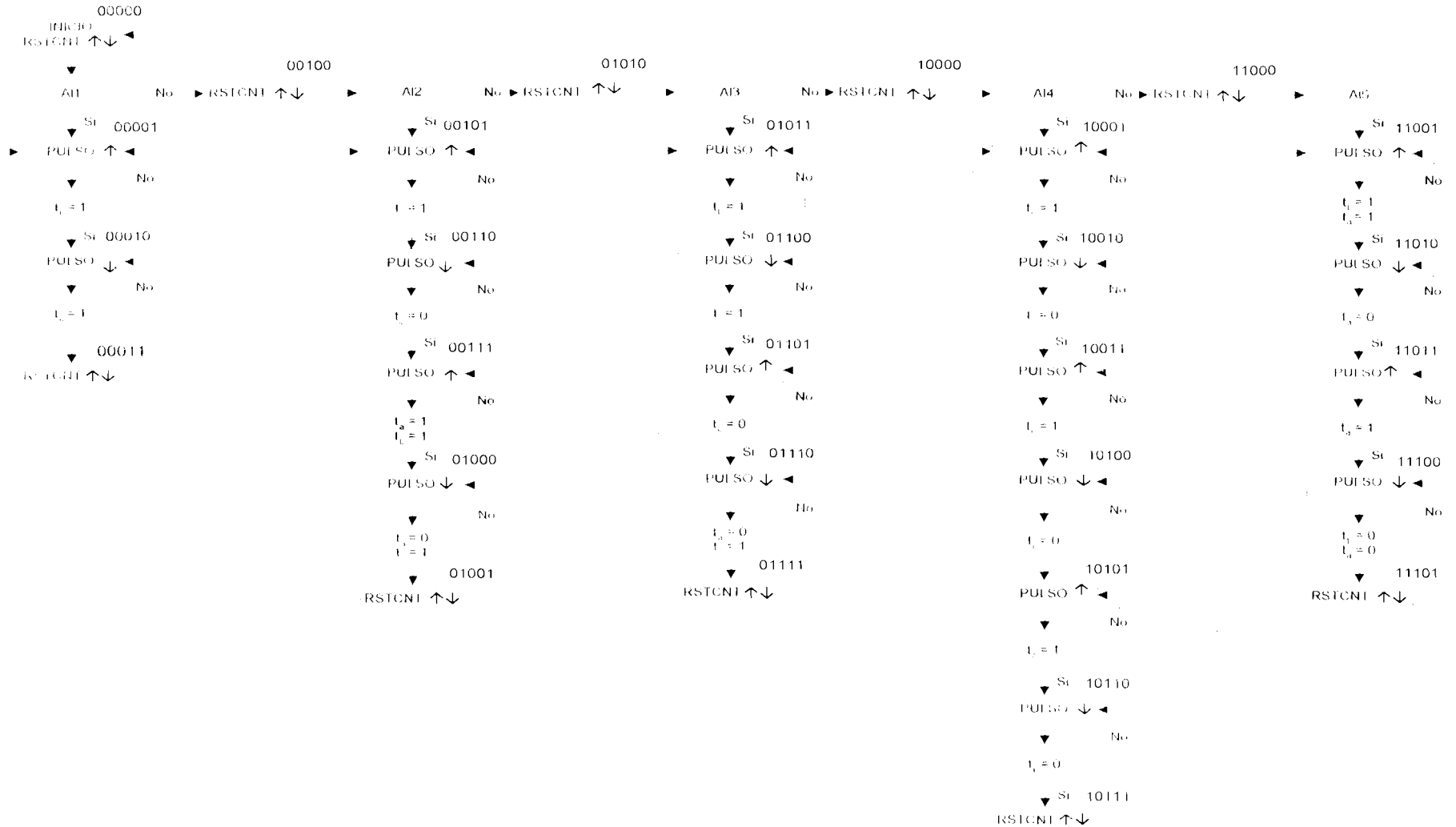
DIAGRAMA DE BLOQUES GENERAL DEL SISTEMA

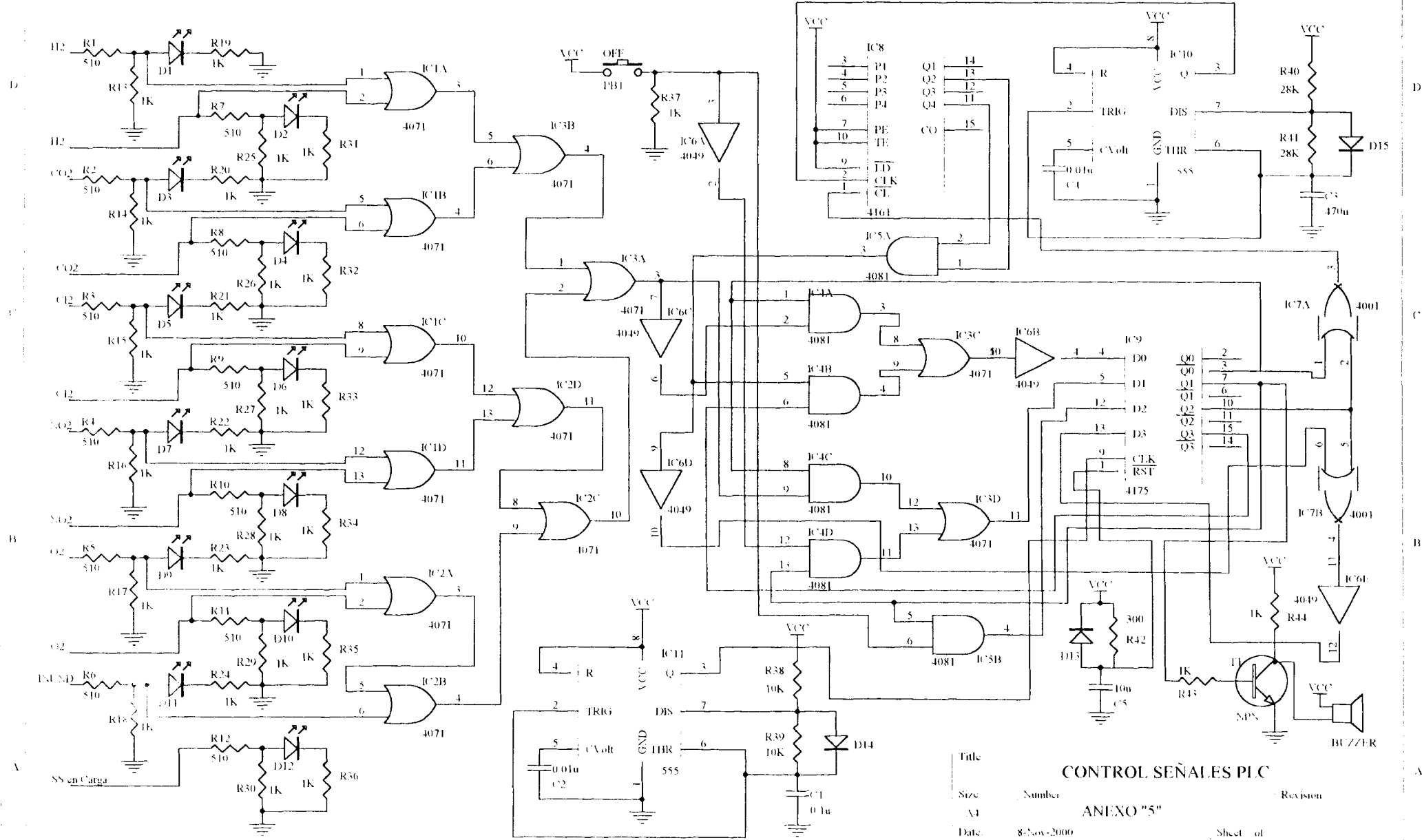




| | | |
|-------|-------------------------------|-----------------------------|
| Title | ESTACIONES INTERCOMUNICADORAS | |
| Size | Number | Revision |
| A4 | ANEXO "2" | |
| Date: | 12-Nov-2000 | Sheet of |
| File: | A: ANEXO2.SCH | Drawn By: Omar I. Jereña V. |

