



C. T. N. E.  
DEPTO. DE INGENIERÍA  
ARCHIVO

~~C-927~~

174

C. T. N. E.

BOLETIN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

Núm. 00,580

SECCION DE TRANSMISION

1.<sup>a</sup> edición. — Agosto 1931

# EL DECIBELIO (db)

---

## PÉRDIDAS Y GANANCIAS DE TRANSMISION

Facilitado por la International Telephone and Telegraph Corporation a la Compañía Telefónica Nacional de España, quien en ningún caso podrá transferirlo ni consentir su aprovechamiento por otra entidad o particulares por tener carácter de exclusiva su utilización.

C. T. N. E.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

SECCION DE TRANSMISION

BOLETIN DE INGENIERÍA

Núm. 174

1.<sup>a</sup> edición. — Agosto 1931

# EL DECIBELIO (db)

---

## PÉRDIDAS Y GANANCIAS DE TRANSMISION

Facilitado por la International Telephone and Telegraph Corporation a la Compañía Telefónica Nacional de España, quien en ningún caso podrá transferirlo ni consentir su aprovechamiento por otra entidad o particulares por tener carácter de exclusiva su utilización.

# INDICE

---

- 1.—Introducción.
  - 2.—Pérdidas de transmisión.
  - 3.—Atenuación de una línea telefónica.
  - 4.—Unidades adoptadas para la medida de pérdidas y ganancias.
  - 5.—Napier o  $\beta$ l.
  - 6.—Decibelio (antigua TU)
  - 7.—Ventajas del decibelio.
  - 8.—Equivalencias entre decibelios y relaciones de potencias.
  - 9.—Equivalencias entre decibelios y relaciones de intensidades.
  - 10.—Relación entre el decibelio y el napier.
  - 11.—Relación entre el decibelio y la M. C. S.
  - 12.—Origen de la palabra «decibelio».
- 

TABLA I.—Equivalencias entre decibelios y napiers.

TABLA II.—Equivalencias entre decibelios y relaciones de potencias, intensidades y tensiones.

# EL DECIBELIO

## PERDIDAS Y GANANCIAS DE TRANSMISION

### 1. INTRODUCCION

La función propia de un sistema telefónico es la transmisión y reproducción a distancia de los sonidos articulados. Es claro que la transmisión ha de ser de tal naturaleza que los sonidos resulten inteligibles y esta *inteligibilidad* depende de los dos factores siguientes:

1.º Del volumen de los sonidos reproducidos, que a su vez es función de la potencia transmitida por el sistema.

2.º De la fidelidad con que son reproducidos aquéllos.

Ambos son esenciales. Porque sería inútil evidentemente que un circuito transmitiese una potencia considerable, si al mismo tiempo, la fidelidad de la reproducción no alcanzara un cierto valor y, al contrario, no hay por qué exigir de un sistema telefónico una alta calidad de la transmisión, si los sonidos recibidos tienen un volumen insuficiente para impresionar a un oído normal.

El segundo factor depende de muchas circunstancias (ruidos de línea, interferencias, distorsión de atenuación o de frecuencia, etc.), que no suelen tener remedio inmediato. El primero o sea el relativo al volumen de los sonidos reproducidos está expuesto a constantes alteraciones, principalmente por cambios en las condiciones atmosféricas y requiere, con frecuencia, la intervención inmediata del personal directamente encargado de la explotación.

El presente Boletín tiene por objeto exponer, en la forma más sencilla posible, los principios fundamentales de esta parte del problema.

### 2. PERDIDAS DE TRANSMISION

Si enlazamos directamente un micrófono y un teléfono, sin más órgano intermedio que la bobina de inducción, como se ve en la fig. 1.<sup>a</sup>, la energía acústica reproducida por el receptor no será mucho menor que la recogida por el micrófono ante el cual se habla. Y hasta podrá suceder que sea mayor, puesto que el micrófono, a expensas de su propia pila, trabaja como un verdadero amplificador.

Pero si entre los aparatos transmisor y receptor hay intercalados órganos tales como una línea más o menos larga, relés, resistencias, condensadores, etc., el sonido recibido tendrá,

seguramente, un volumen menor que el de los originales. La energía recibida es, en este caso, menor que la emitida (fig. 2.<sup>a</sup>); luego es evidente que entre ambos ha habido una pérdida de energía que, en Telefonía, recibe el nombre de *pérdida de transmisión*.

