

300617



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA ALA UNAM

2
11/2
allier

**SISTEMA DE ALARMA INDUSTRIAL VIA
ULTRASONIDO**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
VICTOR HUGO ALLIER CORONA

DIRECTOR DE TESIS:
ING. PATRICIA VAZQUEZ AGUILERA

MEXICO, D. F.

1989

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE.-

- Introducción.

CAPITULO I.- Definiciones Básicas.	Página
1.1 - Definiciones Básicas.	1
1.2 - Definiciones Básicas y su expresión por fórmulas.	6
1.3 - Unidades de medida de magnitudes Acústicas.	9
1.4 - Histórico de Aplicación de Transductores.	10
1.5 - Operación General de los Transductores.	12
CAPITULO II.- Características del Ultrasonido.	
2.1 - Características del Ultrasonido.	14
2.2 - Efecto Doppler.	16
2.3 - Nota de Batido.	20
2.4 - Teoría Básica de Sistemas de Ondas Ultrasonónicas.	21
2.5 - Medidas de Nivel y Presión Sonoras.	23
2.6 - Características Básicas de Redes Ponderadas.	25

CAPITULO III.- Clasificación de Transductores. Página

3.1 - Clasificación de Transductores de Sonido.	27
3.2 - Sensores de Vibración.	33
3.3 - Transductores de Presión Dinámica Diseño y Operación.	34
3.4 - Diseño y Operación de Transductores Piezoeléctricos.	34
3.5 - Diseño y Operación de Transductores Capacitivos.	36

CAPITULO IV.- Tipos de Sistemas de Ultrasonido.

4.1 - Sistemas de Control de Ondas de Ultra- sonido por un solo Sensor.	38
4.2 - Diseño Prototipo de un Sistema por un solo Sensor.	38
4.3 - Aplicación de Sistemas de un solo Sensor de Ultrasonido.	40
4.4 - Sistemas de Ultrasonido por dos Sensores.	44
4.5 - Diseño Prototipo de un Encapsulado de dos Sensores de Ultrasonido.	46
4.6 - Aplicación de Sistemas de dos Sensores de Ultrasonido.	47
4.7 - Instalación de Sistemas de dos Sensores de Ultrasonido.	50

CAPITULO V.- Especificaciones y Características. Página

5.1 - Especificaciones Importantes para el Diseño del Sistema.	52
5.2 - Características Mecánico-Eléctricas de los Transductores.	52
5.3 - Características del Método de Sensado.	57

CAPITULO VI.- Circuito Prototipo.

6.1 - Análisis del Circuito Básico de nuestro Prototipo.	58
6.2 - Características Básicas de Operación.	58
6.3 - Etapa de Transmisión del Circuito.	59
6.4 - Etapa de Recepción del Circuito.	59
6.5 - Diagrama del Circuito Prototipo.	61

CAPITULO VII.- Aplicaciones.

7.1 - Otras Aplicaciones del Ultrasonido.	62
--	-----------

- APENDICE A

Página

- Relación de Especificaciones y Estandares.

A.1 - Estandares ANSI. 64

A.2 - Estandares ISO. 65

- Conclusiones. 68

- Bibliografía. 69

Introducción

La finalidad de este trabajo básicamente, es el poder, detectar, analizar, comparar y dar aviso de alarma, en un sistema de aplicación industrial. Esto se determinará mediante sensores de Ultrasonido, como son los TRANSDUCTORES PIEZOELECTRICOS.

Para esto, se debe de considerar que se trabajará con ondas sonoras que viajan a través de diferentes medios, en este caso en particular, se tendrá como medio, al medio ambiente (AIRE). Observando que existen variaciones en dicho medio como son: el EFECTO DE LA HUMEDAD, el EFECTO DE LA TEMPERATURA, y la INTRUSION DE OTRAS ONDAS CERCANAS, generadas por otras fuentes. Todo esto produce una atenuación de dicha onda por lo que deberá de tomarse en cuenta la distancia y el medio por el que se transmitan las ondas.

Observandose que se trata de una relación directamente proporcional, la que se refiere a que a mayor distancia de separación entre el emisor y el receptor, existe una mayor atenuación. Teniendose en cuenta esto, deberá de seleccionarse el amplificador que tenga las mejores características para realizar una buena amplificación, y tener así, un excelente sistema de control.

CAPITULO I

1.1 - DEFINICIONES BASICAS

El **SONIDO**, es una oscilación en presión, tensión, desplazamiento de partículas, velocidad o densidad de partículas que se propagan en un material o medio, viscoso o elástico, o la superposición de oscilaciones semejantes (**ONDA DE SONIDO**); también, es la sensación auditiva provocada por estas oscilaciones (**SENSACION DE SONIDO**).

La **ENERGIA SONORA**, de una porción de un medio es la energía total en esa porción, menos la energía que existiría si no estuvieran presentes ondas de sonido.

La **PRESION SONORA**, es la presión instantánea total, en un punto dado, en presencia de una onda de sonido, menos la presión estática en ese punto.

La **PRESION SONORA DE PICO**, es el valor absoluto máximo de la presión sonora instantánea dentro de un intervalo de tiempo especificado.

La **PRESION SONORA EFECTIVA**, es el valor cuadrático medio de las presiones sonoras instantáneas dentro de un intervalo de tiempo especificado, en un punto determinado.

El **NIVEL DE PRESION SONORA**, se expresa normalmente en **DECIBELIOS (dB)**, definidas como veinte veces el logaritmo en base 10 de la relación entre la presión sonora efectiva (**VOLTAJE EFICAZ**) y la presión (**VOLTAJE EFICAZ**) de referencia, p_0 :

$$L_p = SPL = 20 \log_{10} \frac{p_{\text{eficaz}}}{p_0 \text{ eficaz}}$$

donde:

L_p y **SPL** son: símbolos aceptadas del nivel de presión de sonido expresados en **dB**.

La presión de referencia debe estar indicada. Normalmente se toma como :

$2 \times 10^{-4} \mu\text{bar}$ ($2 \times 10^{-5} \text{Pa}$) ó

1 bar (1 dina/cm² . 0.1 Pa).

El **NIVEL SONORO**, es la cuantificación del nivel de presión de sonido (dB), en un punto de un campo sonico, referenciado al rango de frecuencia audible, visualizado sobre un **MEDIDOR DE NIVEL SONORO** que cumpla las prescripciones de un estandar nacional o internacional. Ejemplos de estos estandares son:

Internacional: IEC R 179;

U.S.: ANSI S1.4-1971;

ALEMANIA: DIN 45 633.

y algunos otros ya mencionados en referencias de **NORMAS INTERNACIONALES**.

Un **IMPULSO DE SONIDO**, es un sonido consistente en una manifestación súbita (en vez de mantener tonos continuos).

La **INTENSIDAD SONORA**, es el flujo medio de energía sonora transmitido en una dirección especificada a través de la unidad de área normal a esta dirección en un punto determinado.

La **POTENCIA DE SONIDO**, (de una fuente), es la energía sonora total radiada por la fuente, por unidad de tiempo.

La **ABSORCION DE SONIDO**, es el proceso por el cual una energía sonora queda disminuida, convirtiendose parcialmente en otra forma de energía, usualmente calor, al pasar a través de un medio o chocar con una superficie.

Una FUENTE DE SONIDO SIMPLE, es una fuente que radia sonido uniformemente en todas las direcciones, bajo condiciones de campo libre.

Un CAMPO SONICO, es una región que contiene ondas de sonido.

Un CAMPO SONICO LIBRE, es una campo sónico en un medio homogéneo libre de límites acústicamente reflectantes.

RUIDO, (en Acústica), es cualquier sonido indeseado.

DOSIS DE RUIDO, es la acumulación de ruido a que una persona se expone con referencia a un nivel de sonido especificado (típicamente 90 dB) dentro de un periodo de tiempo especificado por ejemplo: (8 horas).

La VELOCIDAD DE PROPAGACION, es una magnitud vectorial que describe la velocidad y dirección a la que una onda de sonido viaja a través de un medio.

TIEMPO DE REVERBERACION, es el tiempo requerido por la densidad de energía sonora media, a una determinada frecuencia, en disminuir, cuando la fuente que se encontraba en regimen estacionario pasa a emitir a un valor de 10 (-60 dB) su valor inicial.

La RESPUESTA FRECUENCIAL, (de un transductor que mide presión sonora), es la relación, en función de la frecuencia, de la salida del transductor a la presión sonora, que se aplica con igual fase y amplitud sobre toda la superficie del elemento sensor del transductor.

La RESPUESTA FRECUENCIAL EN CAMPO LIBRE, (de un transductor que mide presión sonora), es la relación, en función de la frecuencia, de la salida del transductor en un campo sónico a la presión sonora en campo libre que existiría en la situación del transductor si el transductor no estuviera presente.

La RESPUESTA DE INCIDENCIA NORMAL EN CAMPO LIBRE, es la respuesta en frecuencia en campo libre cuando el sonido incide sobre una superficie sonora especificada del transductor en una dirección normal a dicha superficie.

La RESPUESTA DE INCIDENCIA TANGENCIAL EN CAMPO LIBRE, es la respuesta en frecuencia en campo libre cuando el sonido incide sobre una superficie sonora especificada del transductor en una dirección paralela a dicha superficie.

La RESPUESTA DE INCIDENCIA ALEATORIA, es la respuesta en frecuencia en campo difuso (de un transductor que mide presión de sonido), cuando el sonido incidente en una superficie sonora especificada del transductor es de dirección aleatoria.

SONIDO DIFUSO, es el sonido en una región dada, que tiene una densidad de energía sonora uniforme, tal que todas las direcciones de flujo de energía sonora en todos los puntos de la región son igualmente probables.

DIRECTIVIDAD, (de un transductor que mide presión sonora) es el ángulo sólido o el ángulo en un plano especificado, sobre el que se mide el sonido incidente sobre el elemento sensor (dentro de unas tolerancias especificadas), a una frecuencia de sonido especificada ó en una banda de frecuencias de sonido especificadas.

El FACTOR DE DIRECTIVIDAD, es la relación entre el cuadrado de la salida (de un transductor que mide presión de sonido), producido en respuesta al sonido incidente en una dirección especificada y la salida cuadrática media que podría producirse en un campo de sonido perfectamente difuso, en la misma frecuencia ó banda de frecuencia y con la misma presión de sonido cuadrática media.

Un **GRAFICO DE RESPUESTA DIRECCIONAL**, (gráfico de directividad), de un transductor que mide presión sonora es una descripción usualmente en forma gráfica, de la respuesta del transductor en función de la dirección de incidencia de las ondas de sonido en un plano especificado, a una frecuencia o bandas de frecuencia especificadas.

El **VOLUMEN EQUIVALENTE**, de un transductor que mide presión sonora es su impedancia acústica de entrada expresada en términos de la impedancia acústica de un volumen equivalente de gas interior a una cavidad rígida.

1.2 - DEFINICIONES BASICAS Y SU EXPRESION POR FORMULAS.

PRESION SONORA (considerada como presión en terminos generales):

$$p_s = \frac{F_s}{A}$$

donde:

p_s = presión sonora

F_s = fuerza debida al sonido actuante sobre una superficie

A = Area de la superficie.

IMPEDANCIA ACUSTICA Y VELOCIDAD DE VOLUMEN:

$$Z_a = \frac{p_s}{S_m}$$

$$Z_a = R_a + j X_a$$

$$U = S u$$

donde :

Z_a = impedancia acústica

p_s = presión sonora (Voltaje eficaz)

S = área de superficie (sobre la que las ondas de sonido actúan.

u = velocidad de partícula (de una porción infinitesimal del medio).

R_a = resistencia acústica

X_a = reactancia acústica

U = velocidad de volumen.

FLUJO DE ENERGIA SONORA

INTENSIDAD SONORA

$$J = \frac{p^2}{\rho c} S \cos \theta$$

$$I = \frac{p^2}{\rho c}$$

donde:

J = flujo de energía sonora (para un período)

I = intensidad del sonido (en la dirección de propagación.)