ANEXO "4" DIAGRAMA ASM DE LAS ALARMAS AUTOMATICAS

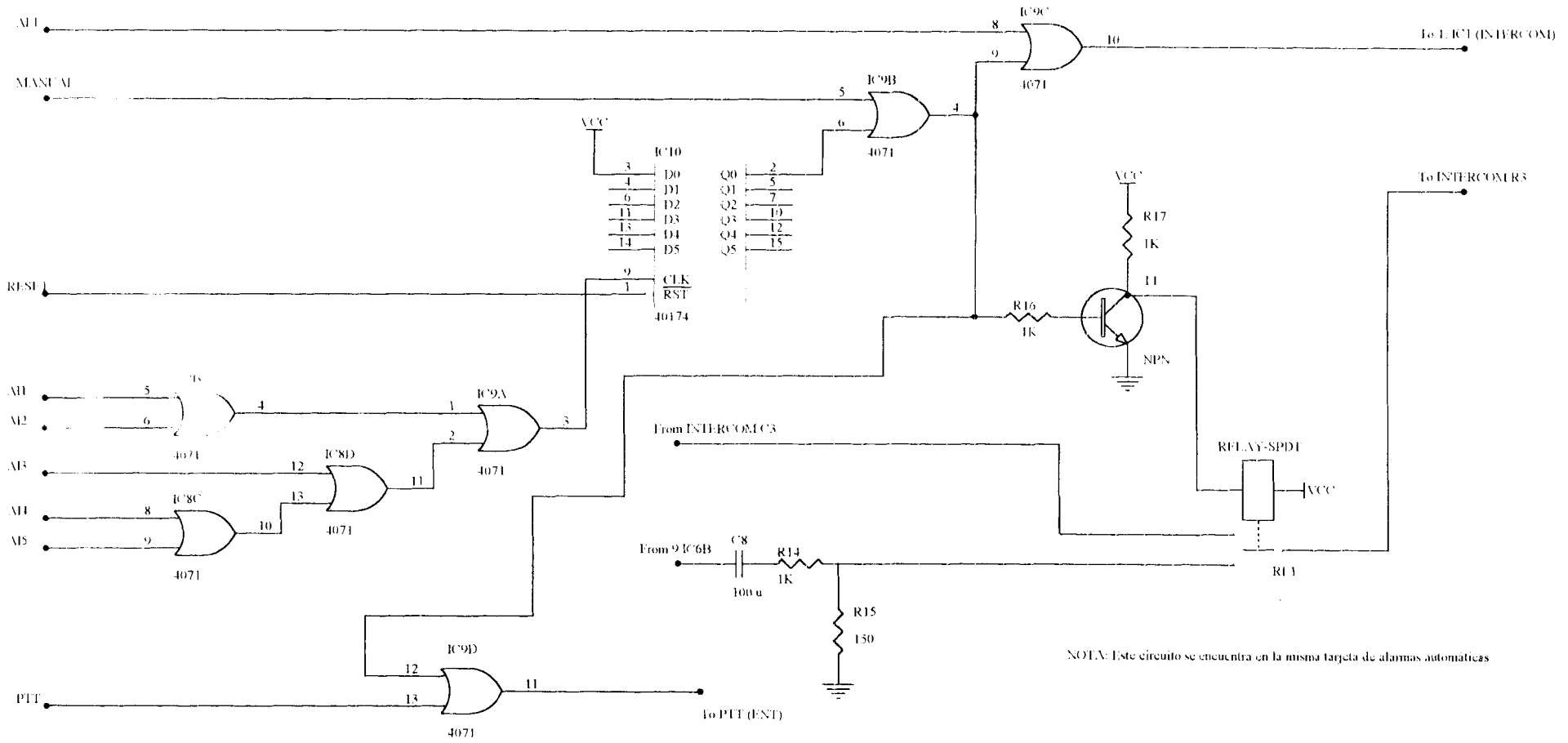




CONTROL SEÑALES PLC

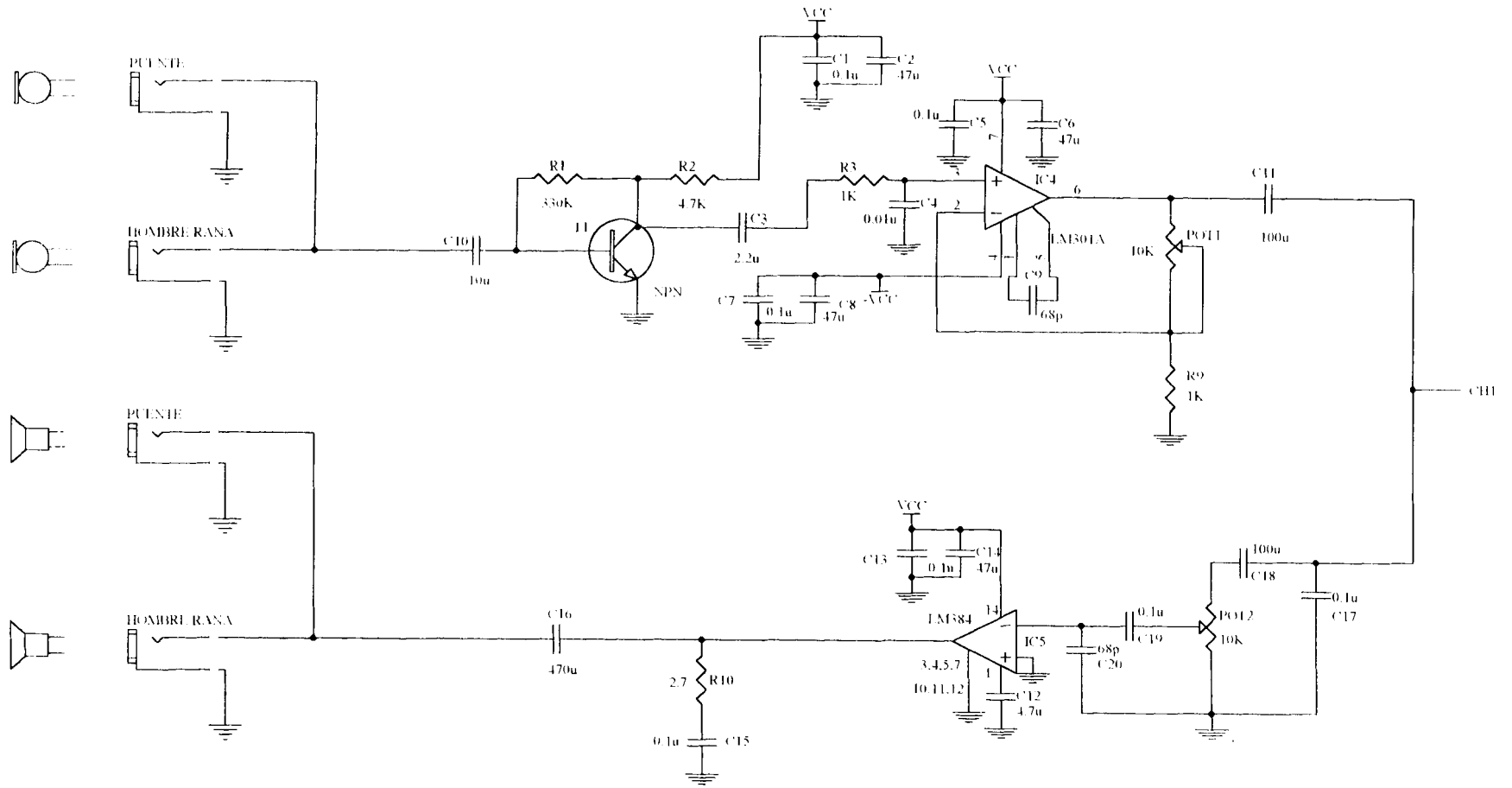
ANEXO "5"

| Title | Number | Revision |
|-------|--------------|-----------------|
| Size | A4 | |
| Date | 8-Nov-2000 | Sheet of |
| File | A-ANEXOS SCH | Drawn By: |
| | | Omar Herrera V. |



NOTA: Este circuito se encuentra en la misma tarjeta de alarmas automaticas

| | | |
|-------|-------------------------------------|----------------|
| Title | INTEGRACION DE ALARMAS CON INTERCOM | |
| Size | Number | Revision |
| A4 | ANEXO "6" | |
| Date: | 8-Nov-2000 | Sheet of |
| File: | A_ ANE No 06L5CH | Drawn By |
| | | Omar Herena A. |



Title

ESTACION PUENTE - HOMBRE RANA

Size

Number

ANEXO "7"