Todos los aparatos y elementos intercalados en un circuito telefónico, excepto los amplificadores, originan pérdidas de transmisión; pero la pérdida más considerable en las co-

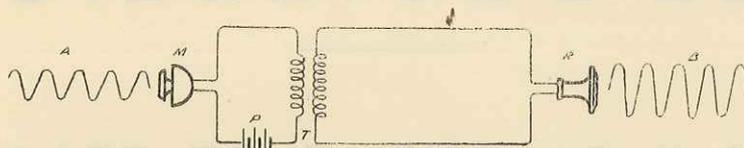


Figura 1.<sup>a</sup>

municaciones de media y larga distancia es la debida a la propagación a través de la línea. Para comprender la razón de esta pérdida vamos a hacer un símil hidráulico que, a pesar de todas las prevenciones y reservas con que deben acogerse estas analogías, puede servir para aclarar las ideas.

De las cuatro características eléctricas—resistencia, inductancia, capacidad y aislamiento—de un circuito telefónico las que, por su valor relativo, tienen una influencia más aprecia-

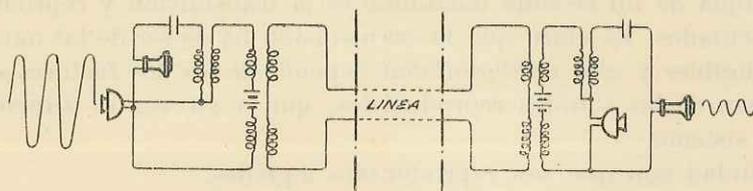


Figura 2.<sup>a</sup>

ble en la pérdida de transmisión debida a la línea, son tres: la resistencia, la capacidad y la conductibilidad del aislamiento. Por consiguiente, para el efecto que estudiamos, una línea telefónica puede esquematizarse como se ve en la fig. 3.<sup>a</sup>

Pues bien, para formarnos una idea aproximada de cómo circula la corriente por una tal línea, imaginemos una canalización hidráulica, construída como se ve en la fig. 4.<sup>a</sup> La resistencia eléctrica de la línea telefónica se corresponde con el rozamiento que ofrecen al

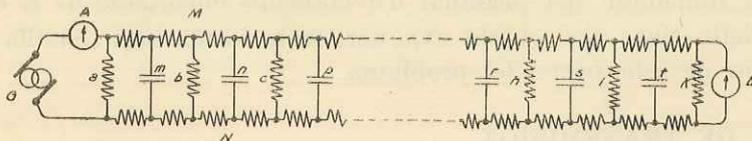


Figura 3.<sup>a</sup>

agua las paredes interiores de los tubos; la conductibilidad del aislamiento, representada por las derivaciones de la primera línea, es semejante a la conductibilidad de los estrechos tubos  $a'$ ,  $b'$ ,  $c'$ ..., derivados entre los tubos principales  $M'$ ,  $N'$ ; y por último, la capacidad de los dos hilos del circuito telefónico, supuesta localizada en puntos equidistantes  $m$ ,  $n$ ,  $p$ ..., ofrece al paso de la corriente eléctrica un efecto bastante parecido al que, en la canalización hidráulica, ofrecerían al paso del agua depósitos como los  $m'$ ,  $n'$ ,  $p'$ ..., interceptados por membranas elás-

ticas susceptibles de deformarse a impulsos de la presión hidráulica, como se deforma el dieléctrico de los condensadores por efecto de la tensión o presión eléctrica. En G, representamos, en el circuito eléctrico un generador de f. e. m. alterna y este generador en el circuito hidráulico se corresponde con el cuerpo de bomba G', provisto de un émbolo, cuyo movimiento alternativo da lugar a una circulación también alterna del agua. Finalmente, A y B son aparatos que miden las intensidades eficaces en el origen y en el extremo del circuito eléctrico y, análogamente, vamos a suponer que en la canalización hidráulica existen dos aparatos A' y B', no nos importa de qué naturaleza, capaces de medir las velocidades de la corriente de agua en las dos extremidades de los tubos.

Cuando el émbolo de G' empieza a moverse, una corriente de agua se establece en la canalización, corriente que, en cada instante, va en un sentido por el tubo superior y en el opuesto por el inferior. Pero es evidente que la corriente que registre el aparato B' ha de ser menor que la que ha pasado por el A', puesto que una cierta cantidad del líquido se ha deslizado por los estrechos tubos a', b', c', para volver al cuerpo de bomba sin haber llegado a B; por otra parte una fracción de la presión hidráulica originada en el cilindro se emplea, no en empujar el líquido hacia el extremo B, sino en vencer la resistencia que oponen las asperezas in-

