NUMERO 15.657 :

P.B.Flanders -Case 1

95466

14 OCT 1925

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

CERTIFICADO DE ADICION

á la

PATENTE DE INVENCION

Número 87.318, expedida el 22 de diciembre 1923

en

ESPAÑA

por VEINTE años

por " Perfeccionamientos en las bocinas acústicas ".

A nombre de la

TELEFONOS BELL, S. A.

establecida en

Madrid, Avenida de Pi y Margall, 5.

7&7&7&7&7&&7&77&7&7&7&7&7&7&7&7&&7&7&7&7&&7&7&7&7&7&7:

Este invento se relaciona con las bocinas acústicas, particularmente las apropiadas para el acoplamiento de los reproductores fonográficos, los receptores telefónicos, o los transmisores y sus análogos, con la atmósfera, y tiene por objeto, entre otros, mejorar la eficiencia y la calidad de ese acoplamiento.

En el caso de una bocina para el acoplamiento de una fuente de sonido, como un reproductor fonográfico, con la atmósfera, la eficiencia puede tomarse por la relación entre la fuerza recibida de la atmósfera y el máximun de rendimiento de fuerza de la citada fuente, esto es, el rendimiento de fuerza que se disiparía en una impedancia conjugada con respecto a la impedancia de la fuente o suministrador y sujeta directamente a ella. La pérdida de fuerza introducida por la bocina se puede dividir en cuatro clases, a saber: Dos pérdidas de transición, una en cada extremo de la bocina, una pérdida de atenuación, y una pérdida de interacción (o una ganancia).

Si la bocina se le da tal forma que el área varíe de un extremo a otro, de acuerdo con la ley exponencial, dicha bocina tendrá una frecuencia crítica por bajo de la cual la impedancia de la oleada será una reactancia pura, es decir, la bocina obrará a modo de un filtro de gran paso y despreciando las pérdidas de disipación transmitirá sin atenuación alguna todas las frecuencias superiores a esa frecuencia crítica. La pérdida por interacción es una función de las dos pérdidas de transición y viene a ser, en general, un mínimun cuando cada una de ellas es a su vez un mínimun. Por lo tanto, una bocina que dé el acoplamiento más eficiente es aquella en la que las dos pérdidas de transición son lo más bajas posible.

La pérdida de transición en el cuello de la bocina se puede regular por la debida forma o tipo del elemento motor y de la cámara de aire.

Una característica del invento consiste en reducir a un mínimun la pérdida de transición en la boca de la bocina.

Como luego veremos en detalle, la pérdida de transición en la boca se puede calcular en términos de una impedancia de bocina vista por la boca y la impedancia de carga de la misma bocina. Se ha observado que esa impedancia de carga es prácticamente igual a la impedancia de una abertura circular en una pared infinita, siendo posible, por lo tanto, evaluar la pérdida y determinar las condiciones que den la menor pérdida. Una vez determinada la abertura del cuello por la impedancia de la fuente o suministrador, y el grado de conicidad o inclinación por la frecuencia de interceptación, se ha visto que la pérdida más baja se puede obtener haciendo el diámetro efectivo de la boca igual a una tercera parte de la longitud de onda de esa frecuencia de interceptación. Además, se ha observado que un diámetro de boca tan pequeño como una cuarta parte de la longitud de onda de la referida frecuencia de interceptación da una pérdida sólo algo mayor que esa pérdida mínima. Para las exigencias del espacio conviene utilizar a veces ese área de boca menor.

A fin de que el expresado invento se pueda comprender con toda claridad pasamos a hacer su descripción detallada con ayuda de los adjuntos dibujos, en los que designan:

La figura 1, una serie de curvas para la pérdida de transición en la boca de la bocina y para diversos valores de δ, esto es, relación entre el diámetro de la boca y la longitud de onda de la frecuencia de interceptación.

La figura 2, otra serie de curvas que ilustra la relación entre L/D_1 y $D_1 f_c$, para diversos valores de δ.

La figura 3, una vista longitudinal de una bocina recta establecida con arreglo al invento, y

Las figuras 4 a 6, unas vistas seccionales de una bocina plegada, también de acuerdo con el invento, representando la figura 4 una sección de la figura 6 por la línea 4-4, y las figuras 5 y 6 otras secciones de la figura 4 por las respectivas líneas 5-5 y 6-6.