Revision

A4

Date: 8-Nov-2000

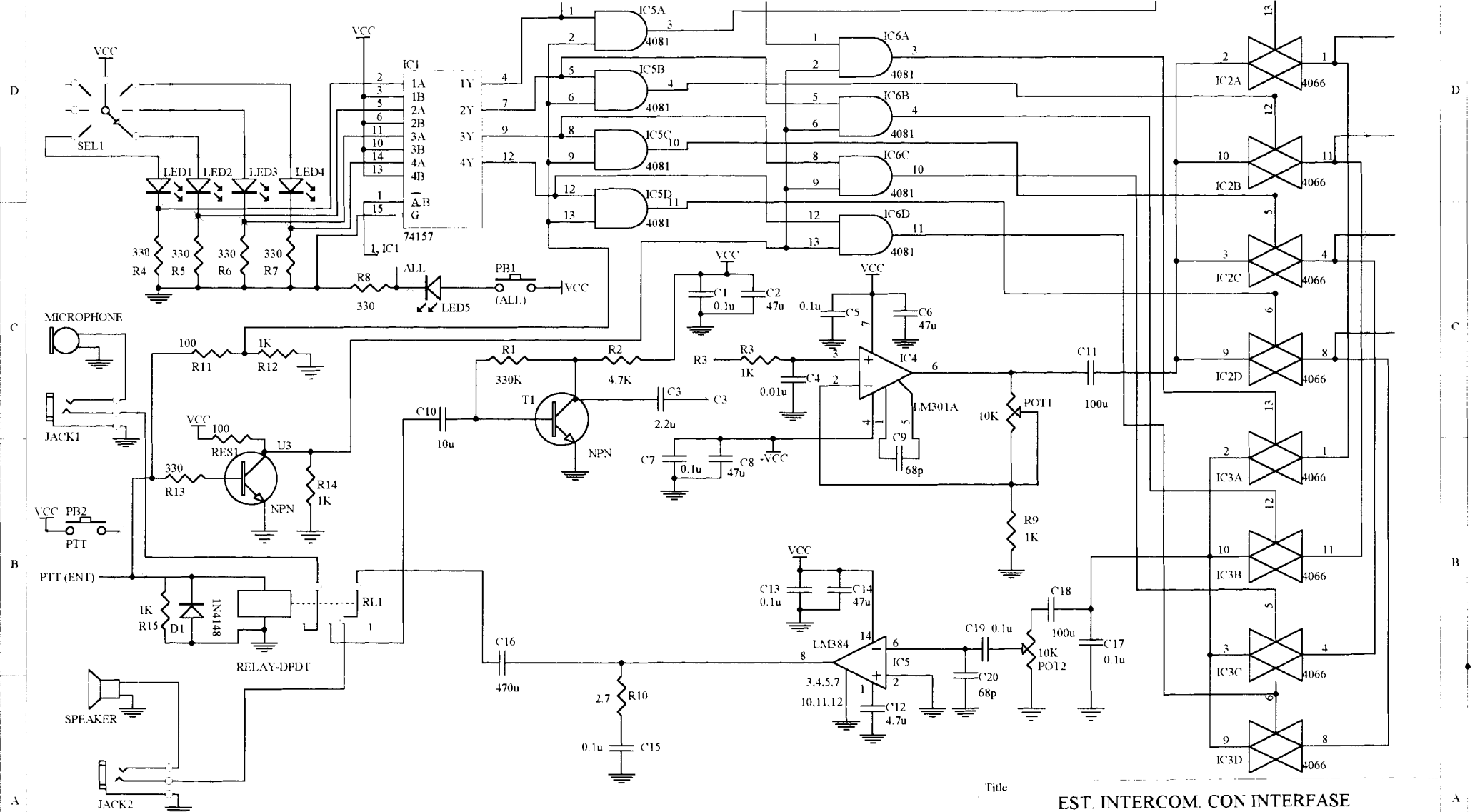
Sheet of

File:

A-ANEXO7.SCH

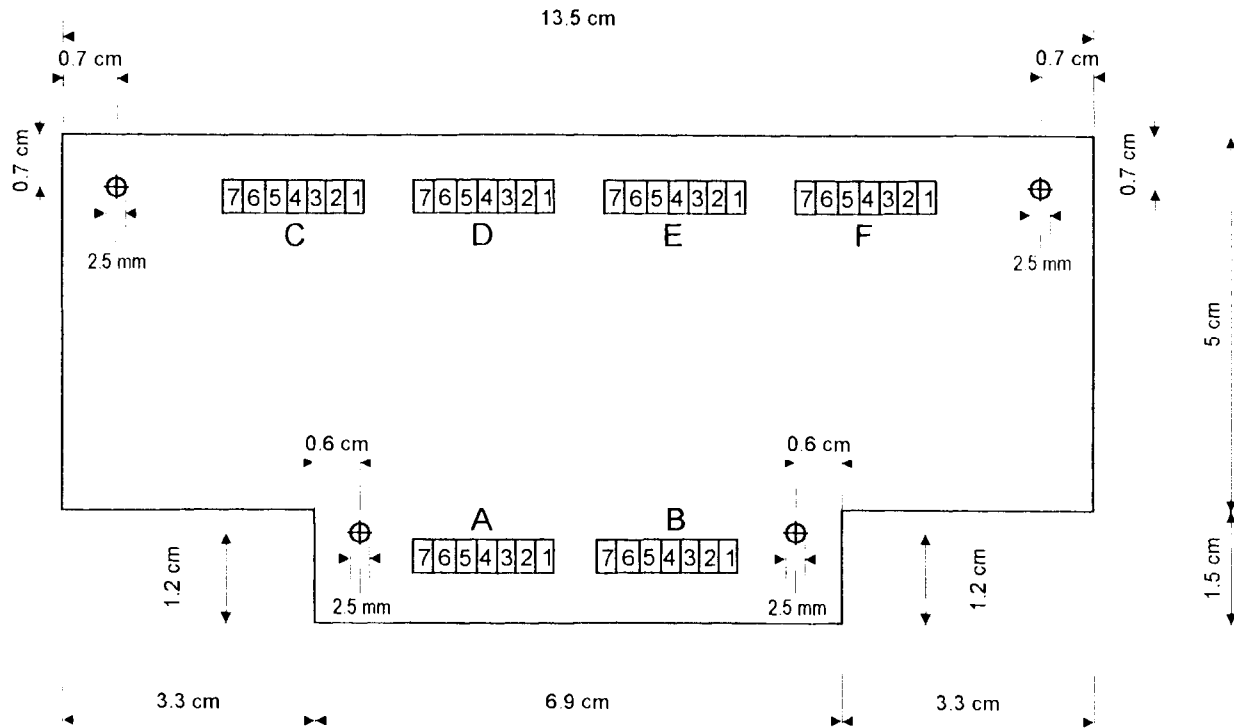
Drawn By

Omar Elerena V.



| | | |
|-------------------------------------|------------------|--------------------------|
| Title | | |
| EST. INTERCOM. CON INTERFASE | | |
| Size | Number | Revision |
| A4 | ANEXO "8" | |
| Date: | 12-Nov-2000 | Sheet of |
| File: | A: ANEXO8 SCH | Drawn By: Omar J. Jereña |

DIMENSIONES Y UBICACION DE LOS PINES DE ENTRADA Y SALIDA DE LA TARJETA INTERCOMUNICADORA CON INTERFASE A LA TARJETA DE ALARMAS