P = presión sonora

ρ = densidad del medio

c = velocidad de propagación de la onda de sonido libre plana o esférica).

S = área (de la superficie sobre la que actúa el flujo)

θ = ángulo entre la normal al área S y la dirección de la trayectoria de la onda de sonido.

POTENCIA ACUSTICA TOTAL RADIADA POR UNA FUENTE PUNTUAL.

$$W_p = 4 \pi r^2 I$$

donde:

W_p = potencia acústica

r = distancia a la fuente puntual

I = intensidad sonora

NIVEL ESPECTRAL (para una banda de frecuencia dada).

$$S (f) = L_p - 10 \log_{10} \Delta f$$

donde:

$S (f)$ = nivel espectral a frecuencia central (de la banda), dB

L_p = SPL = nivel de presión sonora , dB.

Δf = ancho de banda, Hz.

1.3 - UNIDADES DE MEDIDA DE MAGNITUDES ACUSTICAS.

La PRESION SONORA puede expresarse en PASCALS (Pa) o en unidades equivalentes que no sean del sistema SI como:

$$\text{Dinas/cm}^2 \text{ (0.1 Pa)}$$

sin embargo, se expresa generalmente como: NIVEL DE PRESION SONORA, en decibelios (dB), como se ha explicado anteriormente en la definici3n de presi3n sonora.

El nivel de presi3n sonora (SPL o L_p) se denomina usualmente como:

$$2 \times 10^{-4} \text{ bar (0.0002 dina /cm}^2 \text{ = } 20 \mu\text{Pa)}$$

si no se especifica una presi3n de referencia diferente.

La potencia de sonido se expresa en "WATTS" (W).

La IMPEDANCIA ACUSTICA, RESISTENCIA Y REACTANCIA se expresan en:

$$\text{Ns/m}^2$$

esta unidad es tambien denominada como :

OHM mks acustico.

1.4 - HISTORIA DE APLICACION DE TRANSDUCTORES.

Como principal personaje tenemos a Langevin que fué uno de los primeros en aplicar el efecto piezoeléctrico al problema de la generación de ultrasonidos, cuando fué comisionado por el gobierno francés durante la primera guerra mundial para encontrar un medio para localizar los submarinos enemigos que entonces atacaban a los buques franceses. Después de considerar el problema, encontró que el efecto piezoeléctrico hacía útiles los cristales de cuarzo para este fin, y su patente descubre la idea de un mosaico de cristales cementados juntamente entre sí, entre placas de acero. Empleados para engendrar y recibir ondas ultrasónicas.

El cristal de cuarzo tiene la propiedad de aumentar de volumen, y transmitir una onda ultrasónica cuando se aplica sobre él una tensión eléctrica, y también puede producir una señal eléctrica cuando se le hace vibrar mecánicamente. El dispositivo no se empleó durante 1914 a 1918 en absoluto, ya que el desorden no había sido determinado lo bastante pronto. Sin embargo, desde entonces, el cuarzo y los demás cristales han llegado a ser la base de varios medios de detección y señalización subacuáticas, de sistemas de escucha y de dispositivos de sondeo de profundidad. Naturalmente, desde la fecha de la patente de Langevin, se han realizado una gran cantidad de experimentos adicionales.

Además del cuarzo, la sal de Rochelle es uno de los principales materiales empleados en la generación de ultrasonidos, especialmente en el margen de bajas frecuencias y para su utilización en líquidos, como en la señalización de submarinos.

A.M. Nicolson, de los laboratorios Bell, realizó un trabajo pionero con cristales de sal de Rochelle, aproximadamente durante la misma época que Langevin. El efecto piezoeléctrico de las sales de Rochelle es considerablemente mayor que el del cuarzo. Sin embargo, las unidades son mucho más blandas y, por consiguiente, mucho más susceptibles a la ruptura y a la inutilización que el cuarzo. Por otra parte, el trabajo de los transductores en los submarinos, está protegido por una caja y, por esta razón, se puede utilizar la sal de Rochelle.

Durante la Segunda Guerra Mundial, se desarrollaron algunos otros cristales artificiales, principalmente para el trabajo en submarinos. Estos cristales tienen características especialmente adaptadas a tales aplicaciones. Mas recientemente el Titanato de Bario y el Sulfato de Litio se han convertido en agentes de uso común en las aplicaciones industriales.

Desde cualquier punto de vista DURACION, ECONOMIA, FACILIDAD DE FABRICACION y SIMPLICIDAD, el cristal de cuarzo es uno de los tipos más apreciados de las unidades generadoras que se pueden escoger para el trabajo ultrasónico. El cristal con corte en (X) es el más utilizado comúnmente, ya que genera ondas longitudinales o (L). Para la producción de ondas de cizalladura se usan los cristales con corte en (Y), pero este tipo de movimiento ondulatorio no se desplaza a través de líquidos o gases, en los que no hay elasticidad transversal. Además, para su empleo con sólidos cortados en (Y), deberán acoplarse al trabajo mediante medios especiales. Por esta razón, los cristales con corte en (Y) no se aplican generalmente.

1.5 - OPERACION GENERAL DE LOS TRANSDUCTORES.

Un **TRANSDUCTOR** se define como un dispositivo que recibe energía de un sistema y la retransmite de una manera diferente, a otro sistema. Por otro lado, un **SENSOR** se define como un dispositivo que es sensible a la luz, temperatura, impedancia eléctrica, así como a ciertos niveles de radiación, estos transmiten una señal que puede ser cuantificable por algún sistema electrónico, que puede ser un sistema de alarma o un dispositivo de control.

El término **TRANSDUCTOR**, **SENSOR**, y/o " **PICK UP** " (reproductor eléctrico de tono), es aplicado en instrumentación electrónica, este denota la magnitud de un estímulo aplicado, que es convertido en una señal eléctrica proporcional a la cantidad del estímulo. Las variaciones en este fenómeno, pueden en varios casos, referirse con respecto al tiempo.

Broadly define al **TRANSDUCTOR**, como " Un dispositivo por el cual fluye energía de uno o más sistemas de transmisión a uno o más sistemas de transmisión ". La energía transmitida por este sistema puede ser de varias formas, como podría ser: Eléctrica, Mecánica, o Acústica. Estas pueden ser de la misma forma o diferentes a la entrada y a la salida del sistema. Esta amplia definición de lo que es un **TRANSDUCTOR**, incluye también a los dispositivos que convierten energía eléctrica en una fuerza mecánica o de desplazamiento.

La naturaleza de la salida eléctrica de un transductor depende del principio básico tomado para su diseño. Esta señal a la salida del transductor, puede ser **ANALOGICA**, **DIGITAL**, o de **FRECUENCIA MODULADA**.

Los transductores en la industria y en la medicina realizan mediciones de presión, fuerza, velocidad, aceleración, flujo, audio, temperatura, parámetros químicos, presión parcial, pH, impedancia eléctrica y varias más. Recordando a los electrodos utilizados en medicina como parte integral de lo que hoy en día llamamos **SENSORES**.

Los **TRANSDUCTORES** son físicamente compatibles entre ellos en su funcionamiento. En la operación de los transductores existen aproximadamente 8 (ocho) parámetros, los cuales son:

- 1.- EL PRINCIPIO DE OPERACION.
- 2.- EL VOLTAJE EXTERNO Y/O LA CORRIENTE APLICADA AL TRANSDUCTOR PARA HACERLO TRABAJAR.
- 3.- LA SALIDA ELECTRICA DEL TRANSDUCTOR.
- 4.- REPETIBILIDAD DEL TRANSDUCTOR PARA REPRODUCIR LA MISMA LECTURA CENSADA BAJO LAS MISMAS CONDICIONES AMBIENTALES.
- 5.- ESTABILIDAD DEL TRANSDUCTOR EN SU OPERACION DURANTE EL PERIODO DE CENSADO.
- 6.- CONFIABILIDAD
- 7.- LA SALIDA DEL TRANSDUCTOR DEBE DE SER UNA SEÑAL FUERTE Y DIFÍCIL DE SER REDUCIDA.
- 8.- EL RANGO DE OPERACION DEL TRANSDUCTOR DEBE DE SER SUFICIENTE PARA EVITAR UNA RUPTURA DE ESTE

Los factores que influyen en el tipo de transductor a utilizar y en la calidad de la medición requerida incluye los siguientes factores:

- 1.- EFECTOS NO-LINEALES
- 2.- EFECTOS POR HISTERESIS
- 3.- EFECTOS DE TEMPERATURA
- 4.- EFECTOS DE ALINEACION DE CARGA
- 5.- CALIBRACION
- 6.- LIMITACION DE COMPONENTES
- 7.- TAMAÑO, SI ESTE ES UTILIZADO EN TRABAJOS FISIOLÓGICOS.

CAPITULO II

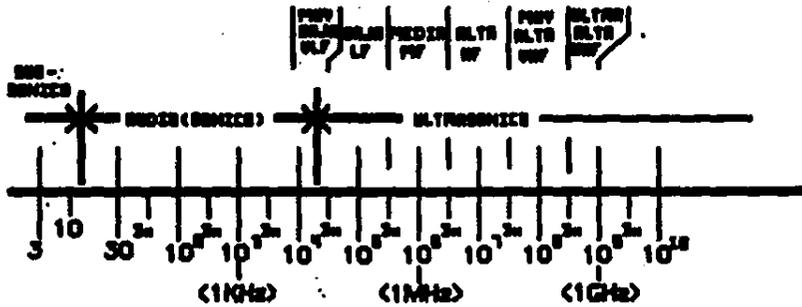
2.1 - CARACTERISTICAS DEL ULTRASONIDO.

Las ondas ultrasónicas son ondas elásticas por encima del rango frecuencial auditivo, propagadas a través de medios sólidos, líquidos o gaseosos. La frecuencia de las ondas ultrasónicas se extiende desde el límite superior del rango de audiodiferencia (15 a 20 KHz), hasta el rango de alta frecuencia utilizado en telecomunicaciones, sin embargo, el término ultrasónico no se utiliza para las frecuencias en propósitos de telecomunicación: se utilizan otros terminos como los indicados en la figura No.1.

Principalmente es la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas y los efectos de la densidad, viscosidad y elasticidad del medio sólido, líquido o gaseoso sobre el que se propaga, los que determinan las características de las aplicaciones de la medida de ultrasonidos.

Los transductores ultrasónicos (PIEZOELECTRICOS O MAGNETOESTRICTIVOS), están relacionados con los hidrófonos en, que pueden operar tanto en modo de recepción como en modo de transmisión o alternativamente en ambos modos. Las técnicas de medición ultrasónicas están relacionadas con las técnicas de sonar en que un pulso de energía ultrasónica se transmite y se analiza el ECO procedente del medio o blanco.

La interacción de las ondas ultrasónicas con la substancia es similar a la interacción de la luz con la substancia. Además del modo de reflexión que permite una comparación con las técnicas de sonar, se utiliza en determinadas aplicaciones el modo de transmisión.



FRECUENCIA (HZ)

**NOMENCLATURA DE LAS BANDAS DE FRECUENCIA
POR DEBAJO DE 3 GHz.**

2.2 - EFECTO DOPPLER.

Cuando un foco sonoro, o un observador (o ambos), estan en movimiento respecto al aire, el tono percibido por el observador no es en general el mismo que cuando el foco y el observador estan en reposo. El ejemplo mas conocido es el descenso brusco de tono en el sonido omitido por la bocina de un automovil que tiene lugar justamente cuando se encuentra y se pasa un coche que avanza en sentido apuesto. Este fenómeno es conocido con el nombre de EFECTO DOPPLER.