Para la construcción de una bocina con arreglo al invento conviene sacar partido de los métodos de análisis que se han desarrollado en conexión con las redes eléctricas. A ese fin pasamos a exponer las características análogas de los dos sistemas:

Bocina acústica.	Línea eléctrica.
$\frac{dE}{dx} = - j\omega \, \underline{\rho} I$	$\frac{de}{dx} = - j\omega \ell \, i$
$\frac{dI}{dx} = - j\omega \frac{A}{k} E$	$\frac{di}{dx} = - j\omega \, ce$
E = exceso de presión por área de unidad	e = voltaje
I = velocidad de volumen por una superficie isobárica de área A	i = corriente
$\frac{\rho}{A}$ siendo ρ igual a la densidad del aire	ℓ = inductancia en serie por longitud de unidad
$\frac{A}{k}$ designando k el coeficiente de elasticidad para el aire	c = capacidad en shunt por longitud de unidad.

Esa analogía se basa en la similitud de las ecuaciones diferenciales para el movimiento en los dos sistemas expuestos, partiendo de los siguientes supuestos a fin de obtener las ecuaciones para la bocina:

(1) - Ninguna disipación.

(2) - Cada superficie isobárica, esto es, cada superficie de igual exceso de presión, coincide con una superficie de igual velocidad lineal.

Lo mismo en el caso de una bocina que en el de las redes eléctricas, la impedancia se define por la relación entre E e I. Ese no es el tipo usual que se emplea en los sistemas vibratorios mecánicos, en los que la impedancia se define por la relación entre la fuerza total (AE) y la velocidad lineal (V). Ahora bien $\frac{EA^2}{I}$ da el tipo de impedancia que pasamos a ver:

La forma de bocina objeto del invento se define por la ecuación $A = A_0 \varepsilon^{ax}$, en la que _a_ es el declive y _x_ la distancia a lo largo de la bocina, a partir de un punto arbitrario, siendo A_0 el área. La integración de las ecuaciones diferenciales para el movimiento de las ondas en ese tipo de bocina, con las condiciones limitadoras de que esa bocina se extienda hasta lo infinito en ambas direcciones, nos permite dar una expresión para la impedancia $Z = \frac{EA^2}{I}$, destinada a la propagación en la dirección de aumento A, que es:

$$Z = \frac{j\,2\omega\rho A}{a + \sqrt{a^2 - \left(\frac{2\omega}{V}\right)^2}}; \quad V = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$ velocidad del sonido al aire libre. (1)

a lo que se le llama la impedancia de la oleada.

Para la propagación en la dirección inversa existe otra impedancia de la oleada, que es su conjugada (tratándose de frecuencias mayores que la de interceptación). Esa impedancia es:

$$\bar{Z} = \frac{j\,2\omega\rho A}{a - \sqrt{a^2 - \left(\frac{2\omega}{V}\right)^2}}. \qquad (2)$$

Cuando $f = \frac{aV}{4}$, la impedancia de la oleada es una reactanciapura y, como resultado de ello, la bocina obra a modo de un filtro de gran paso, de la misma manera que una línea eléctrica en disminución que tenga inductancia en serie y capacitancia en shunt. La frecuencia de interceptación es $f_c \leqq \frac{a V}{4\pi}$. Suponiendo $\mu = \frac{f_c}{f}$, las impedancias de las oleadas vienen a ser:

$$Z_q = \sqrt{\rho k A_q} \left[\sqrt{1 - \mu^2} + j \mu\right] = R_q + j X_q \qquad (3)$$

$$Z_q = \sqrt{\rho k A_q} \left[1 - \mu^2 - j\mu\right] = R_q - j X_q \qquad (4)$$

En el caso de una bocina finita que por medio de una impedancia $T = t + j\mu$ se convierta en una impedancia $R = r + js$, la pérdida (ya definida como la relación entre el máximun de fuerza y la fuerza realmente recibida), viene a ser:

$$\sqrt{\frac{P_{max.}}{P_R}} = \left|\frac{T + Z_1}{2\sqrt{R_1 t}}\right| \cdot \left|\frac{R + \bar{Z}_2}{2\sqrt{R_2 r}}\right| \cdot \left|\varepsilon^{\frac{\alpha_L}{2}} \cdot\right| \left|1 - \frac{T - \bar{Z}_1}{T + Z_1} \; \frac{R - Z_2}{R + Z_2} \varepsilon^{-bL}\right| \qquad (5)$$

siendo respectivamente Z_1 y Z_2 la impedancia de oleada para el cuello y para la boca y $\bar{Z}_1$ y $\bar{Z}_2$ sus conjugadas.