**A**

- 1 +Vcc
- 2 GND
- 3 -Vcc
- 4 CH1
- 5 CH2
- 6 CH3
- 7 CH4

B

- 1 ALL
- 2 IC1, Pin 1
- 3 C3
- 4 R3
- 5 PTT
- 6 PTT (ENT.)
- 7 NC

C

- 1 Vcc
- 2 GND
- 3 Ch1
- 4 Led 1 AN
- 5 Led 1 CAT
- 6 Ch2
- 7 Led 2 AN

D

- 1 Led 2 CAT
- 2 Ch3
- 3 Led 3 AN
- 4 Led 3 CAT
- 5 Ch4
- 6 Led 4 AN
- 7 Led 4 CAT

E

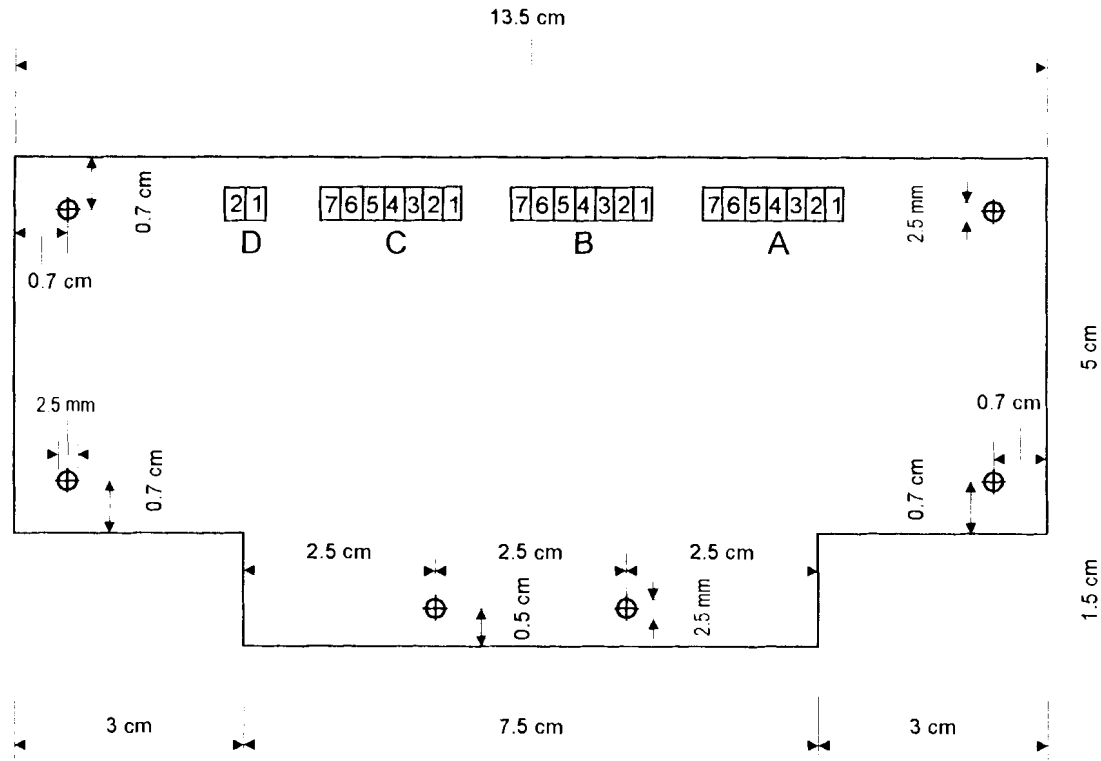
- 1 GND
- 2 PARL (OUT)
- 3 GND
- 4 MIC (IN)
- 5 Vcc ALL
- 6 ALL (IN)
- 7 Led 5 AN

F

- 1 Led 5 CAT
- 2 Vcc PTT
- 3 PTT (IN)
- 4 NC
- 5 NC
- 6 NC
- 7 NC

ANEXO "11"

DIMENSIONES Y UBICACION DE LOS PINES DE ENTRADA Y SALIDA DE LA TARJETA DE ALARMAS AUTOMATICAS



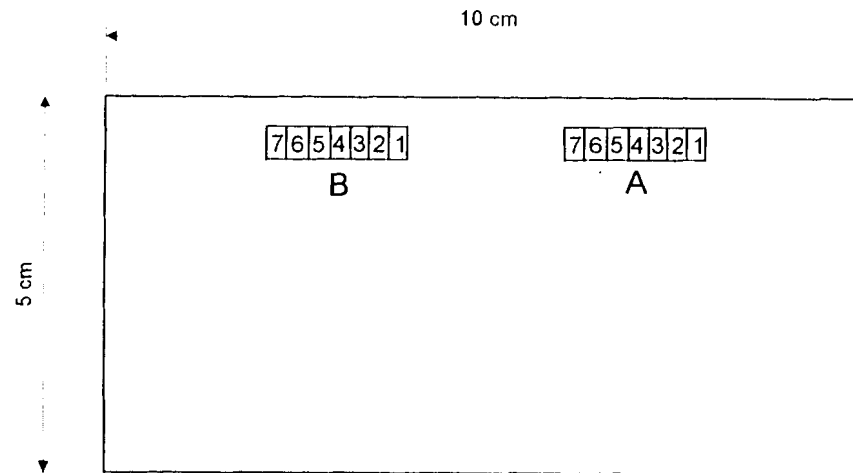
- A**
- 1 Vcc (AI5 OUT)
 - 2 AI5 (IN)
 - 3 Vcc (AI4 OUT)
 - 4 AI4 (IN)
 - 5 Vcc (AI3 OUT)
 - 6 AI3 (IN)
 - 7 Vcc (AI2 OUT)

- B**
- 1 AI2 (IN)
 - 2 Vcc (AI1 OUT)
 - 3 AI1 (IN)
 - 4 GND (RESET OUT)
 - 5 RESET (IN)
 - 6 Vcc (MANUAL OUT)
 - 7 MANUAL (IN)

- C**
- 1 De ALL (Intercom)
 - 2 Sale de 10, IC9C
 - 3 De C3 (Intercom)
 - 4 Sale del Rele
 - 5 De PTT (Intercom)
 - 6 Sale de 11, IC9D
 - 7 NC

- D**
- 1 Vcc
 - 2 GND

ANEXO "13"
**DIMENSIONES Y UBICACION DE LOS PINES DE ENTRADA Y SALIDA DE LA
TARJETA DE LA ESTACION PUELTE - HOMBRE RANA**