Consideremos solamente el caso especial en el cual las direcciones de las velocidades $v(L)$ y $v(S)$ del observador y del foco, coinciden con la de la recta que las une. Puesto que estas velocidades pueden tener el mismo sentido o sentidos apuestos y el observador puede estar adelante o detras del foco, se requiere un convenio de signos. Tomaremos como sentido positivo de $v(L)$ y $v(S)$ el que va desde la posición del observador hacia la del foco, la velocidad (u) de propagación de las ondas sonoras se considerara siempre positiva.

En la figura No. 2, tenemos a un observador (L) que se encuentra a la izquierda del foco (S). El sentido positivo es el que va de izquierda a derecha, y en dicho diagrama tanto $v(L)$ como $v(S)$ son positivas. En el instante $(t=0)$, el foco sonoro se encuentra en el punto (a), y en el instante (t) , en el punto (b). El círculo exterior representa la superficie de la onda en el instante $(t=0)$. Esta superficie (en el espacio libre) es una esfera cuyo centro esta en (a) y que se propaga hacia afuera en el sentido de radio en todos los puntos con la velocidad (u) (el hecho de que la onda sea engendrada por un foco móvil no afecta a su velocidad despues de abandonar el foco). La velocidad (u) de la onda es solo una propiedad del medio: las ondas se olvidan del foco tan pronto como lo abandonan. El radio de esta esfera (distancia $[e-a$ ó $a-d]$) es por tanto, (ut) . La distancia (ab) es igual a $v(S)t$, o sea :

$$eb = (u + v(s)) t ,$$

$$bd = (u - v(S)) t .$$

En el intervalo de tiempo comprendido entre ($t=0$) y ($t=ft$), el número de ondas emitidas por el foco es $f(S)t$. en donde $f(S)$ es la frecuencia del foco. Adelante de la fuente estas ondas se aprietan dentro de la distancia (ub), mientras que detras del foco se separan en la distancia (ub). La longitud de onda adelante del foco es, por consiguiente :

$$L(a) = \frac{(u - v(S)) t}{f(S) t} = \frac{u - v(S)}{f(S)}$$

mientras que la longitud de onda detras del foco es:

$$L(a)' = \frac{(u + v(S)) t}{f(S) t} = \frac{u + v(S)}{f(S)}$$

Las ondas que se aproximan al observador móvil (L) tienen una velocidad de propagación respecto a él, dada por :

$$(u + v(L))$$

La frecuencia con que se calculan estas ondas esta dada por:

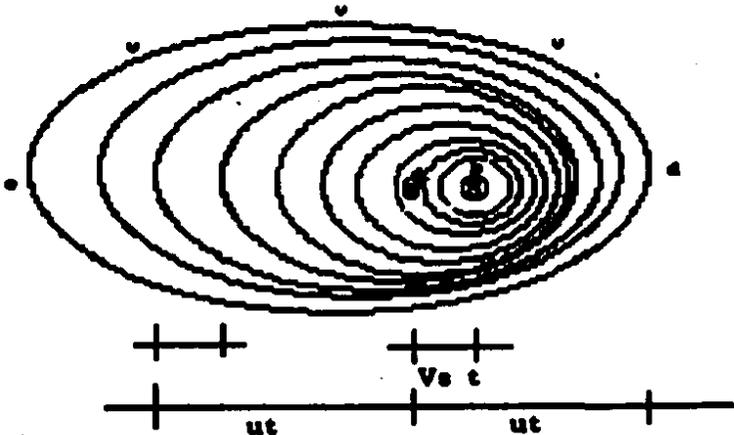
$$f = \frac{u + v(L)}{L(a)'} = \frac{u + v(L)}{(u + v(S) / f(S))}$$

o sea :

$$\frac{f}{(u + v(L))} = \frac{f(S)}{(u + v(S))}$$

Esta última expresa la frecuencia (f) percibida por el observador en función de la frecuencia (f (S)) del foco. No es necesario deducir ecuaciones para otros casos especiales si se utilizan adecuadamente el convenio de signos dado anteriormente.

L →



Superficies de Onda Emitidas por un Foco en Movimiento.

2.3 - NOTA DE BATIDO.

Si se censa cualquier movimiento dentro del campo de la unidad, el sonido reflejado procedente del objeto en movimiento, experimentará un cambio de frecuencia debido al EFECTO DOPPLER. Por ello, el receptor captará las frecuencias diferentes, la onda directa procedente del emisor, la onda reflejada procedente de los objetos estacionarios y la frecuencia reflejada y cambiada, procedente del objeto en movimiento. Si se mezclan frecuencias cercanas, se producirá una tercera que es la frecuencia entre las anteriores, esto se conoce con el nombre de NOTA DE BATIDO. En este caso, si la frecuencia directa es de 23 KHz., y la reflejada DOPPLER de 22.7 KHz., la frecuencia de batido que aparecerá es de 0.3 KHz.)

(23 KHz. - 22.7 KHz. = 0.3 KHz. o sea 300 Hz.)

También se genera una cuarta frecuencia, que es la suma de las dos frecuencias, pero ésta es demasiado alta como para tener un valor práctico para esta aplicación.

La frecuencia de la nota de batido depende de la velocidad del movimiento relativo de la superficie reflectora, respecto de la unidad detectora, aunque en todos los casos ésta será mucho más baja que las frecuencias del ultrasonido que se producen, como se vio en el ejemplo anterior.

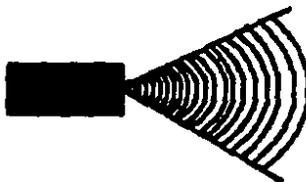
2.4 - TEORIA BASICA DE SISTEMAS DE ONDAS ULTRASONICAS.

Como ya habiamos mencionado anteriormente, las ondas ultrasonicas son ondas de vibración de frecuencias electromagnéticas que se encuentran por arriba del rango audible del oído humano. Este termino incluye a aquellas ondas de frecuencia de mas de 20,000 Hz. La presencia de un medio de transmisión es esencial para la transmisión de las mismas, o tambien, a traves de cualquier material con propiedades elásticas podra propagar dichas ondas. Esta propagación toma la forma de un desplazamiento sucesivo de elementos del medio.

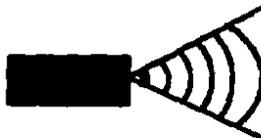
Una onda simple de sonido, que viaja desde una fuente, sufre de pérdidas en su intensidad directamente con respecto al incremento de la distancia recorrida por la onda a traves del medio (ver figura No. 3). Este decremento de intensidad de dicha onda será mas crítico si existe discontinuidad en el medio. Con un sistema de control de ultrasonido, el patrón del sonido se establece a traves del aire. La intensidad de la onda de sonido en cualquier punto a lo largo del patrón esta en función de la distancia desde el punto de origen. La introducción dentro de este patrón de cualquier material capaz de absorber parte de la energía de dicha onda o de reflejarla fuera del patrón, nos dara una diferencia que podra ser utilizado para operar un circuito electrónico de censado.

Un estudio mas a fondo de las propiedades de las ondas de sonido en el aire, podran demostrar que otros factores diferentes a lo que se refiere con respecto a la distancia, podran ser la cause de la atenuación de las ondas de sonido. Efectos como la HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA, y la presencia de ondas estacionarias producen atenuación para los sistemas de control. Circuitos electrónicos complicados pueden ser diseñados para reducir estos fenómenos. Sin embargo, esto nos lleva a sistemas caros para su fabricación, de ajustes criticos, y de un mantenimiento muy especial.

ONDAS DE SONIDO.



PERDIDA DE INTENSIDAD.



2.5 - MEDIDAS DE NIVEL Y PRESION SONDRAS.

Un sistema básico de medida de presión de sonido, consiste en un transductor y su preamplificador y un amplificador que tiene la respuesta frecuencial plana muy aproximada a la respuesta del transductor. En las aplicaciones de telemetría de presión de sonido el amplificador tiene una ganancia o conjunto de ganancias fijo, proporcionando una salida a fondo de escala, definido por el conjunto de telemetría y producido en el límite del rango superior de SPL. Normalmente se utilizan amplificadores de tensión excepto en la salida de los transductores piezoeléctricos en los que se incorpora un preamplificador del tipo de amplificador de carga dado que se debe examinar un amplio espectro de frecuencias, se necesita un canal de telemetría con una banda muy amplia para la transmisión de las señales analógicas. En los sistemas de telemetría digital este requerimiento implica un elevado flujo de datos. Cuando se requiere un flujo de datos reducido y se acepta una razonable aproximación a la señal medida para su reconstrucción en el punto de recepción, procesado y visualización, se puede utilizar un ANALIZADOR DE ESPECTRO junto con el amplificador. Estos analizadores contienen típicamente un determinado número de filtros pasabanda estrechos a los que se le aplica la señal. La salida de estos filtros es así una señal analógica representativa de la cantidad de energía acústica en la respectiva banda. Las salidas de los filtros se visualizan frecuencialmente.

Varios sistemas de medida de presión de sonido, son del tipo banco de pruebas y son controlables por operadores humanos. El amplificador está equipado con un atenuador calibrado que selecciona la porción del rango de medidas que quiere ser visualizado. El amplificador puede estar equipado con uno o más filtros (o puede disponer de conexiones con filtros o conjuntos de filtros exteriores). La salida del amplificador puede ser directamente aplicada, como señal de C.A., a un equipo de análisis o visualización o puede ser rectificadora a una señal de C.C.. Esta señal puede ser también, aplicada a un convertidor lineal-logarítmico para proporcionar una visualización logarítmica del nivel de presión de sonidos. La señal en la forma que fuere, puede ser registrada para un análisis en tiempo no real. Se encuentran analizadores tanto analógicos como digitales que disponen de un tubo de rayos catódicos (CRT) para visualizar gráficos de las características de la frecuencia de la señal medida.

Existen numerosas aplicaciones en medida de presión de sonido en donde los sonidos súbitos de una fuente productora de sonido o de un campo de sonido que existen en una localización en particular, se miden y caracterizan como amplitud en función de una distribución de frecuencia. Los sonidos continuos se emiten por los sistemas de propulsión (automoviles, barcos, trenes, aviones y vehiculos espaciales) y esencialmente por todos los equipos de maquinaria. Las medidas de **POTENCIA DE SONIDO** en maquinaria u otros equipos se realizan mediante una formación de micrófonos colocados alrededor del equipo o mediante un único micrófono situado en el extremo de un tubo rotativo. La utilización de una fuente de sonidos de característicos conocidos en conjunto con uno o más micrófonos, permite medidas de calidad de **AISLAMIENTO DE SONIDO** de paredes, **TIEMPO DE REVERBERACION** y **DISTRIBUCION DE SONIDO** (por ejemplo en habitaciones, auditorios, salas de concierto, etc.) así como de absorción de sonido.

La medida de las **EMISIONES ACUSTICAS** procedentes de materiales sometidos a esfuerzos, y la caracterización de esas emisiones es una herramienta útil para el análisis de esfuerzos y fatigas. Estas caracterizaciones están relacionadas por las firmas de conjuntos y partes rotativas, pudiendose obtener diversos factores como el desgaste de cojinetes a partir de técnicas de análisis de las vibraciones.

En lo que se refiere a el **NIVEL SONORO**, es un nivel de presión sonora ponderada; la señal procedente del preamplificador del transductor alimenta a un amplificador que incorpora a una **RED DE PONDERACION** que exalta determinadas frecuencias y reduce a otras. Las redes de ponderación incorporan unas letras de designación (A,B,C,) estando definidas las caracterizaciones de cada red en los estandares nacionales e internacionales. Un sistema de medida de nivel de presión de sonido que incorpore una o mas redes de ponderación se denomina como un **MEDIDOR DE NIVEL SONORO**. Se trata de un dispositivo actuado por batería, manejable manualmente, compacto, que contiene en el extremo del cuello un transductor capacitivo de medida y el amplificador, dispone además de dos redes de ponderación seleccionables (A y C) así como una respuesta lineal seleccionable (no ponderada) y un atenuador calibrado (selector de rango) que desplaza el rango de lo medido visualizado en incrementos de 10 dB.