Eso es igual a la ecuación general para la pérdida que se produce en una red eléctrica, como lo cita K. S. Johnson en su "Transmissión Circuits for Telephonie Communication", subdivisión 11.8, página 140.

Como ya hemos dicho, la pérdida obedece a cuatro factores, siendo los dos primeros las pérdidas de transición en el cuello y en la boca respectivamente, el tercero la pérdida de atenuación, y el cuarto la pérdida de interacción. Como también hemos explicado en cuanto a no tener en cuenta la disipación, la pér-

dida de atenuación es cero y la pérdida de interacción es un mínimun cuando a su vez sean un mínimun las pérdidas de transición. La cuestión de mantener la pérdida de transición en la garganta con un mínimun incumbe al elemento motor y al tipo de cámara de aire.
La otra pérdida de transición es una función de la abertura de la boca y de la frecuencia de interceptación (o declive).

Por lo tanto, para reducir a un mínimun la pérdida de la bocina es necesario establecer ésta de modo que la pérdida de transición en la boca sea a su vez un mínimun. Para lograrlo es necesario recurrir a algún método de computar la impedancia de carga en la bocina.

Sabido es que, con altas frecuencias, la bocina ejerce un marcado efecto directivo que demuestra que la energía del sonido se concentra perfectamente frente al plano de la abertura de la boca. La intrpducción de un reborde infinito en derredor de esa abertura no producirá, por lo tanto, ningún efecto apreciable, de modo que es evidente que para esas frecuencias se puede considerar la impedancia de la carga como la ofrecida a una placa circular de área igual a la abertura de la expresada boca que vibre en una pared infinita. Con bajas frecuencias, las ondas emergentes son de forma esférica y se propagan en toda dirección, prácticamente como si la bocina no tuviese obstrucción alguna.

Para esas longitudes de ondas, por lo tanto, la impedancia de carga será aproximadamente igual a la de una superficie esférica cuyo centro coincida con el de la abertura circular y cuyo radio sea igual al de esa abertura. Dicho de otro modo, las ondas que salen o emergen de la bocina se propagan por el aire libre como si no existiese tal bocina y como si la fuente de energía se hallase en el centro de dicha abertura de la boca. Esa impedancia se puede calcular por las fórmulas bien conocidas y viene a ser prácticamente igual que la ya mencionada impedancia de la pared infinita.

Considerando el hecho de que las bocinas funcionan a veces en el aire absolutamente libre y que, por lo tanto, existen casi siempre algunos efectos de reflexión, la impedancia de la carga en la bocina puede considerarse como igual a la impedancia de la pared infinita para todas las frecuencias. Esa impedancia se puede derivar facilmente de una ecuación dada por Rayleigh en su "Theory of Sound", tomo 2º, subdivisión 302, y es:

$$A\sqrt{\rho k}\;(C_R + j\,C_X) \qquad (6)$$

siendo

$$C_R = 1 - 2\,\frac{J_1(x)}{x} \qquad (7)$$

y

$$C_X = \frac{2}{x^2}\,\frac{2}{\pi}\;\frac{x^3}{1^2.3} - \frac{x^5}{1^2.3^2.5} + \frac{x^7}{1^2.3^2.5^2.7} - \dots\dots \qquad (8)$$

La pérdida de transición en la boca de la bocina se puede calcular entonces. Por la ecuación (6), la pérdida de transición en unidades de transmisión (TU) viene a ser (se define una unidad de transmisión de modo que el número de unidades de transmisión correspondiente a una relación de fuerza de $\frac{P_1}{P_2}$ sea igual a 10 log. 10 $\frac{P_1}{P_2}$) :

$$H = 20\log_{10}\frac{R + \bar{Z}_2}{2\sqrt{R_2 r}} \qquad (9)$$

siendo $\bar{Z}_2 = R_2 - j\,X_2 =$ la impedancia de oleada para el extremo de la boca mirando hacia la pequeña extremidad de la bocina.