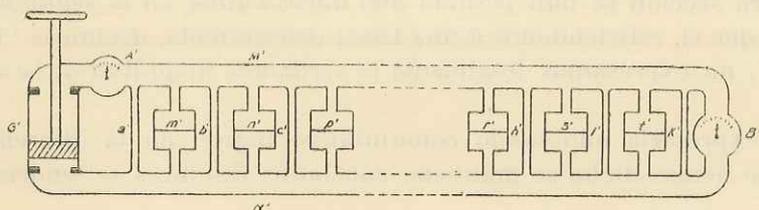


Figura 4.<sup>a</sup>

teriores de los tubos y en deformar las membranas elásticas que obstruyen los depósitos m', n', p'..., unas veces hacia abajo y otras hacia arriba, según el sentido en que se mueve el émbolo. Si la deformación de estas membranas obedeciese a una presión continua, sólo tendría influencia en el momento de iniciarse la corriente y en el momento de terminar; pero tratándose de una deformación que cambia de sentido rápidamente, su influencia se dejará sentir de un modo permanente, en forma de impulsos alternativos que disminuirán la corriente principal y producirán un desfase, esto es, una falta de correspondencia entre los impulsos de presión del émbolo y los de corriente líquida en el extremo receptor.

Una cosa semejante ocurre en el circuito eléctrico. Parte de la corriente se deriva por los aislamientos, que nunca son perfectos y parte de la tensión se gasta en vencer la resistencia del conductor y en producir deformaciones, de sentidos alternativamente opuestos, en el dieléctrico del condensador que forman los dos hilos. Como consecuencia, la corriente y la tensión en el extremo receptor son siempre mucho menores que las del extremo emisor y presentan entre sí un determinado ángulo de fase.

Y como de estos tres factores, tensión, intensidad y ángulo de fase, depende la potencia eléctrica, al disminuir los dos primeros y aumentar el último, la energía eléctrica decrece, como decrecería la potencia mecánica aprovechable en la instalación hidráulica de la fig. 4.<sup>a</sup> Esta pérdida de transmisión, debida a la línea, es una función de la distancia y para diferenciarla de las otras pérdidas de transmisión, que según hemos dicho producen todos los aparatos, excepto los amplificadores, ha recibido el nombre de *atenuación*.

Ahora bien, ¿cuál es la ley que rige esta pérdida de transmisión?

### 3. ATENUACION DE UNA LINEA TELEFONICA

El cálculo y la experiencia demuestran que si en una línea larga y uniforme llamamos  $r$  a la relación entre la potencia emitida y la que podría recogerse a *un kilómetro* de distancia, la relación correspondiente a *dos* kilómetros es  $r^2$ , la de *3*,  $r^3$  y la de *n* kilómetros,  $r^n$ . Es decir, designando por  $P_0$  a la potencia en el origen y por  $P_n$  a la recibida a los *n* kilómetros de distancia:

$$\frac{P_0}{P_n} = r^n$$

Obsérvese que la energía eléctrica en la línea disminuye con la distancia *pero no proporcionalmente a la distancia*. En secciones iguales de línea no es *la diferencia* en los extremos la que se mantiene constante, sino *el cociente*. Por consiguiente, si expresamos la pérdida en unidades de potencia disipadas en línea, a longitudes iguales corresponderán números diferentes.

Por ejemplo: En una línea de cobre de 3 mm. la potencia se reduce diez veces aproximadamente cada 270 kilómetros; por consiguiente, si en el origen hay 1.000 microwatios, a los 270 kilómetros habrá 100, a una distancia doble, 10; a una triple, 1, y así sucesivamente. Luego en la primera sección se han perdido 900 microwatios, en la segunda, 90; en la tercera 9, etc.; de suerte que si, refiriéndonos a una línea determinada, decimos: "tiene una pérdida de X microwatios", no expresamos totalmente la verdadera magnitud de la atenuación de esta línea.

Si podríamos expresarla adoptando como número índice, no la diferencia de potencias, sino el cociente, que hemos dicho se mantiene constante. Entonces se tendría:

Número índice correspondiente a la primera sección:  $\frac{P_0}{P_1} = r.$

Número índice correspondiente a la segunda sección:  $\frac{P_1}{P_2} = r.$

.....  
Número índice correspondiente a la enésima sección:  $\frac{P_{n-1}}{P_n} = r.$

Y el número índice correspondiente a todas las secciones juntas sería el producto:

$$\frac{P_0}{P_1} \times \frac{P_1}{P_2} \times \dots \times \frac{P_{n-1}}{P_n} = r^n$$

O sea:

$$\frac{P_0}{P_n} = r^n$$

según antes se dijo.