Como varios sistemas de medida de nivel de ruido estan basados en las redes ponderadas << A >>, algunos medidores de nivel sonoro incluyen solo este tipo de red, proporcionando una visualización en << dB (A) >> (algunas veces mostrado como << dBA >>).

Las medidas de nivel sonoro estan especificamente relacionadas con la sensibilidad del oido humano y las características de percepción audal, formando así las bases de las redes ponderadas.

2.6 - CARACTERISTICAS BASICAS DE REDES PONDERADAS.

La respuesta frecuencial de las redes A, B, y C es practicamente plana entre 1 y 10 kHz; sin embargo, la respuesta de la red (A) cae rapidamente por debajo de 1 kHz, la respuesta de la red (B) cae moderadamente por debajo de 400 Hz, y la respuesta de las redes (C) es esencialmente plana entre los 100 Hz y los 5 kHz, y tan solo caen 5 dB entre 100 Hz y 20 Hz y entre 3 y 10 kHz.

Los medidores de nivel sonoro pueden incluir una serie de prestaciones adicionales. Los medidores de nivel sonoro de impulso estan especificamente diseñados para medir sonidos impulsivos (súbitos), por ejemplo, los sonidos producidos por una prensa o por un martillo de forjador. Otras posibilidades incluyen tiempo de respuesta aceptable, conjunto de filtros de octava (o fracción de octava) o provisión de interconexión con un conjunto de filtros exteriores, memorización del valor de pico, indicación de sobrecarga, y determinación y calculo del nivel de sonido integrado (equivalente a continuo) sobre periodos de tiempo ajustables. A veces se insertan cables de extensión entre el transductor/preamplificador y el medidor.

Los **MEDIDORES DE DOSIS DE RUIDO** miden el ruido acumulado en un periodo de exposición especificado (tipicamente un día de trabajo de 8 horas).

Estos medidores son usualmente compactos con el fin de poder medir en el interior del bolsillo de un trabajador. El medidor solamente se puede inicializar por un supervisor que ve y registre la dosis de ruido acumulada por el trabajador al fin del día. Algunos modelos proporcionan una indicación de alerta cuando el trabajador esta sometido a niveles de sonido superiores a los 140 dB.

Las medidas de nivel sonoro son la base del control de ruido. Con el aumento del ruido aumentan los efectos en la producción, que van desde la desensibilidad auditiva a los desordenes nerviosos ademas de provocar dificultades e interferencias en las conversaciones; las agencias gubernamentales de determinados países (por ejemplo OSHA en Estados Unidos) especifican el limite de ruido en las areas de trabajo, reforzando ademas la regularización de dicho control. Ademas, numerosas fabricantes de una amplia variedad de productos se esfuerzan en reducir la cantidad de ruido producido en la fabricación. Estos rangos varían de equipos industriales a situaciones en automovil o incluso domesticos. Todo esto incremento la importancia de la utilización de los medidores de nivel sonoro. Tras la medición del ruido se modifica el diseño o se añaden aislantes para reducir el ruido a niveles aceptables; el ruido se vuelve a medir y a veces se monitoriza de manera continua. Como resultado se consiguen areas de trabajo, autopistas, aeropuertos y zonas residenciales con un bajo nivel de ruido.

Tambien existen, por supuesto, numerosas aplicaciones de los medidores de nivel sonoro en areas distintas a las del control de ruido. Se utilizan para ayudar al diseño acústico de estudios, aulas y otras arquitecturas. Se utilizan para perfeccionar areas musicales o perfeccionar áreas de conversación como establecimientos comerciales o departamentos de almacenes.

CAPITULO III

3.1 - CLASIFICACION DE TRANSDUCTORES DE SONIDO.

Debido a que el sonido puede existir en la vibración de sólidos, líquidos, así como en el aire, los transductores pueden convertir la energía del sonido en energía eléctrica, que esta puede ser utilizada para la operación de diferentes medios de censado externos, los transductores de presión de aire a Voltaje utilizados para convertir la vibración en el aire, son llamados MICROFONOS. Estos transductores que pueden transformar el sonido de las vibraciones en los sólidos a señales eléctricas son llamados: SENSORES DE VIBRACION. Los tipos más comunes de MICROFONOS son los siguientes :

- 1.- MICROFONOS CAPACITIVOS
- 2.- MICROFONOS DINAMICOS
- 3.- MICROFONOS DE CARBON

Los Transductores de vibración son comunmente del tipo piezoeléctricos.

CARACTERISTICAS DE CADA UNO DE LOS TIPOS DE SENSORES. (MICROFONOS)

MICROFONOS CAPACITIVOS .- Podemos observar uno de ellos en la figura No. 4, este tipo de sensor realiza la más confiable conversión de vibración de sonido en el aire, a señales eléctricas. Por lo que éstos son utilizados en las mediciones acústicas que requieren de una gran precisión. El principio de su operación esta basado en el principio de la variación de capacitancia entre dos conductores, si la distancia que los separa se varía.

En los micrófonos con este principio, un diafragma metálico es utilizado como una de las paredes del capacitor, por el otro extremo se coloca una placa rígida. La variación de la presión del aire en una onda de sonido que golpea al diafragma hace que éste se mueva hacia adentro y hacia afuera. La variación de la separación entre las dos placas del capacitor hace que varíe la capacitancia entre ellas, con un Voltaje de (D.C.) aplicado entre las dos placas, y la variación de Voltaje realizada por la vibración que se manifiesta como un Voltaje con componente de Corriente Alterna (A.C.) superpuesta en la de (D.C.), podemos de aquí amplificar dicha componente (A.C.) y de ésta manera registrarla en un instrumento de medición.

Como un Capacitor lo podemos considerar como una Fuente con alta Impedancia, la salida de éste debe ser acoplada a un instrumento que tenga una muy alta impedancia de entrada (esto es para reducir errores por la carga). Un circuito especial que tenga una alta impedancia (y que es llamado circuito seguidor de catodo) que es normalmente utilizado para acoplar la salida a un amplificador.

MICROFONOS DINAMICOS.- Estos sensores reaccionan a la vibración del sonido del aire por el movimiento de una bobina de cable en un campo magnético (como el mostrado en la Figura No.5). El movimiento de la bobina en el campo, genera una variación de Voltaje a través de la bobina, y esta señal puede ser amplificada y medida. Los Micrófonos Dinámicos pueden actuar en sentido inverso, causando un sonido que puede ser producido por el hecho de aplicar Voltaje a la bobina. Este es el principio en el cual están basadas las bocinas (altoparlantes).

MICROFONOS DE CARBON.- (ver Figura No. 6) Estos detectan el sonido por la variación en la resistencia de granulos de carbon. La variación de esta resistencia ocurre cuando la densidad de los granulos de carbon es variada por la incidente presión de ondas de sonido. Instalando un diafragma en la parte frontal de las partículas de carbon del micrófono, éste se movera en respuesta de la presión y compresión del sonido sobre los granulos.

Una corriente de (D.C.) se conduce a través del micrófono, y la modulación de la corriente debido a los cambios en la resistencia de los granulos de carbon, generará una componente de (A.C.) sobre la de (D.C.). Como la generado en el Micrófono Capacitivo, En este caso la señal de (A.C.) se separa del nivel de (D.C.) y se amplifica despues de ser medida.

Los Micrófonos de Carbon nunca son utilizados para realizar mediciones de sonido confiables. Lo NO-LINEARIDAD de la variación de la resistencia del carbon no nos da una replica confiable de la vibración en el sonido. Sin embargo este tipo de transductor es perfectamente adecuado para la transmisión de voces y, éste es utilizado como micrófono en la mayoría de los telefonos. Lo principal es que es económico, muy confiable, y bastante durable, por lo que se aplica en esos campos.

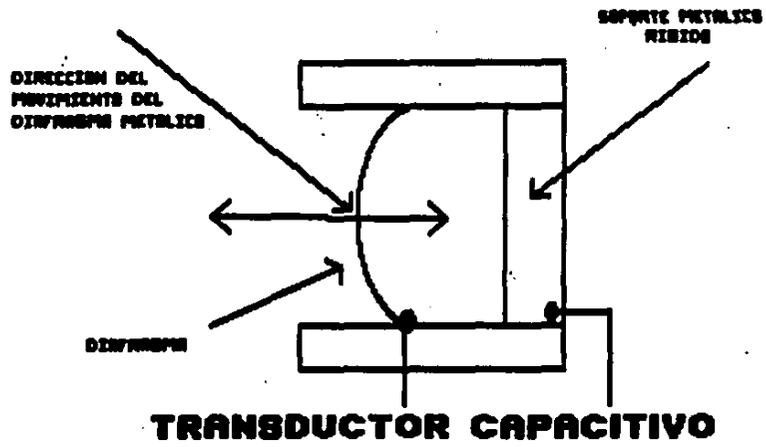
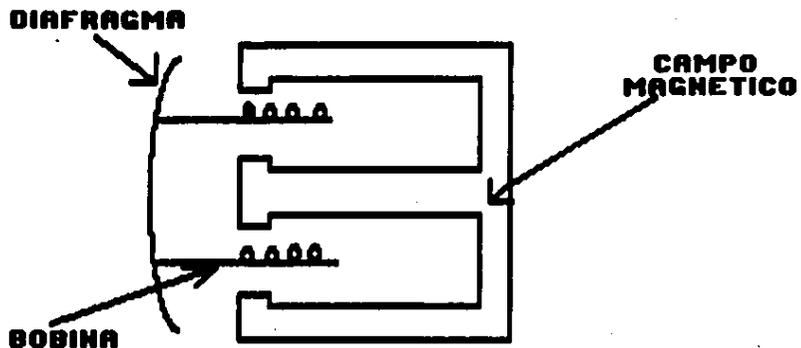


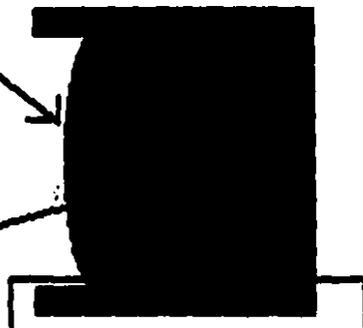
FIGURA No. 4
 Pagina 30



TRANSDUCTOR DINAMICO

DIAPHRAMA

BRANULOS DE CARBON



TRANSDUCTOR DE CARBON

FIGURA No. 6

PAGINA 32

3.2 - SENSORES DE VIBRACION.

Los cristales piezoeléctricos son materiales cristalinos que generan Voltaje a través de ellos , cuando éstos son deformados de su estado natural en forma de capas. (la deformación necesita ser solo en el orden de micrómetros para producir este efecto). Si la fuerza aplicada que lo deforma, tiene una variación de magnitud en tiempo (por ejemplo: la fuerza provocada por la vibración de una pieza de material al cual esta unido el cristal piezoeléctrico), el Voltaje de salida del cristal tendrá variación en el tiempo con respecto a la variación de la fuerza aplicada.

Para detectar vibraciones acústicas en solidos, son utilizados los transductores de cristal de efecto piezoeléctrico. Los cristales utilizados para la construcción de los sensores de vibración son usualmente fabricados de CUARZO O DE CRISTALES DE SAL DE ROCHELLE. El primero es más confiable, pero más caro que el segundo: sin embargo, los cristales de sal de Rochelle tienen un rango de trabajo máximo de 65 grados Centígrados y estan limitados bajo condiciones de alta humedad. Los micrófonos de cristal con diafragma hacen a este tipo de transductores altamente sensibles a las vibraciones de sonido.