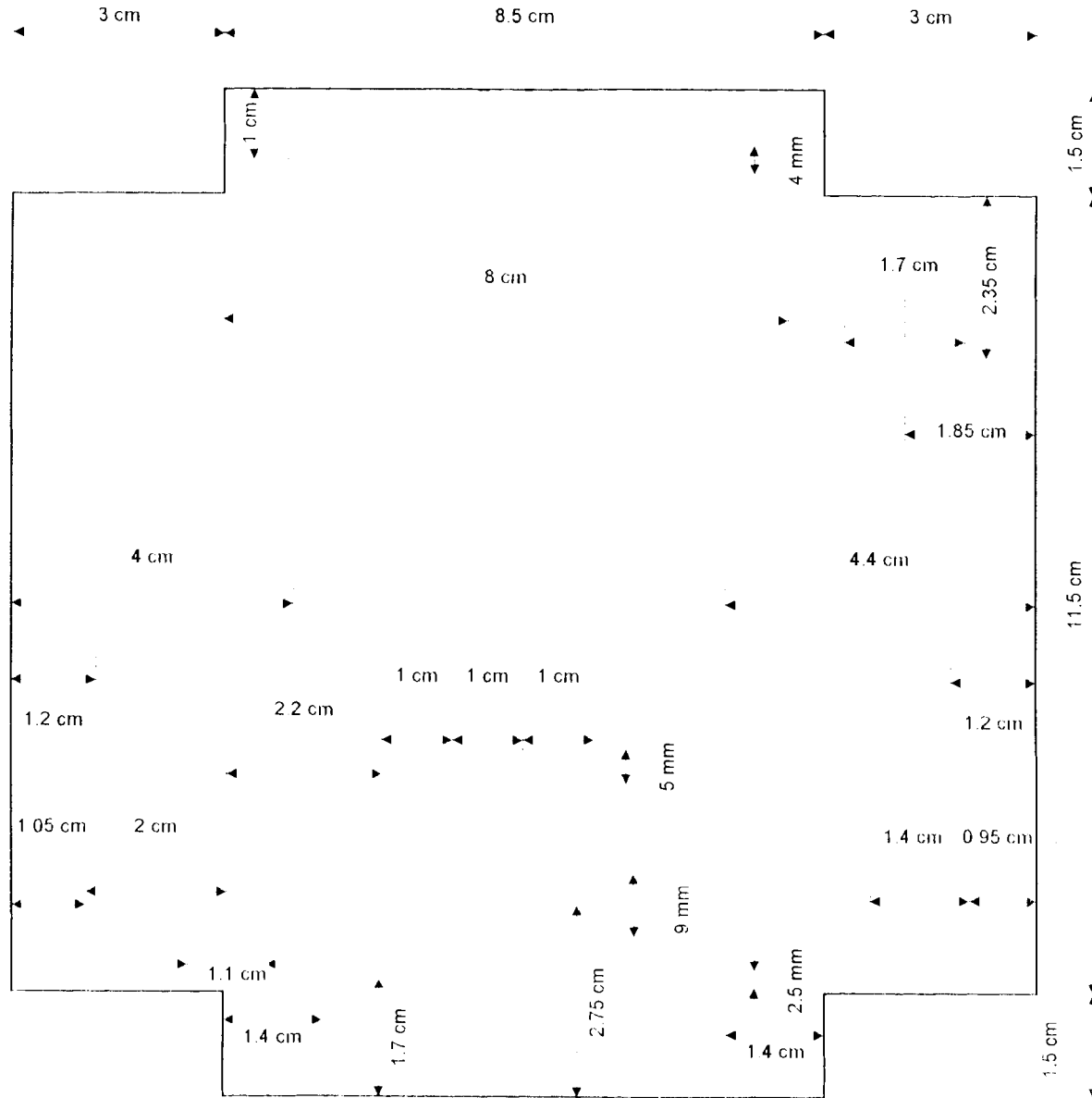


- A**
- 1 +Vcc
 - 2 -Vcc
 - 3 GND
 - 4 CH1
 - 5 MIC PTE (IN)
 - 6 GND MIC PTE
 - 7 MIC H. RANA (IN)