Pero estas operaciones requerirían en la práctica, en la mayor parte de los casos, el uso de tablas de logaritmos. Por ejemplo: si sabiendo que la relación de potencias en los extremos de un kilómetro de línea de 3 mm. es de 1.007, quisiéramos conocer la pérdida de 500 kilómetros, tendríamos que calcular el número  $1.007^{500}$ , labor pesada siempre y expuesta a errores.

Ahora bien, si convencionalmente adoptamos como número-índice, no la relación de potencias, sino un logaritmo, de cualquier base de aquella relación, todas estas dificultades desaparecen. En efecto, entonces se tendría:

Número índice de la primera sección:  $\log. \frac{P_0}{P_1} = \log. r = X.$

Número índice de la segunda sección:  $\log. \frac{P_1}{P_2} = \log. r = X.$

.....  
 Número índice de la enésima sección:  $\log. \frac{P_{n-1}}{P_n} = \log. r = X.$

Y el efecto de todas las secciones juntas se podrá medir por el número:

$$\log. \frac{P_0}{P_n} = \log. r^n = nX$$

Con lo cual hemos aprovechado la ventaja propia de los logaritmos de reducir en un grado las operaciones, y lo que era una potencia se ha convertido en una simple multiplicación. Diciendo, por ejemplo, que la atenuación de un kilómetro de línea de cobre de 3 mm. es de 0,037 (que es un número proporcional al logaritmo decimal de 1.007 o sea proporcional a la relación de potencias), para calcular la atenuación de 500 kilómetros no hay más que multiplicar 0,037 por 500. Lo cual no ofrece dificultad ni ningún riesgo de error. Por eso, todas las unidades adoptadas para medir las pérdidas—o las ganancias, que no son otra cosa que pérdidas negativas—son de carácter logarítmico.

#### 4. UNIDADES ADOPTADAS PARA LA MEDIDA DE PERDIDAS Y GANANCIAS

La más extendida y desde luego la única que usamos en España es la hasta hace poco llamada *Unidad de Transmisión* y, abreviadamente TU. En adelante la llamaremos DECIBELIO, nombre que ha sido adoptado recientemente con más propiedad, ya que el primero es genérico y puede aplicarse no sólo a esta unidad, sino a cualquier otra. Como abreviatura de decibelio usaremos el símbolo db.

Hasta hace poco tiempo era práctica corriente medir la eficacia de los circuitos telefónicos, en lo que respecta al volumen de voz, comparándolos con un circuito tipo formado por una longitud variable de cable tipo—"cable standard"—de 88 ohmios de resistencia en anillo y 0,054 microfaradios de capacidad por milla de longitud, terminado en cada extremo con media bobina de repetición tipo 25-A, una batería de 24 voltios, un aparato formado por el transmisor núm. 229 y el receptor núm. 122, una bobina de inducción núm. 20 y un condensador de 2 microfaradios. El número de millas de cable standard—M. C. S.—que era preciso intercalar en este circuito para obtener un volumen de voz igual al de la línea en cuestión, se llamaba *equivalente de transmisión en M. C. S.* de la misma, y un cambio cualquiera en ésta, que diera lugar a una variación de volumen, se medía también por el número de M. C. S., que debían introducirse o eliminarse en el circuito-tipo, para obtener el mismo efecto. De este modo, toda pérdida o ganancia venía expresada por un cierto número de millas de cable standard.

Pero la práctica vino a demostrar que este método adolecía de un defecto: Las corrientes telefónicas son siempre ondas complejas, resultantes de la superposición de otras ondas de distintas frecuencias. La velocidad de propagación de estas corrientes es función de su frecuencia; de suerte que, a distinta frecuencia corresponde diferente velocidad de propagación. De aquí resulta, en los circuitos muy largos, el fenómeno llamado *distorsión de velocidad*, porque las diferentes frecuencias que entran en la composición de un sonido cualquiera, no llegan simultáneamente al extremo receptor. El cable standard producía, pues, una cierta distorsión, que es un fenómeno distinto del que se trata de medir.

Además, hoy es práctica corriente en las pruebas de transmisión utilizar una corriente eléctrica de frecuencia única en cada medida y al variar esta frecuencia variaba también la atenuación del cable standard, de donde resulta que la magnitud de esta unidad no era constante; no bastaba pues indicar el número de M. C. S., sino que era preciso añadir la frecuencia a la cual estaba hecha la medida, y cuando las medidas se hacían con distintas frecuencias, los resultados no eran comparables. Por si fuera poco, el equivalente medio en cada caso variaba con la clase y número de los aparatos usados en la terminación y aun con el mismo cable, pues el usado en Inglaterra tenía características algo diferentes del adoptado en América y, consiguientemente, distinta atenuación.