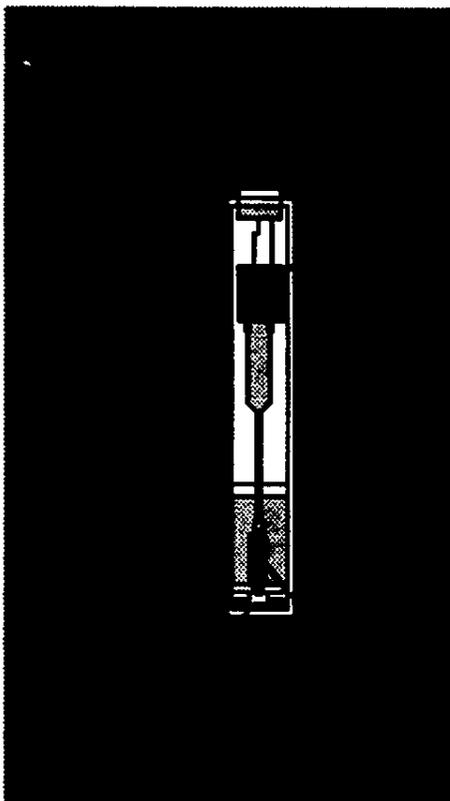
3.3 - TRANSDUCTORES DE PRESION DINAMICA. DISEÑO Y OPERACION.

Los sensores de presión sonora se denominan comunmente **MICROFONOS DE MEDICION** o simplemente **MICROFONOS**. Son esencialmente, transductores de presión dinámica de diseño especial. Considerados como transductores de presión, los micrófonos tienen un rango de medida de presión relativamente bajo pero una respuesta frecuencial elevada. Este requerimiento ultimo limita los diseños de transductores utilizables para medidas de presión de sonido a aquellos tipos que tienen elementos sensores rigidos de baja masa con una deflexión muy pequeña y una frecuencia natural muy elevada, teniendo además elementos de transducción capaces de seguir los cambios de alta frecuencia de la deflexión del elemento sensor. Los dos metodos mas comunes de transducción son el **PIEZOELECTRICO** y el **CAPACITIVO**.

3.4 - DISEÑO Y OPERACION DE TRANSDUCTORES PIEZOELECTRICOS

Para su diseño, las ceramicas, así como cristales de cuarzo se utilizan en los transductores de presión de sonido modernos. El encapsulado cilindrico permite la sujeción manual así como la sujeción en una posición fija. Tambien se encuentran diseños con un encapsulado atornillable, para montaje nivelado con la entrada atornillada a la pared de una camara, conducto o tuberia. La incorporación de un preamplificador es muy común. Este no solo proporciona una amplitud de señal suficiente para accionar diversos tipos de visualizadores, analizadores y dispositivos de registro, sino que tienen además una **IMPEDANCIA DE SALIDA BAJA** (alrededor de 1000 Ohms) que es más sencilla de manejar mediante cables y equipo de proceso de la señal, que la señal de elevada impedancia de salida (**MEGACHMS**) del propio cristal. Los transductores con incorporación de esas preamplificadoras en estado solido precisan unicamente una fuente de alimentación externa (a veces actuando por bateria) que tambien contiene una red pasiva simple para la extracción de la señal de salida procedente de la conexión entre la fuente de alimentación y el transductor. El diseño y montaje de la combinación **CRISTAL/DIAFRAGMA** minimiza los efectos de las vibraciones. Algunos diseños piezoeléctricos incorporan un elemento compensador de vibraciones separado.

FIGURA No. 7



3.5 - DISEÑO Y OPERACION DE TRANSDUCTORES CAPACITIVOS.

Los transductores capacitivos, son transductores de presión sonora diseñados de manera óptima para mediciones acústicas. El diseño típico se forma por un diafragma metálico que actúa como un electrodo, y la armadura posterior actúa como el otro electrodo del elemento sensor (transductor de capacidad). El diafragma esta eléctrica, y mecánicamente unido al encapsulado y el encapsulado se utiliza además como terminal de tierra del sensor. La armadura posterior esta acoplada mediante un aislante de cuarzo (o rubi sintético) tratado con silicona, que forma la pared interna de la cavidad sensora y proporciona la superficie de referencia acústica. Las perforaciones en la armadura posterior estabilizan la presión dentro de esta cavidad. Un conducto capilar regula la cavidad sensora a la presión ambiental de manera controlada. Se utiliza un hilo de plata para ajustar este enlace acústico consiguiéndose un límite de baja frecuencia pequeño. Los contactos eléctricos con la armadura posterior se realizan a través de la terminal de salida (oro). Una tapa final con una rejilla protectora simétrica se monta atornillada sobre el diafragma.

Al instalar este tipo de encapsulado, un contacto del módulo amplificador actua sobre un contacto eléctrico del terminal de salida del micrófono propiamente dicho. Este amplificador contiene un cable de conexión. El cable se conecta a una unidad de visualización o amplificación (que contiene la fuente de alimentación requerida) o a una unidad de fuente de alimentación que contiene un amplificador activador de línea. Los transductores capacitivos básicos requieren una tensión de polarización (C.C.) estable, aplicada a través de una elevada resistencia sobre los dos electrodos del condensador con el fin de mantener una carga constante en los electrodos. Esta tensión de polarización (usualmente 200 Volts, aunque se pueden encontrar diseños de transductores con tensiones menores) queda proporcionada por la fuente de alimentación (o incorporada con el tipo asociado) junto con la alimentación requerida por el preamplificador. El preamplificador contiene, además, la impedancia de salida baja para el sistema de medición.

La necesidad de una tensión de polarización estabilizada puede evitarse incorporando en los transductores capacitivos una capa de dieléctrico permanentemente polarizada ('ELECTRET') entre los electrodos del condensador. Existen varios técnicas para producir un 'Electret'. Copas cerámicas de bario, titanio o plomo-titanio pueden polarizarse aumentando la temperatura de estas por encima del punto de Curie, enfriando la capa mientras se expone a un campo eléctrico de alto Voltaje. Otra técnica utiliza una lámina de plástico metalizado procesado en un campo eléctrico dieléctricos sólidos permite reducir el espaciado entre los electrodos, aumentando así la capacidad del sensor.

Algunos transductores capacitivos están específicamente diseñados para operar con una portadora de alta frecuencia en vez de una fuente de alimentación. La portadora (típicamente 10 MHz) se modula mediante las variaciones de capacidad. Este tipo de sistemas extiende el límite inferior de respuestas de frecuencias del valor usual 2.5 a 7 Hz hasta 0.01 Hz.

La tapa y rejilla de protección externa de los micrófonos capacitivos está diseñada especialmente para medidas de campo libre. En las medidas de campo difuso este elemento se reemplaza por una rejilla de configuración diferente, apropiada para este tipo de medida (corrector de incidencia aleatoria). Una capsula protectora de polvo protege al transductor cuando no se está utilizando. En algunos ambientes se utilizan algunos dispositivos protectores especiales como cubiertas de lluvia similares a los paraguas, y pantallas de viento de esponja esférica entre otros. En aplicaciones de atmosferas corrosivas, húmedas y salobres disponen de coberturas de cuarzo sobre sus electrodos (aleaciones de níquel). La utilización de deshumidificadores de sílica-gel permite mantener tanto al transductor como al preamplificador libre de humedades. También se dispone de accesorios como tripodes o soportes rotativos.

CAPITULO IV

4.1 - SISTEMAS DE CONTROL DE ONDAS DE ULTRASONIDO POR UN SOLO SENSOR.

Estos sistemas son utilizados comunmente para aplicaciones de detección de nivel. El ensamble consiste de un sensor de acero inoxidable y de un amplificador de control. En estos sistemas el sensor detectara los cambios ocurridos en el medio acústico en el cual él mismo transmite sus ondas. En este sistema el amplificador de control proporcionará la suficiente potencia para activar un relevador o algun otro sistema secundario posterior.

Este tipo de sensores son regularmente, de dimensiones muy pequeños y sellados. Cuando el líquido toca su cara principal, el relevador que se encuentra conectado al amplificador, será en ese momento activado, produciendose así la operación de encendido y de apagado en dicha unidad. Este sensor ultrasónico podra ser aplicado para sensar cualquier líquido o fluido.

4.2 - DISEÑO PROTOTIPO DE UN SISTEMA POR UN SOLO SENSOR DE ULTRASONIDO.

El principio básico de operación de un sistema de ultrasonido por un solo sensor es bastante sencilla, y lo trataremos de explicar. El sensor tiene un diafragma el cual va a sensar el movimiento. Cuando la vibración del diafragma se ve decrementada por el contacto con el fluido, el circuito dejara de oscilar y el control en el relevador se verá variado. Este operará funciones externas como indicadores de nivel o alarmas de sobreflujo.

Veamos con mas detalle como el ensamble del sistema de un solo sensor trabaja. Una explicación sencilla del modo de operación se refiere al fácil entendimiento de que el movimiento del diafragma debido a la oscilación de éste, es mayor en el aire que en los fluidos.

Este diseño consiste básicamente, como ya lo mencionamos, de un diafragma, un mecanismo generador de vibraciones, para producir movimiento en el diafragma, un sistema mecánico de resonancia, y los medios para detectar movimiento en el diafragma.

Cuando se le alimenta con energía al mecanismo de aplicación del sensor, este causa que el diafragma del mismo, genere una vibración. La frecuencia de éste, será determinada por la resonancia mecánica del sistema dentro del diseño del prototipo, de esta manera tendremos disponible energía en la porción de detección de movimiento. La amplitud de la señal en la bobina de detección de movimiento será proporcional al movimiento del diafragma.

En este punto, la sección de manejo del sensor será tomada como la entrada, y la sección de detección de movimiento del prototipo será tomada como la salida de este mismo. Conectando la salida del prototipo a la entrada del amplificador y la salida del amplificador a la entrada del prototipo se formará un circuito. En donde cualquier energía que se presente a la salida del prototipo será alimentada al amplificador y por lo tanto amplificada. Esta será posteriormente suministrada a la entrada del sistema.

Esto causará vibraciones que ocurrirán en el diafragma y se alimentarán en una señal de regreso para el amplificador para generarse así una re-amplificación.

Si la cara del sensor se encuentra expuesta al material y éste presente una gran resistencia mecánica al movimiento del diafragma, la salida del circuito de nuestro prototipo causará la disminución del movimiento. Esto se refleja en la disminución de la señal de retroalimentación en el amplificador. El resultado de esto es, la correspondiente disminución de la señal a la salida del amplificador. Si esta pérdida adicional en el circuito, es mayor a la ganancia ajustada en el amplificador de control, el circuito dejará de oscilar. Donde el control que brinda la utilización del relevador a la respuesta del amplificador será a la oscilación y a la no-oscilación.

Que esta, consta de un DIAFRAGMA, UN TUBO DE NICKEL, UNA BOBINA PRINCIPAL y de una BOBINA SECUNDARIA.

El área activa del prototipo será el DIAFRAGMA. El CENTRO de dicho diafragma, es el punto con MAYOR SENSIBILIDAD con respecto a las ondas del medio. El efecto de la presión generada por el aire o por otro tipo de gas sobre la operación de dicho diafragma en comparación uno del otro es demasiada tenue. Esto es, debido a que el cambio neto en las características acústicas de un gas comprimido en comparación con las del aire a una presión atmosférica es extremadamente pequeña. Dentro de las limitaciones de rangos de presión de gases, cabe destacar que no se considera a los líquidos bajo presión. La presión de líquidos o gases que excedan la presión de operación recomendada como su límite, producirán el doblamiento o deformación total o de partes del diafragma. Esto es debido a que dichas presiones podran interferir en la estructura mecánica de su ensamble interno.

Por el lado contrario, a una presión menor de la recomendada el sensor podrá no operar o no trabajar apropiadamente, esto no dañaría a nuestro diafragma de ninguna manera. Por lo que se puede deducir que deberá trabajarse dentro de los rangos de trabajo mecánicos adecuados de nuestro sensor.