En el supuesto de que A_2 al área seccional de la abertura de la boca, tendremos, por la ecuación (6):

$$R = \sqrt{\rho k}\ A_2\ (C_R + j\ C_X) \qquad (10)$$

y por la (4):

$$Z_2 = \sqrt{\rho\ k}\ A_2\ (\sqrt{1-\mu^2} - j\mu) \qquad (11)$$

Las ecuaciones (10) y (11) en la (9), dan:

$$H = 20 \log._{10} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(C_R + \sqrt{1-\mu^2})^2 + (C_X - \mu)^2}{C_R \sqrt{1-\mu^2}}} \qquad (12)$$

Se ve con referencia a las ecuaciones (7) y (8) que C_R y C_X son funciones de x, siendo:

$$x = \frac{\omega D_2}{V} = \frac{2\pi\ f\ D_2}{V} \qquad (13)$$

y D_2 = diámetro de la abertura de la boca.

La ecuación (13) se puede transformar como sigue:

$$x = 2\pi\ D_2 \frac{f}{f_c}\ \frac{f_c}{V} = \frac{2\pi}{\mu} \frac{D_2}{\left(\frac{V}{f_c}\right)}$$

siendo $\frac{V}{f_c}$ la longitud de onda con la frecuencia de interceptación, y tomándose como un parámetro la relación entre D_2 y ella. Le daremos el símbolo δ.

De ese modo tendremos:

$$x = \frac{2\pi\delta}{\mu} \qquad (14)$$

y para cualesquiera valores de δ y de μ se podrán calcular los valores de C_R y C_X por medio de las ecuaciones (7) y (8).

Utilizando las ecuaciones (12) y (14) se han trazado las curvas de la figura 1. Examinando esas curvas se ve que el mínimun de pérdida ocurre cuando la relación entre el diámetro de la boca y la frecuencia de interceptación es de una tercera parte. Ahora bien, una relación da una cuarta parte da una pérdida que es sólo en un pequeño exceso con respecto a la mencionada, siendo con frecuencia conveniente utilizar esa relación menor, particularmente en las bocinas para los fonógrafos y sus análogos, toda vez que las limitaciones de espacio son algo pequeñas. Las relaciones fuera de esos límites dan unas pérdidas que son considerablemente mayores y que varían en más amplitud con la frecuencia, lo que hace que no solamente se reduzca mucho la eficiencia, sino que la calidad desmerezca también. Sólo se da en dichas curvas la pérdida más inmediata de la frecuencia de interceptación. Al aumentar la frecuencia, disminuye la diferencia de pérdida para los diversos valores de δ, hasta que con la frecuencia infinita sea la pérdida independiente de δ.

Para simplificar el dibujo se han trazado las curvas de la figura 2, que ilustran la relación entre $\frac{L}{D_1}$ y $D_1 f_c$, ayudando mucho, por lo tanto, para la formación de las bocinas objeto del invento. Su desarrollo se hizo del siguiente modo:

La ecuación dada para la forma de la bocina es:

$$A = A_0 \varepsilon^{ax}$$

asimismo,

$$f_c = \frac{a V}{4 \pi} \qquad (15)$$

además,

$$A_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} \qquad (16)$$

$$A_2 = \frac{\pi \; D_2^{\,2}}{4} \tag{17}$$

designando respectivamente D_1 y D_2 los diámetros inicial y final de la bocina. Utilizando las ecuaciones (1), (16) y (17), y teniendo en cuenta, por la ecuación (14), que $\delta = \dfrac{D_2}{\left(\dfrac{V}{f_c}\right)}$

$$aL = \log_{\varepsilon} \frac{A_2}{A_1} = \log_{\varepsilon} \frac{D_2}{D_1}$$

$$= 2 \log_{\varepsilon} \frac{\left(\dfrac{V}{f_c}\right)}{D_1} \; \frac{D_2}{\left(\dfrac{V}{f_c}\right)} = 2 \log_{\varepsilon} \frac{V\delta}{D_1 f_c}$$

$$\frac{aV}{4\pi} \; \frac{L}{\left(\dfrac{V}{4\pi}\right)} = 2 \log_{\varepsilon} \frac{V}{D_1 f_c} \tag{18}$$

siendo L = la longitud axial de la bocina.