Por todo ello fué preciso pensar en una nueva unidad que permitiese evaluar toda clase de pérdidas de transmisión, tanto las debidas a los aparatos, como las producidas por las líneas, sin los inconvenientes apuntados. Esta unidad, según se deduce de lo expuesto en este párrafo y en el anterior, había de satisfacer indispensablemente a las dos condiciones siguientes.

1.º *Carácter logarítmico.*—Es condición esencial para que las pérdidas y las ganancias, expresadas en tales unidades, pueden sumarse directamente.

2.º *Falta de distorsión.*—Es necesaria para que los resultados de las medidas hechas con distintas frecuencias sean comparables entre sí. La importancia de esta condición se ha hecho más patente con el desarrollo de la telefonía múltiple en A. F., que obliga a realizar medidas en una gama muy amplia de frecuencias, y para poder comparar los resultados es menester expresarlos en unidades cuya magnitud sea independiente de la frecuencia.

Pero las distintas Compañías y Administraciones no se pusieron de acuerdo acerca de otras condiciones menos importantes. Podía basarse la unidad en una relación de potencias o en una relación de intensidades y mientras las Compañías americanas se decidieron por la primera, algunos países centro-europeos continúan usando la segunda. Había también que elegir el sistema de logaritmos y las Administraciones de los países últimamente citados, adoptaron los logaritmos neperianos, mientras el Bell System ha preferido los vulgares o de base 10.

Y de aquí han derivado las dos unidades de transmisión que hoy se usan exclusivamente: el NAPIER o  $\beta 1$  y el DECIBELIO hasta ahora llamado TU. La segunda es la única que se emplea en nuestra Compañía; pero como algunos países que actualmente sostienen relaciones telefónicas con España usan el  $\beta 1$ , definiremos ambos y daremos las relaciones numéricas que los ligan.

## 5. NAPIER O $\beta 1$

Dos intensidades  $I_0$  e  $I_1$ , difieren en un napier cuando

$$\log.e \frac{I_0}{I_1} = 1$$

Pero entonces, según la definición de logaritmo neperiano:

$$\frac{I_0}{I_1} = e = 2,718$$

Luego podemos suponer materializada esta unidad en un circuito sin distorsión que deje llegar al extremo una intensidad 2,718 veces menor que la del origen.

Y si  $I_0$  e  $I_1$  son respectivamente las intensidades en los extremos emisor y receptor de una línea de cualquier longitud, el número de napiers que mida la atenuación de este circuito será:

$$n \text{ (napiers)} = \log. e \frac{I_0}{I_1}$$

Para dar una idea del orden de magnitud de esta unidad diremos que los circuitos aéreos de cobre, de 3 mm. de diámetro, originan una atenuación de un napier por cada 230 kilómetros aproximadamente.

## 6. DECIBELIO (antigua TU).

Dos potencias  $P_0$  y  $P_1$  difieren en un decibelio cuando:

$$10 \log. 10 \frac{P_0}{P_1} = 1$$

o, lo que es equivalente:

$$\log. 10 \frac{P_0}{P_1} = 0,1$$

Pero entonces, según la definición de logaritmo decimal:

$$\frac{P_0}{P_1} = 10^{0,1} = 1,259$$

Luego podemos suponer materializada esta unidad en un circuito sin distorsión que deje llegar al extremo una energía 1,259 veces menor que la del origen.

Y si  $P_0$  y  $P_1$  son respectivamente las potencias en los extremos emisor y receptor de una línea de cualquier longitud, el número de decibelios que mide la atenuación de esta línea será:

$$N \text{ (decibelios)} = 10 \log. 10 \frac{P_0}{P_1}$$

La magnitud de esta unidad es bastante menor que la del napier: una línea aérea de cobre de 3 mm. produce, aproximadamente, un decibelio de atenuación por cada 27 kilómetros, y la fig. 5.<sup>a</sup> da la atenuación, expresada en db, de los circuitos telefónicos de hilo desnudo más corrientes

## 7. VENTAJAS DEL DECIBELIO

Las principales razones que han movido a adoptar esta unidad, son las siguientes:

1.<sup>o</sup> *Que está basada en la relación de potencias.*—La magnitud eléctrica que mide la eficacia de un circuito telefónico es la potencia transmitida, porque de esta magnitud y no solamente de la intensidad o la tensión depende el volumen de los sonidos en el extremo receptor. Cuando se comparan dos potencias eléctricas desarrolladas en impedancias iguales, la relación de potencias es igual al cuadrado de la relación de intensidades y, por consiguiente, es indiferente usar una relación u otra. Tal era, hasta hace pocos años, el caso corriente en las explotaciones telefónicas. Pero hoy, los progresos de la técnica han traído consigo el desarrollo de sistemas cuyas impedancias no son constantes en sus diferentes puntos. Las lámparas de tres electrodos, por ejemplo, que en una u otra forma se intercalan en casi todas las líneas, presentan impedancias muy diferentes en los circuitos de entrada y en los de salida: las relaciones correspondientes de intensidades y de potencias no guardan entre sí una proporción

constante y si, al expresar los niveles de transmisión, usamos unidades basadas en la relación de intensidades se pueden cometer errores de mucha consideración.