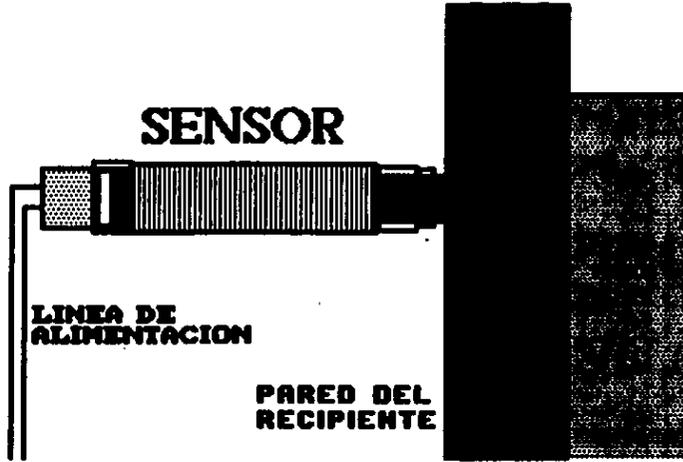
4.3 - APLICACION DE SISTEMAS DE UN SOLO SENSOR DE ULTRASONIDO.

Este tipo de sensores estan diseñados para instalarse insertados a través de una pared que comunique con el liquido a sensor éste podrá ser montado en la parte superior o inferior del recipiente. La parte exterior del sensor contendrá los cables de alimentación para las señales que manejará.

El sensor podrá ser montado en posición horizontal o si se requiere en posición vertical (en la parte superior del recipiente) este deberá de ser instalado con una inclinación de 30 grados con respecto al nivel del fluido, esto es debido a que en posición vertical total se producen burbujas de aire entre el diafragma y la superficie del líquido y esto genera fallas en dichas mediciones. Para evitar esto se deberá, en estos casos, instalar el sensor por lo menos a una pulgada de separación del fluido y manteniendo los cables de la señal separados de este.

Habiendo considerado lo anterior podremos observar a continuación dichas aplicaciones, en las siguientes figuras (8 y 9):

SENSOR



**LINEA DE
ALIMENTACION**

**PARED DEL
RECIPIENTE**

FIGURA No. 8

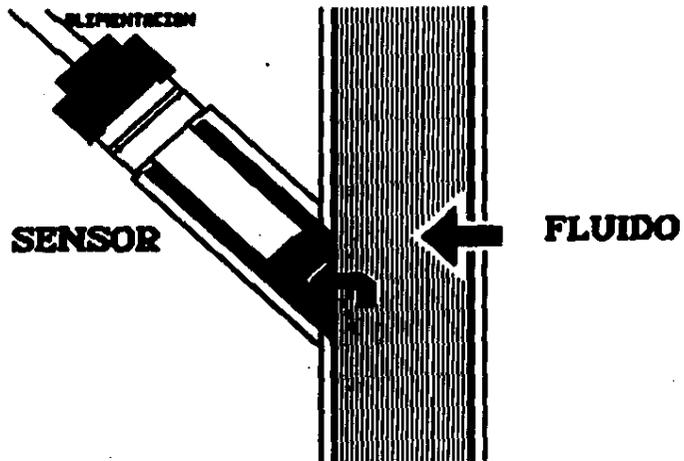


FIGURA No. 9

Página 43

4.4 - SISTEMAS DE ULTRASONIDO POR DOS SENSORES.

En estos sistemas nos concentraremos a aquellos en los que se utiliza, como medio de transporte a EL AIRE. Estos sistemas de dos sensores operan de una manera similar como los sistemas de altoparlante, en donde, se presenta el fenomeno al acercarse demasiado el micrófono al sistema de bocinas o altoparlantes, o cuando en estos sistemas se eleva demasiado el volumen o ganancia. Generandose en algunos amplificadores ruido eléctrico producido por ellos mismos. Esto es, cuando existe a la salida de dichos amplificadores una señal muy baja debido al ruido propio de ellos y aunado a esto, existe en el medio un sonido aleatorio, estos son censados por el micrófono y son convertidos en señales eléctricas, que son amplificadas y se envían a través de al sistema de bocinas con una gran potencia. Estas ondas son captadas por el micrófono y así re-amplificadas y a la vez son reamplificadas de nuevo con mayor potencia.

Este proceso continúa, de manera cíclica, y en una fracción de segundos genera una señal muy peculiar de alta frecuencia. El tono generado en particular (frecuencia) de este sonido es determinado por las características del amplificador, de las bocinas y del micrófono. Además de las características propias del medio (aire) entre el micrófono y las bocinas.

Haciendo la similitud a estos sistemas y enfocados al nuestro, se podrá conectar un sensor a un amplificador y operarlo esencialmente como una bocina (altoparlante). Este sensor utilizado como transmisor producirá ondas de ultrasonido de la frecuencia y de la cantidad dada por el amplificador. Por otro lado el otro sensor, al cual llamaremos el sensor de recepción es conectado al amplificador como un micrófono y dará la señal al amplificador como una señal eléctrica dada por la onda de ultrasonido captada por su diafragma.

Los sensores de ultrasonido son direccionables en su respuesta a ondas de esta naturaleza. Si los sensores de transmisión y de recepción son puestos uno enfrente del otro y en la travesía de las ondas entre ellos, no se presenta un agente externo que las obstruya, y la ganancia eléctrica en el amplificador sea suficiente para recuperar las pérdidas de la energía de las ondas a través del trayecto de los mismos entre los dos sensores, ocurrirá, en ese momento, la **RETROALIMENTACION**.

Estas obviamente no audibles por el humano, porque los sensores operan por arriba del rango dado para el humano. Estas condiciones de **RETROALIMENTACION ACUSTICA** podrán ocurrir cuando la ganancia eléctrica del amplificador de control es igual o excede a las pérdidas de potencia del sonido a través de la travesía de las ondas entre un sensor y otro.

En un sistema practico de operación, la ganancia eléctrica del amplificador deberá ser igual o exceder al total de pérdidas en cualquier medio y bajo cualquier condición ambiental.

El **OBJETO** por detectar con este tipo de sistemas deberá ser de un tamaño regular y debe ser localizado dentro de la travesía de las ondas entre un sensor y otro a manera de que este cause atenuación en dichas ondas. Generando así, una **DIFUSION Y REFRACCION** del sonido alrededor del perimetro del objeto a ser detectado, la sombra acústica generada por el objeto elimina la continuidad de las ondas en la parte trasera del objeto. Obteniendo así una variación en las ondas. Considerando que deberá acercarse físicamente y/o mecánicamente lo mas cerca posible el sensor de repción al objeto que se desee censar.

4.5 - DISCO PROTOTIPO DE UN ENCAPSULADO DE DOS SENSORES DE ULTRASONIDO.

Este prototipo es basicamente un elemento magnetoestrictivo que consiste de un diafragma, un tubo de nickel, y una bobina magnetica.

Cuando la energia es suministrada a la bobina primaria, esto causa que el diafragma del sensor vibre. La frecuencia esta determinada por la resonancia mecanica del sistema. De aqui la energia electrica se transferira a la bobina secundaria esto, solo si el diafragma esta libre para moverse en el medio (aire).

Cuando en este sistema, el movimiento del diafragma es muy atenuado por el medio, no existira transferencia de energia a la bobina secundaria.

Si conectamos la bobina secundaria a un sistema de amplificacion y la salida amplificada a la bobina primaria de nuestro prototipo formaremos un CIRCUITO DE RETROALIMENTACION en el cual cualquier energia que aparezca a la salida del amplificador sera alimentada al amplificador y asi se tendra dicho ciclo. Esto causa VIBRACIONES que ocurren en el diafragma y son suministradas tambien en la señal de retroalimentación para su reamplificación. Si la ganancia del amplificador es ajustada casi al mismo nivel de las perdidas o excediendo éstas se generará una oscilación continua.

Si el diafragma del prototipo es expuesto a un material no compresible, esto es, con una gran resistencia a ser comprimido, éste representará una gran resistencia mecanica al movimiento del diafragma, y esto nos producirá que la energia transmitida a la bobina secundaria se vea decremada considerablemente. Esto redundará en un decremento de la retroalimentación que llega al amplificador y a un correspondiente decremento en la señal de salida del amplificador. El decremento o atenuación en la señal disparará una red sensible al voltaje que controlará a un relevador de salida.

4.6 - APLICACION DE SISTEMAS DE DOS SENSORES DE ULTRASONIDO.

En las siguientes figuras se podran observar las aplicaciones de este sistema:

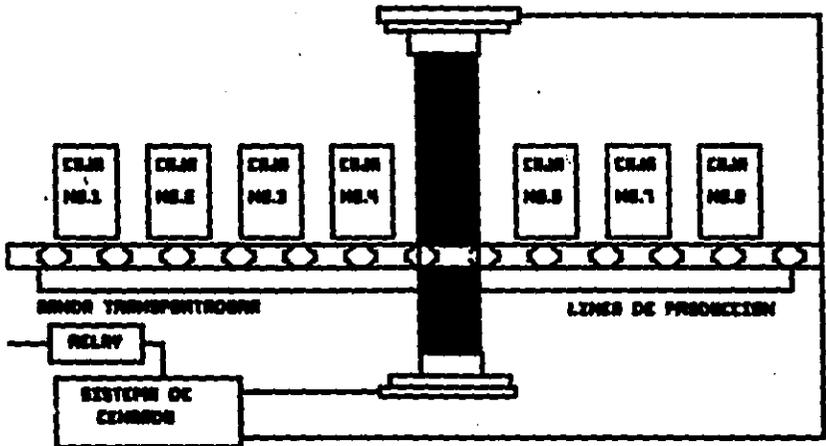


FIGURA No. 10

**APLICACION PARA DETECTAR POSICION
EN MAQUINARIA INDUSTRIAL.**

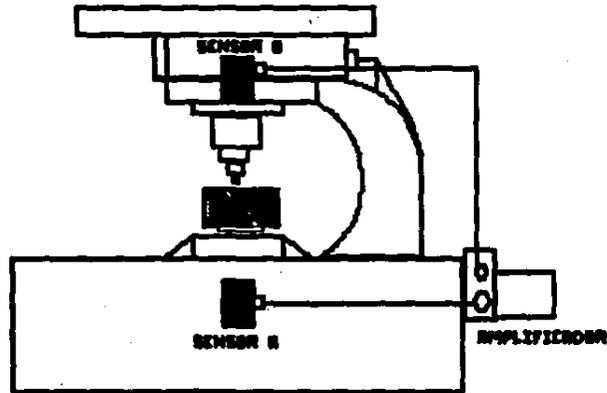


FIGURA No. 11

Página 48

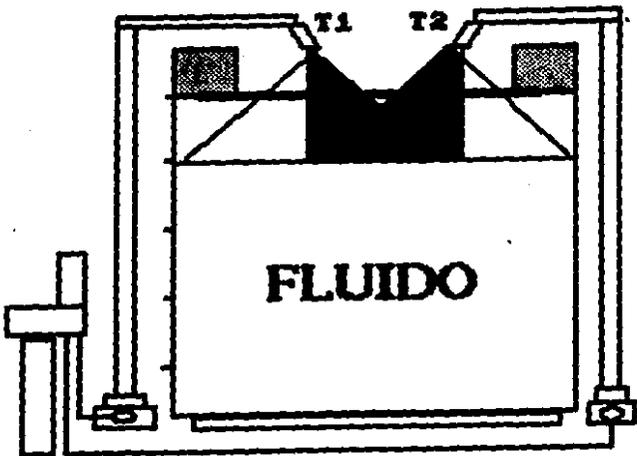


FIGURA No. 12

Página 49

4.7 - INSTALACION DE SISTEMAS DE DOS SENSORES DE ULTRASONIDO.

Estos sistemas de ultrasonido pueden ser utilizados en CUATRO formas básicas, que mencionaremos a continuación:

PRIMERO :

Considerando que los sensores pueden ser instalados para proveer un patrón directo de onda en la cual una obstrucción entre dichos sensores romperá ese patrón acústico, relegando ésta a un relevador. Este estará a su vez conectado a una función externa deseada (sistema de luces, interruptores, alarmas, etc.).