Las ecuaciones (15) y (18) nos dan:

$$\left(\frac{L}{D_1}\right) = \frac{\left(\dfrac{V}{2\pi}\right)}{D_1 \; f_c} \; \log_{\varepsilon} \; \left(\frac{V\delta}{D_1 f_c}\right) \tag{19}$$

Por medio de esa ecuación (19) se marcó $\left(\dfrac{L}{D_1}\right)$ contra $(D_1 f_c)$, en la figura 2, para cuatro valores del parámetro δ. Por conveniencia del trazado se da D_1 como pulgadas en la variable $(D_1 f_c)$.

Otras ecuaciones se pueden utilizar por lo que respecta á las curvas, y se obtienen de la manera siguiente:

Por la definición de δ es evidente que:

$$D_2 = \frac{V\delta}{f_c}$$

Tomando V = 1125 pies por segundo, esa ecuación resulta, en unidades de pulgadas,

$$D_2 = \frac{13.500\,\delta}{f_c} \tag{20}$$

La ecuación del trazado para la bocina se puede escribir:

$$D_x = D_1 \varepsilon^{kx} \qquad (21)$$

siendo D_x el diámetro á una distancia axial x de la abertura del cuello, y K es evidentemente $\frac{a}{2} = \frac{2\pi f_c}{V}$,

ó bien:

$$K = \frac{f_c}{2150} \text{ en unidades de pulgadas.} \qquad (22)$$

$k = \frac{2K\delta}{D_2}$ en las unidades que se usan para

D_2. (23)

Para ilustrar el empleo de esas curvas daremos los siguientes ejemplos:

En el supuesto de que se quiera construir una bocina del tipo recto que ilustra la figura 6, cuya abertura inicial sea de media pulgada (se determina por el elemento motor y por la cámara de aire, según hemos visto antes), y una frecuencia de interceptación de 100 ciclos por segundo, tendremos:

$$D_1 f_c = (0,5) \quad (100) = 50.$$

Toda vez que se encuentra entre 10 y 100 hay que elegir la escala A de la figura 2. Se utilizará un valor de $\delta = 1/4$. La escala para $\left(\frac{L}{D_1}\right)$ se ve que es la c, y su valor se lee 181.

Por lo tanto:

L= (0.5) (181) = 90.5 pulgadas = 7 pies 6-1/2 pulgadas.

$D_2 = \frac{(13.500) \quad (0.25)}{100} = 33.75$ pulgadas = 2 pies 9-3/4 pulgadas, y

$$K = \frac{100}{2150} = 0.0465 \text{ por pulgada.}$$

midiéndose x en pulgadas, desde la abertura inicial, y siendo también D_x en pulgadas.

Aun cuando lo expuesto se basa en una bocina de sección transversal circular, se ha observado que sirve también para las bocinas exponenciales de cualquier forma de sección transversal, siempre que no sean de forma oblonga ú ovalada muy estrecha. Claro es que para esas secciones hay que utilizar áreas mejor que diámetros. D_2 se define, para ese tipo de bocina, como el equivalente del diámetro de la bocina, esto es, el diámetro de un círculo que tenga un área igual al área de la boca.

Las figuras 4, 5 y 6 ilustran una bocina del tipo plegado, de esa sección transversal irregular. Las bocinas plegadas de ese tipo general se describen en la Memoria de **la patente americana nº 213528.**

La bocina que aquí se ilustra comprende una parte acampanada dividida en dos secciones iguales 11 y 12 merced á una parte central 13. Esas dos campanas se juntan en el borde posterior de dicha parte 13, donde vuelven á dividirse en dos canales iguales 15 y 16. Esos dos canales los representan en secciones horizontales las figuras 5 y 6. Convergen hacia el frente de la bocina, donde se juntan para formar un solo canal 17 que sube por la parte de arriba de la bocina y converge hacia el cuello. Uno de los canales aparece incompleto precisamente por encima del cuerpo de la bocina, aunque en realidad llega hasta la cámara de aire, la cual no se ilustra.