2.<sup>a</sup> *Que tiene una magnitud poco diferente de la M. C. S.*—Esta condición ha facilitado el tránsito de la época del cable standard a la actual, evitando cambios considerables en los números y cálculos hechos a base de las antiguas unidades.

ATENUACION A 1000 PERIODOS DE LINEAS DE COBRE EN CRUCETAS  
CON 30'5 CM. DE SEPARACION ENTRE HILOS (TIEMPO SECO)

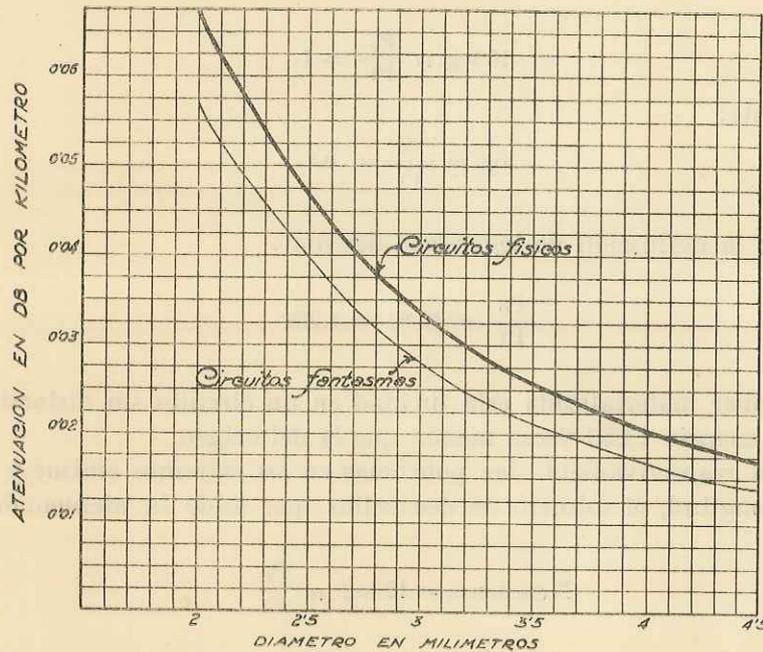


Figura 5.<sup>a</sup>

3.<sup>a</sup> *Que facilita mucho los cálculos de transmisión relacionados con pérdidas y ganancias.*—Es una consecuencia de haber tomado como base una relación sencilla y de haber adoptado el logaritmo decimal de esta relación, ya que las tablas de logaritmos decimales están más difundidas que las de logaritmos neperianos.

#### 8. EQUIVALENCIAS ENTRE DECIBELIOS Y RELACIONES DE POTENCIAS

La fórmula

$$N_{\text{(decibelios)}} = 10 \log_{10} \frac{P_0}{P_1}$$

que, con una tabla de logaritmos vulgares a la vista, es de aplicación sencillísima, resuelve todos los casos. Así, cuando la relación de potencias sea, por ejemplo, igual a 2, como el logaritmo de 2 es 0,301030, el número de decibelios será esta cifra multiplicada por 10 o sea 3,01. Recíprocamente, para conocer la relación de potencias correspondiente a 3,01 decibelios buscaríamos el antilogaritmo de este número dividido por 10, es decir, el antilogaritmo de 0,301 que es 2. Otro ejemplo: Para una relación de 0,5 el logaritmo correspondiente es -0,301030  $\times$  10

= -0,301030 y el número de decibelios -3,01 lo cual indica que hay pérdida y no ganancia como en el ejemplo anterior.

Cuando no se requiera gran exactitud puede prescindirse de la tabla de logaritmos si se recuerdan las relaciones de potencias correspondientes a los números comprendidos entre 1 y 10 decibelios, que son fáciles de retener en la memoria, por ser números sencillos, según se ve a continuación:

Número de decibelios	Relación aproximada de potencias	
	Para ganancias	Para pérdidas
1 .....	1,25 .....	0,80
2 .....	1,60 .....	0,63
3 .....	2,00 .....	0,50
4 .....	2,50 .....	0,40
5 .....	3,20 .....	0,32
6 .....	4,00 .....	0,25
7 .....	5,00 .....	0,20
8 .....	6,00 .....	0,16
9 .....	8,00 .....	0,125
10 .....	10,00 .....	0,10

Obsérvese que, como debía suceder, la relación de potencias que corresponde a un determinado número de decibelios de pérdida es inversa de la que corresponde al mismo número de decibelios de ganancia.