Por otro lado, tenemos los sistemas donde las ondas ultrasónicas son transmitidas de un sensor a otro con una diferencia física angular entre ellos de aproximadamente 50 grados. Este se utiliza para censurar objetos bastante grandes que cubrirán el área de activación del sensor de recepción y que éste originará la ruptura de los patrones de las ondas.

SEGUNDO :

El método del patrón directo puede ser utilizado para censurar la ausencia de un objeto dentro de la travesía del patrón. Con la obstrucción de dicho patrón con un objeto, la salida del relevador estará en posición cerrada " on ". Y cuando el objeto es removido el patrón acústico es completo (total recepción) dandonos como resultado que el relevador estará en posición abierta " off ".

TERCERA Y CUARTA :

Estos dos últimos métodos en los cuales los sensores pueden ser posicionados para proveer un PATRON REFLEJADO . Así como en el sistema primero y segundo de patrón directo, en estos el sistema de reflexión podrá ser utilizado de dos maneras - con el relevador abierto " off " que censará la existencia del objeto o con el relevador cerrado " on " que censará la inexistencia de dicho objeto que modificará o no el patrón de la onda -.

En este método las ondas de sonido emitidas de un sensor serán reflejadas por el objeto al segundo sensor para proveer el patrón de ondas. Cuando el objeto es removido de dicho patrón el relevador se cerrará. Contrariamente, cuando el objeto modifica dicho patrón, el relevador se abrirá.

En estos sistemas el sensor utiliza la energía del ultrasonido para producir un patrón directo o un patrón de reflejo.

CAPITULO V

5.1 - ESPECIFICACIONES IMPORTANTES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA.

Para realizar un análisis más detallado del sistema, es necesario identificar cada una de las partes y de las especificaciones de cada una de ellas para poder realizar un diseño lo suficientemente confiable y seguro. Esto deberá realizarse bajo normas y especificaciones estandarizadas. Por lo anterior nos enfocaremos a analizar las características del sistema.

5.2 - CARACTERISTICAS MECANICO-ELECTRICAS DE LOS TRANSDUCTORES.

Como uno de los parámetros más importantes de su diseño mecánico esencial se tienen, la configuración y las dimensiones del conjunto, medios de montaje y dimensiones del mismo, así como una descripción de las rejillas protectoras. En los hidrófonos en los que el elemento sensor está inmerso en una cavidad impermeable, debe quedar bien definida la localización del centro del campo acústico. Debe quedar descrito el material utilizado en el elemento sensor y en el encapsulado y así como en el tipo de sellado hermético utilizado. Deben especificarse claramente las limitaciones de los constituyentes y contaminantes de la atmósfera ambiental. Es deseable la indicación del volumen equivalente (para la plasticidad del elemento sensor). Debe describirse con detalle cualquier volumen relacionado con el elemento sensor así como su efecto en la respuesta frecuencial.

Debe estar perfectamente especificada la localización y tipo de las conexiones eléctricas exteriores. Si el micrófono (o conjunto micrófono-preamplificador) se distribuye con cable, deben quedar totalmente indicadas las características y el tipo de cable y de conector necesarios.

Las características de diseño eléctrico incluyen la tensión de polarización requerida o los requerimientos de frecuencia y amplitud de tensión de la portadora para los sensores capacitivos, así como los requerimientos de fuentes de alimentación para los preamplificadores integrados con el transductor piezoeléctrico. Otras características importantes que deberán quedar correctamente especificadas incluyen la impedancia de salida, la resistencia de aislamiento, el ruido a la salida, la puesta a tierra, y el rango permisible de impedancia de carga aplicable al equipo.

Deberán quedar también definidas las presentaciones del sensor en su etapa básica o la combinación piezoeléctrico-preamplificador encapsulado integralmente. También deben explicarse las condiciones para las que son aplicables dichas presentaciones (por ejemplo; tensión y estabilidad de la fuente de alimentación, impedancia de carga).

El (RANGO DINAMICO) se especifica generalmente en términos de nivel de presión sonora (SPL o Lp) junto con la indicación de la presión de referencia (por ejemplo, rango a 48 a 170 dB de 20 μ Pa), en algunos casos el rango se expresa en unidades de presión (Pa, μ Bar Psi, Dina/cm²). También debe quedar especificado adicionalmente la presión de sonido máxima o la capacidad de sobrerango.

La LINEALIDAD se muestra normalmente en conjunto con el rango en la que esta linealidad es aplicable (rango dinámico lineal), se expresa en porcentaje o en dB. Dado que la no-linealidad en un sistema acústico produce distorsión armónica, el rango dinámico lineal se define muchas veces mediante los niveles de presión de sonido a los que ocurre un porcentaje de distorsión especificado.

LA SENSIBILIDAD se indica generalmente en mV/Pa (sensibilidad de presión). Frecuentemente se expresa también en términos de NIVEL DE SENSIBILIDAD, expresado en DECIBELIOS referido a una sensibilidad de referencia dado, típicamente 1 V/bar (por ejemplo << - 94 dB, 1 V/ μ Bar >>).

La sensibilidad (nivel) en dB es $20 \log (V/ps)$ donde (V) es la salida en voltios (Voltaje RMS) y (ps) es la presión de sonido efectiva en bar. La sensibilidad también puede indicarse (en los transductores piezoeléctricos sin preamplificador integral), como sensibilidad de carga (por ejemplo, 1 dB, 1 picoculombio por microbar). La sensibilidad, independiente de la manera en que se exprese, es siempre la sensibilidad NOMINAL. Esta indicación puede ir acompañada de un conjunto de tolerancias; sin embargo, los transductores van siempre acompañados de un gráfico de calibración individual que incluye la indicación de su sensibilidad actual.

Las especificaciones de RESPUESTA EN FRECUENCIA indican si se trata de una respuesta de presión, respuesta de incidencia aleatoria, o respuesta en campo libre; cuando se indica una respuesta en campo libre se entiende de incidencia normal. Preferentemente la respuesta frecuencial se refiere a una amplitud y frecuencia específica. La zona de respuesta frecuencial plana se expresa en dB como una tolerancia en la sensibilidad, dentro de un rango de frecuencias determinado (por ejemplo; respuesta frecuencial en campo libre de incidencia normal; dentro de ± 2 dB desde, 4.2Hz a 40KHz (referenciado a la respuesta a 100Hz y a 160 dB SPL)).

La respuesta en frecuencia es generalmente igual a la respuesta en campo libre de incidencia aleatoria o incidencia tangencial, para longitudes de onda grandes comparadas con la máxima dimensión del transductor. La respuesta frecuencial puede calcularse algunas veces a partir de la respuesta a transitorios de presión en el transductor o de sus propiedades mecánicas y geométricas cuando éstas son muy simples; cuando se obtiene se indica como respuesta en frecuencia calculada. Si el transductor se utiliza en aplicaciones de fluidos, en vez del aire (o si se trata de un hidrófono) y su respuesta frecuencial y otras características son dependientes de dicha aplicación las especificaciones deben anotarse apropiadamente.

La **DIRECTIVIDAD** puede quedar especificada como un factor de directividad o como un ángulo sólido simétrico alrededor del eje principal del transductor. Se observa corrientemente en la literatura de los fabricantes como uno o más gráficos de respuesta direccional se registran sobre un papel gráfico circular.

El **UMBRAL** se especifica en algunos casos. La resolución no se incluye en las especificaciones, debido a que la mayoría de los transductores utilizados en medición tienen una resolución continuo.

La **SENSIBILIDAD TÉRMICA** se muestra como una tolerancia, o en μ dB, sobre la sensibilidad, dentro de un rango de temperaturas operativas especificadas, o como una medida de sensibilidad térmica en dB/°C, el **ERROR DE GRADIENTE DE TEMPERATURA** se especifica especialmente en los transductores piezoeléctricos (que pueden tener efectos piroeléctricos potenciales); también es denominado respuesta a transitorios térmicos. Algunos transductores pueden ir equipados con refrigeradores de agua para operaciones a alta temperatura.

Los **EFFECTOS DE ACELERACION Y VIBRACION** se indican en las especificaciones en terminos de la salida debido a la aceleración, equivalente a la salida correspondiente a un nivel de presión de sonido permanente. El error de aceleración se indica en dB por (g) eficaz (o por m/s^2). El error de vibración también se indica de esta manera con una especificación adicional sobre el rango de frecuencia de la vibración. Ambas especificaciones indican a lo largo de que eje del transductor son aplicables. (cuando no se indica, se considera como condición de peor caso, la aceleración actuante sobre el eje longitudinal normal sobre el diafragma sensor). Los errores de vibración y aceleración pueden también estar especificados en términos de nivel de sensibilidad equivalente, expresados en (SPL) equivalente por (g) y determinados como 20 log de la relación de la presión de sonido aparente debido a la aceleración y la amplitud (vibración) de la aceleración aplicada.

El ERROR DE PRESION AMBIENTAL se especifica como una tolerancia sobre la sensibilidad en \pm dB, sobre un rango determinado de presiones ambientales, o como un error de altitud, sobre un rango determinado de altitudes sobre el nivel del mar. Para los hidrófonos, este tipo de error puede indicarse para un rango de presiones determinadas o profundidad por debajo del nivel del mar.

Como otros **EFFECTOS AMBIENTALES** que pueden influir sobre las presentaciones se pueden incluir los medidos en atmosferas contaminadas o corrosivas, golpes, o efectos debidos a la exposición a radiación nuclear o a campos electromagnéticos.

5.3 - CARACTERISTICAS DEL METODO DE SENSADO.

El sonido se detecta mediante elementos SENSIBLES A LA PRESION; el DIAFRAGMA PLANO o alguna variación en su diseño, se utiliza normalmente en la mayoría de dispositivos sensores de sonido. En algunos casos, el elemento de transducción proporciona el mismo la función sensora y el diafragma actúa entonces como membrana de aislamiento. El diafragma responde a las variaciones de la presión de sonido, el elemento sensor esta normalmente configurado como sonda de presión manométrico, esto es, la presión la presión del sonido se mide con respecto a la presión estática del ambiente, mientras que las presiones estáticas actuantes en la superficie de entrada o de salida del diafragma estan equilibradas. El orificio de la galga esta fabricado de manera que actúa como filtro pasabajos, previniendo las variaciones en presión de sonido que pudieran estar presentes en el lado de referencia del diafragma. Algunos elementos sensores existen en configuración de presión referencial, con la parte de referencia hermeticamente sellada y algunas veces parcialmente al vacio.

CAPITULO VI

6.1 - ANALISIS DEL CIRCUITO BASICO DE NUESTRO PROTOTIPO.

En nuestro prototipo podremos utilizar circuitos integrados, conocidos como CMOS (que se caracterizan por su bajo consumo de energía), estos son utilizados en sus etapas principales como amplificadores, temporizadores, comparadores, y como osciladores. La utilización de los transistores en nuestro prototipo será exclusivamente para la aplicación en la etapa de potencia requerida para las señales de control en donde se requiera una alta potencia de salida. Dependerá del nivel requerido de señal para alguna otra aplicación en especial, como en la etapa de amplificación.

En nuestro prototipo, la utilización de la familia lógica CMOS nos va a permitir el uso de éstos, para la realización sencilla de el montaje analógico, digital o mixto mediante compuertas inversoras, tipo NAND o NOR .

6.2 - CARACTERISTICAS BASICAS DE OPERACION.

En nuestro circuito podremos analizar la operación básica del mismo, en base al montaje mostrada en nuestro diagrama. El cual podremos analizar por bloques.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

6.3 - ETAPA DE TRANSMISION.

En esta etapa podremos analizar la señal que es alimentada al transductor de transmisión (o emisión), este es alimentado con impulsos de onda cuadrada de 12 Volts de amplitud a una frecuencia de 40 KHz., que es generada por un multivibrador de dos puertos, en esta etapa de nuestro circuito podemos observar, también la aplicación de un condensador colocado en serie al transductor, esto es para eliminar la componente continua de $V_{cc}/2$.