El área de la bocina en las diversas secciones se proporciona con arreglo á la ecuación que luego daremos, y el área total de la boca es tal que su diámetro equivalente resulta igual á una cuarta parte de la longitud de onda de la frecuencia de intercepción. Esa ecuación del canal se obtiene de un modo igual al que se emplea para conseguir la fórmula de trazado destinada á la bocina circular de la figura 3. Por ejemplo, se supondrá que la longitud efectiva de la bocina es de seis pies y que el área de la abertura del cuello es de 0.307 pulgadas cuadradas.

El diámetro equivalente de la abertura del cuello se tomará como el diámetro de un círculo cuyo área sea de 0.307 pulgadas cuadradas.

Como consecuencia de ello tendremos $D_1 = 0.625$ pulgadas y $\frac{L}{D_1} = \frac{72}{0.625} = 115$, que corresponde á la escala (c) en la curva de la figura 2.

En la escala A se lee:

$$D_1 f_c = 72.3$$

y por lo tanto,

$$f_c = \frac{72.3}{0.625} = 115.75 \text{ c.p.s.}$$

El diámetro equivalente de la boca es:

$$D_2 = \frac{(13.500)\ (0.25)}{115.75} = 29.1 \text{ pulgadas.}$$

y

$$k = \frac{115.75}{2150} = 0.054$$

La ecuación para el trazado resulta, por consiguiente:

$$A_x = A_1 \varepsilon^{2kx} = 0.307\, \varepsilon^{0.108x}$$

Claro es que el invento, como se comprenderá, es aplicable á las bocinas de diversas formas y secciones transversales, dentro del espíritu y alcance del mismo.

Esta solicitud, que corresponde á la

presentada en los Estados Unidos de América el 31 de diciembre de 1924, bajo el número 759182, se acoge á los beneficios del artículo 16 de la Ley de Propiedad Industrial.

-o- N O T A -o-

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de este CERTIFICADO DE ADICION, son los siguientes:

1º - Una bocina acústica cuya abertura de boca es igual, en área, á un círculo cuyo diámetro sea del orden de una tercera á una cuarta parte la longitud de onda de la frecuencia de interceptación de la misma bocina.

2º - Una bocina acústica del tipo plegado, que tiene una sección transversal irregular variable en área desde el cuello á la boca, con arreglo á la ley exponencial, y una abertura de boca de área igual al de un círculo cuyo diámetro sea del orden de una tercera á una cuarta parte la longitud de onda de la frecuencia de interceptación.

3º - Una bocina acústica, esencialmente como la descrita con referencia á los adjuntos dibujos.

4º - Modificaciones introducidas en el objeto de la Patente de Invención número 87.318, expedida el 22 de diciembre de 1923, que recae sobre "Perfeccionamientos en las bocinas acústicas ".

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria

consta de diez y seis hojas escritas por una sola cara.