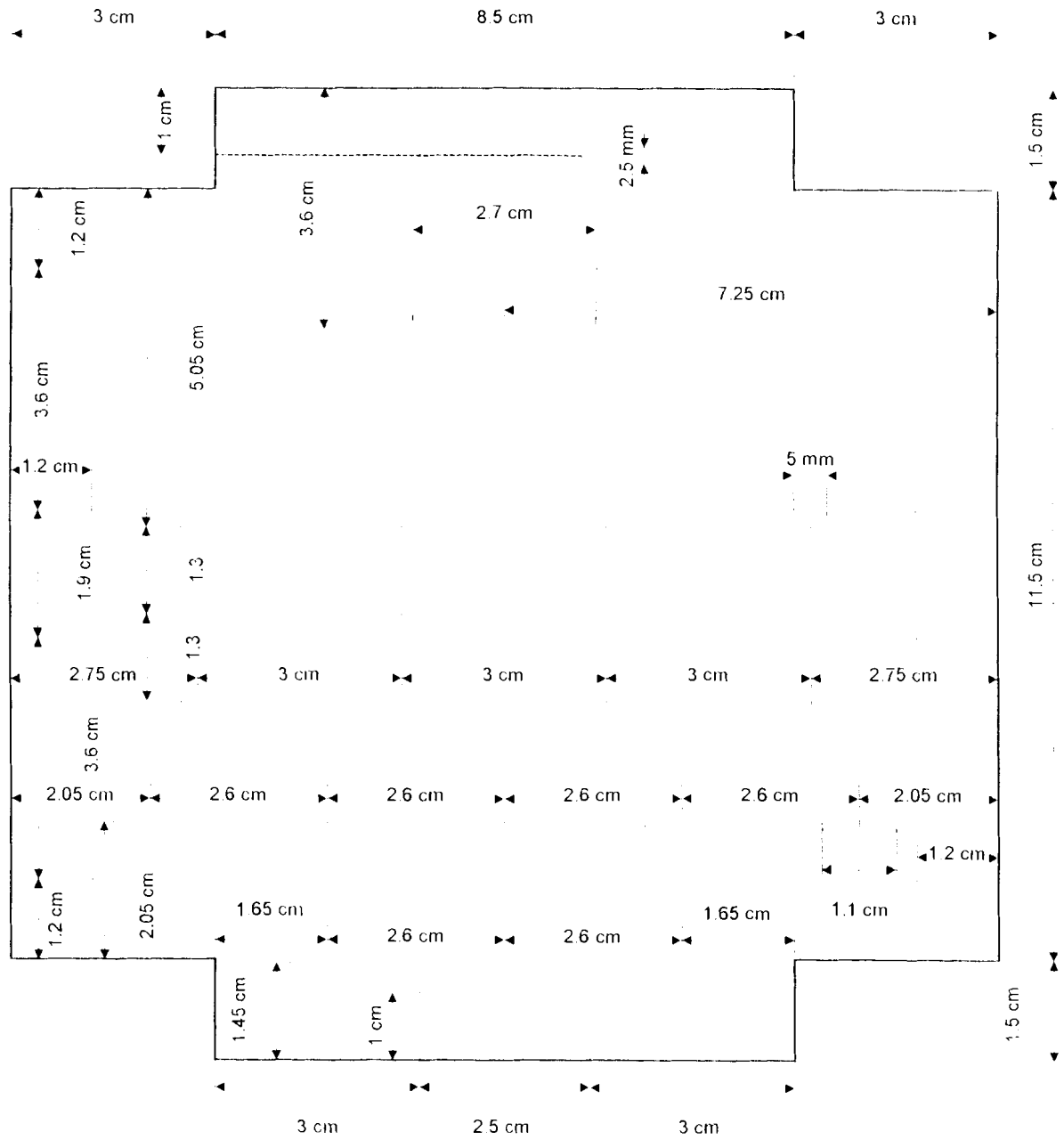
- B**
- 1 GND MIC H. RANA
 - 2 PARL. PTE (OUT)
 - 3 GND PARL. PTE
 - 4 PARL. H. RANA (OUT)
 - 5 GND PARL. H. RANA
 - 6 NC
 - 7 NC



ANEXO "14"
VISTA INTERIOR DE LA TAPA DE LA CAJA DE LAS ESTACIONES. ESCALA 1:1



ANEXO "15"
VISTA INTERIOR DE LA TAPA DE LA CAJA DE LAS ALARMAS. ESCALA 1:1



ANEXO "16"

TABLA I

| Designación | Nombre del sistema | Importancia | Clase |
|-------------|--|-----------------|----------|
| CA | Sistema de alarma de colisión | SV (superficie) | 1 |
| DC | Sistema de control de profundidad | V | 2 |
| DW | Sistema de alarma de dirección errada | V | 2 |
| EB | Sistema de señal de alimentación de caldera | NV | 1 |
| 1EC | Sistema de alarma de presión baja de aceite lubricante | SV | 2 |
| 2EC | Sistema de alarma de presión baja de aceite lubricante | SV | 1 |
| ED | Sistema de alarma de alta temperatura de generador | SV | 1 |
| EJ | Sistema de alarma de presión de alimentación | NV | 2 |
| EK | Sistema de alarma de presión de aire | NV | 2 |
| ET | Sistema de alarma de temperatura de caldera | NV | 1 |
| EV | Sistema detector de vapor explosivo | SV | 1 |
| EW | Sistema de alarma de alta temperatura de agua | NV | 1 |
| F | Sistema de alarma de alta temperatura | SV | 1 |
| FR | Sistema de alarma de fuga de dióxido de carbono | NV | 1 |
| FW | Sistema de advertencia de cubierta de vuelo | NV | 2 |
| GD | Sistema de alarma de inundación | SV | 2 |
| HB | Sistema de ordenes de fondeo | NV | 2 |
| HC | Sistema indicador de anemómetro | NV | 1 |
| HG | Sistema indicador de flujo de aire | NV | 1 |
| HY | Sistema detector de hidrógeno | SV | 1 |
| L | Sistema de ordenes a la caña | V | 2 |
| LC | Sistema de girocompas | V | 2 |
| 3MB | Sistema de ordenes de control de máquinas | V | 2 |
| 1MC | Sistema de Anunciamiento General | SV | 1 |
| 4MC | Sistema de anuncio de control de daños | SV | 2 |
| 5MC | Sistema de anuncio de cubierta de vuelo | SV | 2 |
| 7MC | Sistema de Anunciamiento de Control Submarino | V | 1 |
| 18MC | Sistema de anuncio del puente | NV | 2 |
| 20MC | Sistema de anuncio de información de combate | SV | 1 |
| N | Sistema indicador de ángulo de caña | V | 2 |
| PG | Sistema indicador de presión de manifold | NV | 2 |
| QD | Sistema de alarma de fuga de gasolina o combustible de | V | 1 |

ANEXO "17"