6.4 - ETAPA DE RECEPCION.

En dicho etapa la señal recibida por el transductor de recepción se encuentra modulado en amplitud y en frecuencia por los movimientos producidos sobre el diafragma por el medio que se está censando.

Esta señal, se amplifica por las compuertas polarizadas negativamente antes de ser sometidas a una demodulación por un doblador de tensión y un filtro paso-bajas. La señal de muy baja frecuencia que resulta de esta modulación, es a su vez amplificada antes de alimentar a un comparador, cuyo umbral, es posible ajustar por medio del potenciómetro anexo. Este UMBRAL se refiere al GRADO DE SENSIBILIDAD de nuestro prototipo. Considerando este nivel, podremos decir que el circuito funcionará en un nivel lógico perfectamente calibrado.

Esta señal se alimenta a una compuerta a través de una red RC formada por las resistencias R6-R7, esta impide el disparo del circuito durante los primeros 20 segundos de funcionamiento del mismo. A partir de este periodo de inmunidad, cualquier impulso disparará un monostable durante unos dos minutos en los cuales el oscilador de BF enviará una fuerte señal a un medio externo de control a través de la etapa de amplificación instalada de acuerdo a este control.

La sensibilidad a las demandas de corriente del sistema de alimentación se obtiene en el comparador cuyo umbral se fija a partir de la alimentación, eliminando el diodo zener. Es posible eliminar esta función disponiendo de un regulador de Voltaje (7812) en la etapa de alimentación, siempre que se este seguro de que se tendrá una alimentación continua sin variaciones y que no sea menor a 13.5 Volts y con una corriente promedio de 40 mA.

Las opciones para este prototipo, en sus variadas aplicaciones las podremos realizar de la siguiente manera: se podrá variar el valor del capacitor C9 que tiene un valor de 4.7 microfaradios que se localiza cercano al generador RF . por uno de 10 o 22 microfaradios y también podremos realizar el enlace de señal del prototipo con un sistema de relevadores variando el valor de la resistencia R9 para cumplir con el requisito de nivel de señal del dispositivo secundario por activar.

CAPITULO VII

7.1 - OTRAS APLICACIONES DEL ULTRASONIDO.

Como otra posible aplicación del ultrasonido se tiene: la versión submarina de los transductores, éstos se utilizan como dispositivo de escucha submarina. El análisis de las frecuencias, amplitudes y formas de onda de las señales de salida pueden interpretarse para tener información de la naturaleza del objeto que emana del sonido. Dos o mas HIDROFONOS pueden utilizarse para tener información acerca de la localización de la fuente de sonido.

Varios diseños de hidrófonos son capaces de operar en el modo transmisor (utilizando al efecto piezoeléctrico de manera inversa) así como en modo receptor. Pueden ser así utilizado como sistema de sonar (la palabra sonar se deriva de "Sound Navigation and Ranging"). El modo usual de operación de estos sistemas implica la generación de un pulso de energía de sonido y su transmisión por el hidrófono. El hidrófono conmuta inmediatamente al modo de recepción y se mide el tiempo de viaje del pulso del hidrófono al blanco y del blanco al hidrófono de recepción.

El realizar un análisis más sofisticado del eco procedente del blanco puede proporcionar información adicional del mismo (por ejemplo; configuración o material). La mayoría de los hidrófonos son piezoeléctricos aunque algunos son magnetorestrictivos.

Además de las aplicaciones militares, el sonar se utiliza ampliamente para la determinación de bancos de pesca, operaciones de salvamento, mapeo del suelo del océano, y otras investigaciones oceanográficas.

En la prueba de materiales, por ejemplo, el modo de reflexión se utiliza para la determinación y detección de grietas en sólidos y otros materiales; sin embargo, el modo de transmisión, en combinación con emisiones ultrasónicas procedentes de un transductor de referencia se utilizan en sistemas de imágenes holográficas acústicas para 'test' no destructivo; el barrido ultrasónico utilizando reflexión, se utiliza para el mapeo subcutáneo de los organismos biológicos, normalmente en combinación con técnicas de proceso de imagen por computador. Como la profundidad de penetración de la energía ultrasónica, incluyendo los sólidos no homogéneos es fuertemente dependiente de la frecuencia, se pueden barrer frecuentemente determinados estratos o capas de órganos del cuerpo proporcionando imágenes tridimensionales.

APENDICE A

RELACION DE ESPECIFICACIONES Y ESTANDARES.

A.1 - ESTANDARES ANSI.-

- 1.- "ANSI Standards, available from American National
Standards Institute, New York":

"Specification for Sound Level Meters," ANSI S1.4-1971.

"Preferred Frequencies for Acoustical Measurements,"
ANSI S1.6-1967.

"Preferred Reference Quantities for Acoustical Levels,"
ANSI S1.8-1969.

"Methods for the Measurement of Sound Pressure Levels,"
ANSI S1.13-1971.

"Procedures for Calibration of Underwater Electro-
acoustic Transducers," ANSI S1.20-1972.

"Methods for Determination of Sound Power Levels of
Small Sources in Reverberation Rooms," ANSI S1.21-1972.

"Specifications and Test for Piezoelectric Pressure and
Sound Pressure Transducers (ISA S37.10)," ANSI MC4.4-
1975.

"Methods for Sound Power Determination," ANSI S1.31
through S1.36-1980.

A.2 - ESTANDARES ISO.

- 2.- *ISO Standards (S), Recommendations (R) and Draft Standard (D) (expected to become Standards in the near future), available from Secretariat, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland (or from ANSI, in the USA)*:

Measurement of Sound Insulation in Building Elements,
Parts I through VIII, ISO D 140, May, 1976.

Measurement of Absorption Coefficient in a Reverberation Room, ISO R 354, Dec., 1963.

Measurement of Noise Emitted by Vehicles, ISO R 362,
Feb., 1964.

Standard Reference Zero for the Calibration of Pure Tone Audiometers, ISO S 389, Jan. 1975.

Standard for Sound Level Meters, ISO S 451, 1979.

Rating of Sound Insulation for Dwellings, ISO R 717, May, 1968.

Test Code for the Measurement of the Airborne Noise Emitted by Rotating Electrical Machinery, ISO R1680
July 1970.

Assessment of Noise with Respect to Community Response
*ISO R 1996, May 1971.

'Assessment of Occupational Noise Exposure for Hearing Conservation Purposes,' ISO S 1999, Aug. 1972.

'Measurement of Airborne Noise Emitted by Compressor/Prismover Units Intended for Outdoor Use,' ISO S 2151, June 1972.

'Guide to the Measurement of Airborne Acoustical Noise and Evaluation of its Effects on Man,' ISO S 2204, May 1973.

'Description and Measurement of Physical Properties of Sonic Booms,' ISO S 2249, mar. 1973.

'Measurement of Noise Emitted by Vessels on Inland Waterways and Harbors,' Iso S 2922, Sept. 1975.

'Measurement of Noise on Board Vessels,' ISO S 2923, Sept. 1975.

'Measurement of Noise Emitted by Railbound Vehicles,' ISO S 3095, Sept. 1975.

'Measurement of Noise Inside Railbound Vehicles,' ISO S 3381, Feb. 1976.

'Measurement of Reverberation Time in Auditoria,' ISO S 3382, Dec. 1975.

'Determination of Sound Power Levels of Noise Sources - Guidelines for the Use of Basic Standards and for the Preparation of Noise Test Code,' ISO D 3740, May. 1976.

'Precision Methods for Broad Band Source in Reverberation Rooms,' ISO S 3741, July 1975.

'Precision Methods for Discrete Frequency and Narrow Band Sources in Reverberation Rooms,' ISO S 3742, Dec. 1976.

'Engineering Methods for Special Reverberation Test Rooms,' ISO S 3743, Dec. 1976.

- 'Engineering Methods for Free Field Conditions over a Reflecting Plane,' ISO D 3744, May 1975.**

'Precision Methods for Anechoic and Semi-anechoic Rooms,' ISO S 3745, Nov. 1975.

'Survey Method' (for determining the A-weighted sound power level of a device or machine)', ISO D 3746, June 1976.

'Laboratory Test on Noise Emission by Appliances and Equipment Used in Water Supply Installations (Part I: Methods of Measurement,' ISO S 3822, July 1977.

'Procedure for Describing Aircraft Noise Heard on the Ground,' ISO D 3891 (no date given)'.

~~SECRET~~

~~El presente informe tiene por objeto informar a la Comandancia en Jefe de la Fuerza Armada Nacional sobre el estado de los trabajos realizados en el marco del Plan de Modernización de la Fuerza Armada Nacional, en el rubro de la adquisición de equipos de comunicaciones, específicamente en el área de radiofrecuencia, durante el período comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 1988.~~

Debido a la gran importancia que reviste el tema de las comunicaciones, resulta necesario analizar detenidamente el proceso de adquisición de equipos de radiofrecuencia, en el marco del Plan de Modernización de la Fuerza Armada Nacional, para determinar el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos en el mismo, y para ello se ha procedido a un estudio de los trabajos realizados en el rubro de la adquisición de equipos de radiofrecuencia, durante el período comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 1988.

Se debe tener presente que el estado del desarrollo alcanzado en base a circuitaría y transductores piezoeléctricos, que se encuentran en el mercado Nacional para poder asegurar un suministro de refacciones y servicio. Dicho tema ha sido estudiado debido a la gran necesidad que se tiene en el servicio por sistemas de detección o de control. Ciertamente esta necesidad es más grande en lugares donde no existe una vigilancia permanente, aunque si esto debiese de considerarse que ya existen otros tipos de sistemas, pero desgraciadamente, son muy pocos los adquiridos en el país. Teniendo así la obligación de realizar algo pronto, NACIONAL.

BIBLIOGRAFIA.-

- 1.- Beranek, L.L., "Acoustics". New York: McGraw-Hill Book Company, 1954.
- 2.- Albers, U. M., "Underwater Acoustics Handbook". University Park, PA: "Pennsylvania State University Press", 1960.
- 3.- Kinsler, L. E., and Frey, A.R., "Fundamentals of Acoustics" (2nd ed.), New York: John Wiley & Sons, Inc., 1962.
- 4.- Keast, D.N., "Measurements in Mechanical Dynamics". New York: McGraw-Hill Book Company, 1967.
- 5.- Morse, P.M., and Ingard, K.U., "Theoretical Acoustics". New York: McGraw-Hill Book Company, 1968.
- 6.- Sessler, G.M., and West, J.E., "Foil Electrets and Their Use in Condenser Microphones", "Journal of the Electrochemical Society", Vol. 115, pp.836-841, 1968.
- 7.- Goldman, R.G., "Ultrasonic Technology". New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1962.
- 8.- Gayford, M.L., "Electroacoustics: Microphones, Earphones, and Loudspeakers". London: Butterworth, 1970.
- 9.- Beranek, L.L., "Noise and Vibration Control". New York: McGraw-Hill Book Company, 1971.
- 10.- "Occupational Noise Exposure," Article 1910.95, "Occupational Safety and Health Administration, Federal Register", Vol. 36 no.105.Pt.II, May29, 1971.

- 11.- Goodfriend, L.S.. "Noise Pollution". Cleveland OH: "CRC Scientific Publications", 1972.
- 12.- Junger, M.C., and Feit, D., "Sound, Structures and Their Interactions". Cambridge, MA: MIT Press, 1972.
- 13.- Fry, F.J. (Ed.), "Ultrasound, Its Applications in Biology and Medicine". New York: American Elsevier Publishing Co., 1975.
- 14.- Yerges, L.F., "Sound, Noise and Vibration Control". New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1978.
- 15.- "Transducers, Sensors, and Detectors". Robert G. Seippel.
- 16.- "Transducers in Measurement and Control". Peter H. Sydenham
- 17.- "Transducers. Theory and Applications". John A. Allaco. Allen Stuart.