Conocidas las relaciones anteriores, se calcula inmediatamente cualquier otra. Basta aplicar la conocida propiedad de los logaritmos, según la cual el logaritmo de un producto es igual a la suma de los logaritmos de los factores. En su virtud descompondremos el número dado de decibelios en suma de números menores de 10, hallaremos las relaciones de potencias correspondientes a estos números y las multiplicaremos entre sí: El producto será la relación buscada. Ejemplos: A 10 + 7 decibelios corresponderá una relación de potencias de  $10 \times 5 = 50$  para ganancia y otra  $0,10 \times 0,20 = 0,02$  para pérdida. A 32 decibelios que son 10 + 10 + 10 + 2 corresponderá, como relación de ganancia,  $10 \times 10 \times 10 \times 1,60 = 1.600$  y como relación de pérdida  $0,10 \times 0,10 \times 0,10 \times 0,63 = 0,00063$ .

Sacrificando un poco más la precisión de los cálculos no es necesario retener en la memoria más que las relaciones correspondientes a 1, 2 y 3 decibelios; porque a 4 corresponderá, para ganancias una relación de  $2 \times 1,25 = 2,5$ ; a 5,  $2 \times 1,60 = 3,2$ ; a 6,  $2 \times 2 = 4$ ; a 7,  $2 \times 2 \times 1,25 = 5$ ; a 8,  $2 \times 2 \times 1,60 = 6,4$ ; a 9,  $2 \times 2 \times 2 = 8$ ; a 10,  $2 \times 2 \times 2 \times 1,25 = 10$ , y así sucesivamente.

### 9. EQUIVALENCIAS ENTRE DECIBELIOS Y RELACIONES DE INTENSIDADES

Es más cómodo en la práctica de la explotación telefónica medir intensidades que medir potencias, y aunque el decibelio está definido en función de la relación de potencias puede usarse también la relación de intensidades, cuando las impedancias correspondientes son iguales. En estos casos se tendrá

$$P_0 = Z P_0^2$$

$$P_1 = Z I_1^2$$

Y por consiguiente:

$$\frac{P_0}{P_1} = \left( \frac{I_0}{I_1} \right)^2$$

Llevando este valor a la fórmula que da el número de decibelios en función de la relación de potencias resulta:

$$N \text{ (decibelios)} = 20 \log_{10} \frac{I_0}{I_1}$$

fórmula igualmente fácil de aplicar, con el auxilio de una tabla de logaritmos vulgares. Por ejemplo: Cuando la relación de intensidades sea 2, como el logaritmo de 2 es 0,301, el número de decibelios será  $20 \times 0,301 = 6,02$  y, recíprocamente, la relación de intensidades correspondientes a 6,02 decibelios se puede calcular dividiendo este número por 20 y hallando el antilogaritmo del cociente.

Con la tabla del párrafo anterior es más fácil proceder del siguiente modo:

Para hallar el número de decibelios correspondiente a una dada relación de intensidades se busca el número de decibelios que corresponde a la misma relación de potencias y se multiplica este número por 2. Para hallar la relación de intensidades correspondiente a un número dado de decibelios, se divide este número por 2 y se busca la relación de potencias que corresponda a este cociente. Ejemplo: Queremos saber cuántos decibelios corresponden a una relación de intensidades de 2,5 para ganancias o de 0,40 para pérdidas y como a estas mismas relaciones de potencias corresponden 4 decibelios, a las de intensidades deben corresponder  $4 \times 2 = 8$ . Otro: La relación de intensidades correspondientes a 10 decibelios de ganancia debe ser 3,2 porque este número expresa la relación de potencias correspondiente  $\frac{10}{2} = 5$  decibelios.

Adviértase que es indispensable la condición de que las impedancias en los dos puntos donde se miden las intensidades sean iguales. Los ejemplos siguientes pueden hacer ver la importancia de esta condición:

Se trata de ver la pérdida de una bobina de repetición intercalada en un circuito interurbano, midiendo, a la entrada y a la salida de la bobina una corriente oscilante emitida en un extremo de la línea. Si los dos arrollamientos son iguales, esto es, si la relación de transformación es igual a 1, el cociente de las dos intensidades medidas puede servirnos para calcular o buscar en la tabla II, la verdadera pérdida de la bobina. Pero si la relación de transformación es distinta de la unidad o, lo que es lo mismo, si los dos arrollamientos tienen impedancias diferentes, el cálculo nos conduciría a un resultado inexacto; tan inexacto que, si el transformador es rebajador de tensión, como la intensidad en el secundario será mayor que en el primario, llegaríamos al resultado absurdo de que la bobina producía una ganancia.