Madrid 14 de octubre de 1925
P. A.
Alberto de Elzaburu
Por Poder

Fig. 1

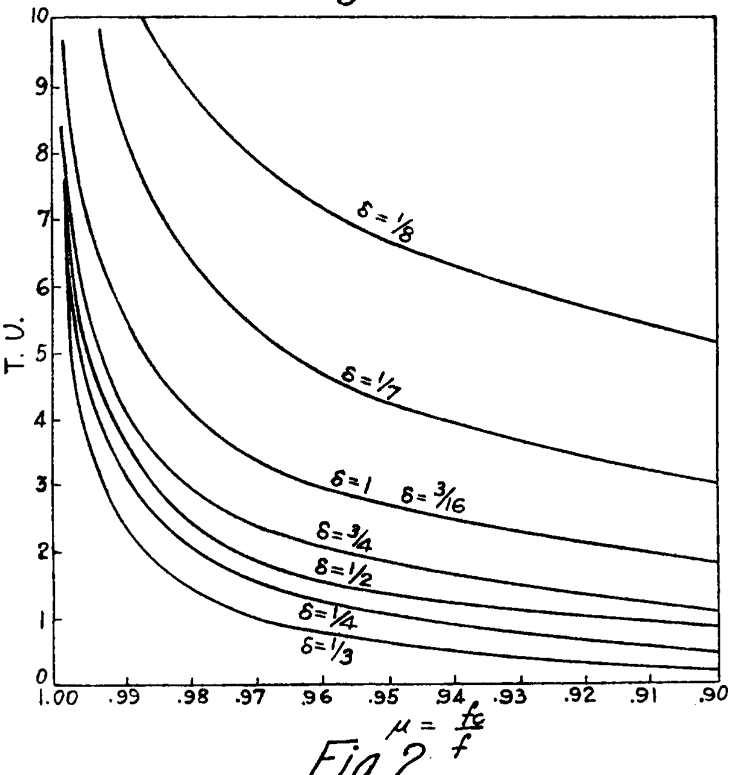
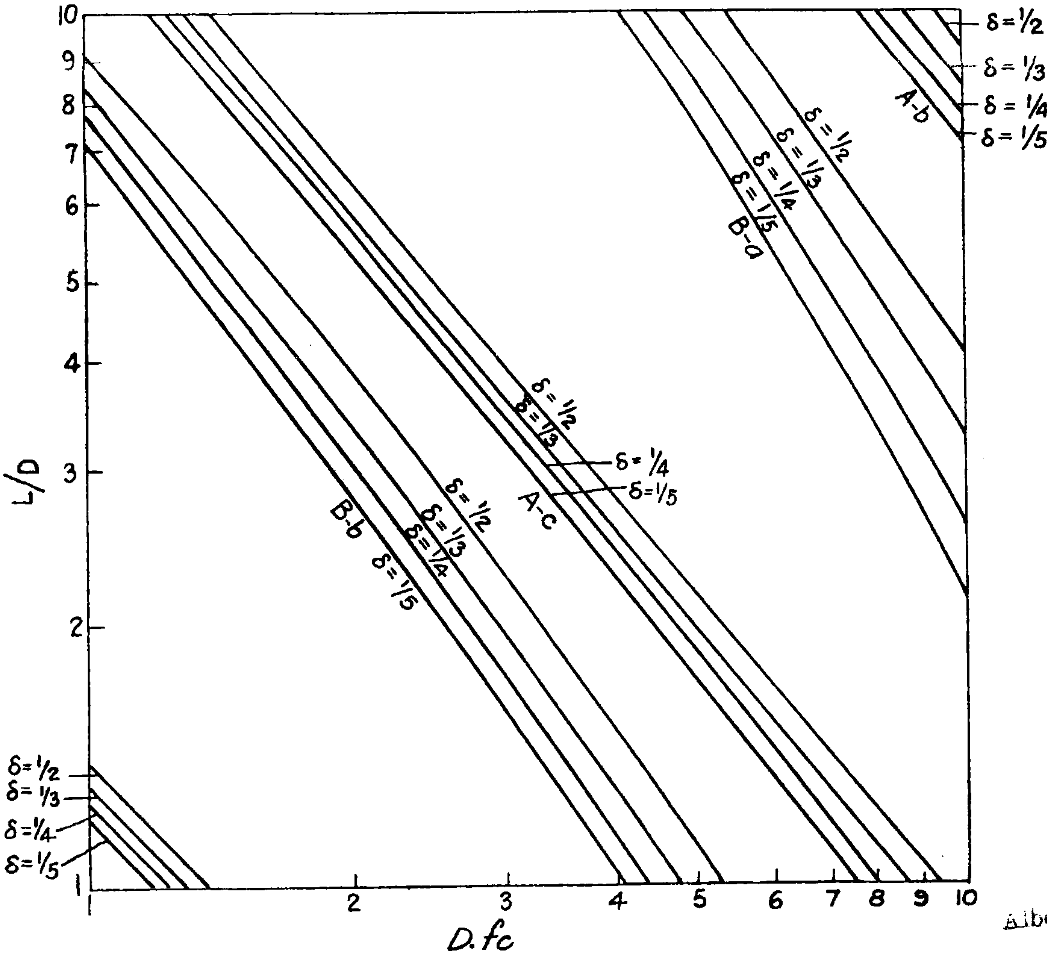