TABLA II

VALORES PARA LA RESPUESTA DE FRECUENCIA DEL LM384

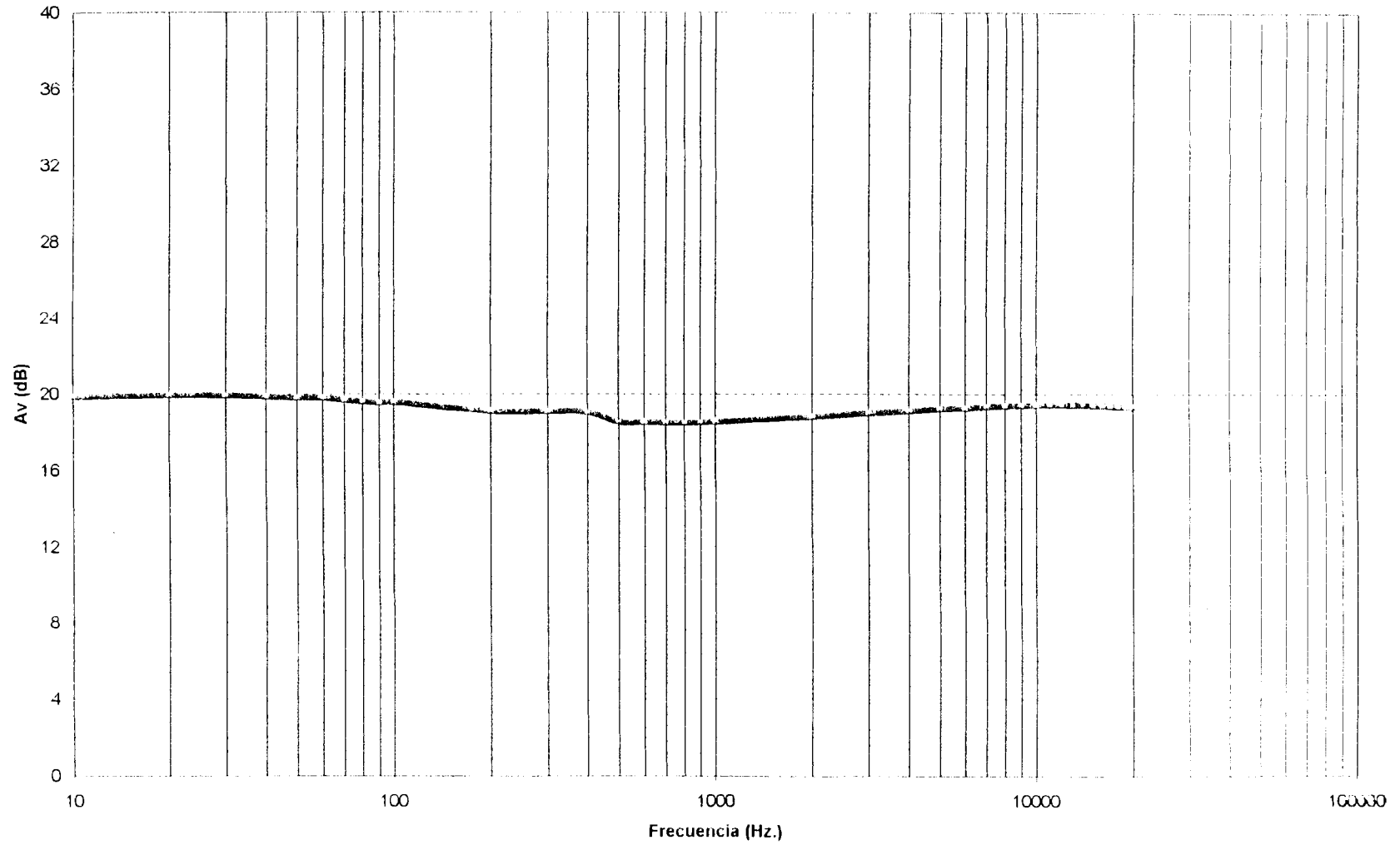
Señal de entrada:

Sinusoidal, 0.397 V_{RMS}

| V _{o RMS} | Frec (Hz) | Av (dB) |
|--------------------|-----------|---------|
| 3.912 | 10 | 19.872 |
| 3.950 | 20 | 19.956 |
| 3.942 | 30 | 19.939 |
| 3.918 | 40 | 19.885 |
| 3.889 | 50 | 19.821 |
| 3.887 | 60 | 19.816 |
| 3.837 | 70 | 19.704 |
| 3.799 | 80 | 19.618 |
| 3.781 | 90 | 19.576 |
| 3.792 | 100 | 19.602 |
| 3.582 | 200 | 19.107 |
| 3.576 | 300 | 19.092 |
| 3.563 | 400 | 19.061 |
| 3.356 | 500 | 18.541 |
| 3.352 | 600 | 18.530 |
| 3.341 | 700 | 18.502 |
| 3.343 | 800 | 18.507 |
| 3.353 | 900 | 18.533 |
| 3.366 | 1000 | 18.566 |
| 3.468 | 2000 | 18.826 |
| 3.544 | 3000 | 19.014 |
| 3.595 | 4000 | 19.138 |
| 3.639 | 5000 | 19.244 |
| 3.650 | 6000 | 19.270 |
| 3.680 | 7000 | 19.341 |
| 3.698 | 8000 | 19.384 |
| 3.711 | 9000 | 19.414 |
| 3.714 | 10000 | 19.421 |
| 3.719 | 11000 | 19.433 |
| 3.721 | 12000 | 19.437 |
| 3.719 | 13000 | 19.433 |
| 3.719 | 14000 | 19.433 |
| 3.712 | 15000 | 19.416 |
| 3.702 | 16000 | 19.393 |
| 3.693 | 17000 | 19.372 |
| 3.686 | 18000 | 19.355 |
| 3.673 | 19000 | 19.336 |
| 3.668 | 20000 | 19.313 |

ANEXO "18"

RESPUESTA DE FRECUENCIA DEL LM384



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

JACOB Michael J., Applications and Design with Analog Integrated Circuits. Second edition. Prentice Hall.

BOYLESTAD Robert L., NASHELSKY Louis. Electrónica: Teoría de Circuitos. Sexta edición. Prentice Hall.

VALERO S. Diego, AGUILAR P. Juan. Amplificadores de Potencia, Editorial Paraninfo, 1993.

GUMHALTER Hans, Sistemas de Alimentación de Energía para las Telecomunicaciones, Siemens.

STALLINGS William, Comunicaciones y Redes de Computadores, Quinta edición. Prentice Hall.

THB304. Intercommunications System. Description and Operation. (Restringido)

NAVAL SHIPS TECHNICAL MANUAL, Department of the Navy, Chapter 65 Section S65-0, S65-1, S65-2, S65-3, S65-4.

ELECTRONICA FACIL, No. 15, 1993.

ELECTRONICA FACIL, No. 3, 1992.

- www3.labc.usp.br/EC4514/AUDIO/MICROFONOS/Microfonos.html
- www3.labc.usp.br/EC4514/AUDIO/MICROFONOS/Transductores_basicos.html
- www3.labc.usp.br/EC4514/AUDIO/MICROFONOS/Caracteristicas_direccionales.html
- www3.labc.usp.br/EC4514/AUDIO/Altoparlantes/Altoparlantes.html
- www.ctv.es/rockits/home.html