Fig. 2



PA

Alberto de Elzaburu

Por Poder

ESCALA VARIABLE

Fig.4

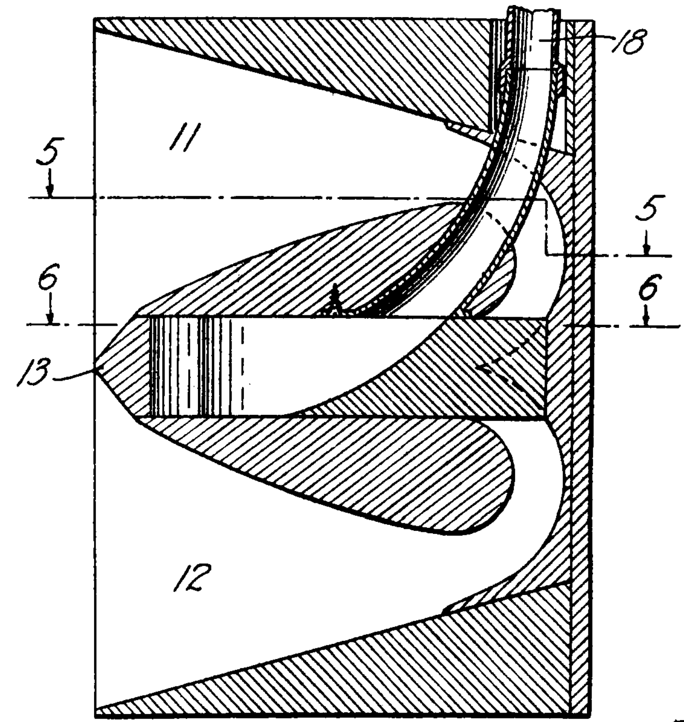


Fig.5

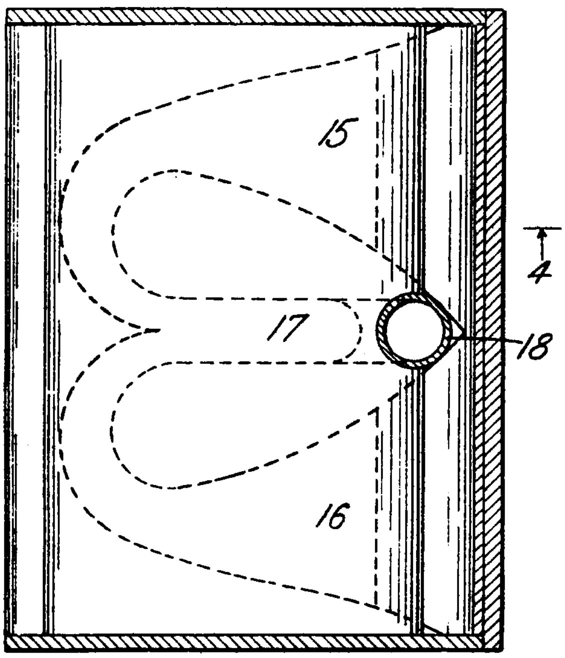


Fig.6

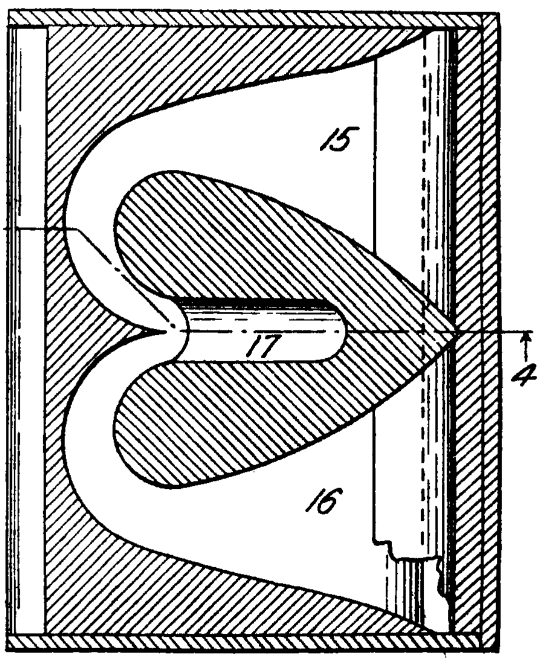
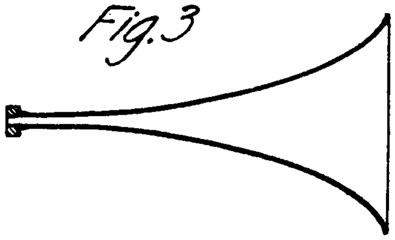


Fig.3



PA

Por Poder