Otro: En los sistemas de telefonía en A. F., cuando los canales han de trabajar con un equivalente de 6 decibelios, el ajuste se hace enviando una corriente de 2 ma. y graduando los potenciómetros de los demoduladores hasta que la corriente recibida sea de 4 ma.; como a una relación de corriente recibida y emitida igual a  $\frac{1}{2}$  corresponde una pérdida de 5,99 decibelios, los canales quedan así ajustados a 6 decibelios, con un error menor del que lleva aparejado la medida. Pero es indispensable hacer ésta con los miliamperímetros que llevan los

equipos terminales, que están asociados a pares térmicos de 600 ohmios de impedancia, y los resultados serían falsos si utilizáramos terminaciones de resistencias diferentes.

#### 10. RELACION ENTRE EL DECIBELIO Y EL NAPIER

Comparando las fórmulas que dan el número de decibelios y el número de napiers, ambos en función de las intensidades, se encuentra:

$$\frac{N \text{ (decibelios)}}{\pi \text{ (napiers)}} = 8,6859$$

es decir que, para convertir napiers en decibelios, se multiplica por 8,6859, y para convertir decibelios en napiers, se divide por el mismo número o, lo que es igual, se multiplica por 0,115.

#### 11. RELACION ENTRE EL DECIBELIO Y LA M. C. S.

Se ha dicho en el párrafo 4 que en la época de la M. del C. S. se utilizaron en las medidas dos tipos distintos de cable, que se distinguían con los nombres de C. S. A. (cable standard americano) y C. S. I. (cable standard inglés). Como todavía quedan algunos aparatos de medida calibrados en M. C. S. a 800 períodos, damos a continuación las equivalencias del decibelio con aquellas dos unidades.

Decibelios	M. C. S. A. a 800 p/s.	M. C. S. I. a 800 p/s.
1	1,0562	1,0844
0,9468	1	1,0267
0,9231	0,0974	1

#### 12. ORIGEN DE LA PALABRA "DECIBELIO".

Siendo la palabra "decibelio" nueva en el idioma castellano, parece natural que justifiquemos su adopción.

Así como en el sistema basado en los logaritmos neperianos y en la relación de intensidades, la unidad *teórica* o *natural* se obtiene haciendo:

$$\log_e \frac{I_0}{I_1} = 1$$

así, en el sistema que tiene por base la relación de potencias y los logaritmos decimales, la unidad fundamental debe ser la correspondiente a una relación de potencias tal que:

$$\log_{10} \frac{P_0}{P_1} = 1$$

Esta unidad ha recibido, en inglés, el nombre de "bel" para honrar la memoria del inventor del teléfono, Alejandro Graham Bell.

Pero su orden de magnitud ha parecido grande en relación con las necesidades prácticas. Para usar números más manejables, se ha encontrado cómodo tomar, como *unidad práctica*, la décima parte del "bel" y, de acuerdo con la norma general admitida en el sistema decimal, se la ha designado, en inglés, "decibel".

Y como la Academia de la Lengua Española adoptó hace ya muchos años, por razones fonéticas y por la facilidad con que se presta a la formación de los plurales, la terminación general *io*, para las unidades de origen eléctrico, hemos creído legítimo españolizar la designación inglesa dándole aquella terminación.

RELACION ENTRE EL BEL Y LA M. C. S.

Se ha dicho en el párrafo 4 que en la época de la M. C. S. se utilizaban los decibelios para medir la potencia de las ondas de radio y se designaban con los nombres de B. S. A. (Bell Standard Attenuation) y B. S. I. (Bell Standard Intensity). Como ahora pueden darse ejemplos de las ondas de radio en la M. C. S. y en el sistema decimal, se designan con los nombres de decibelios y de decibelios por potencia.

Nombre	Equivalencia
1 BEL	10 DB
1 DB	0.1 BEL

UNIDADES DE LA PALABRA "DECIBELIO"

La palabra "decibelio" deriva de la palabra latina "decibelium" que significa "diez partes de un bel". En el sistema decimal, el bel es la unidad de potencia y el decibelio es la décima parte de un bel. En el sistema de la M. C. S., el bel es la unidad de potencia y el decibelio es la décima parte de un bel.

En el sistema decimal, el bel es la unidad de potencia y el decibelio es la décima parte de un bel. En el sistema de la M. C. S., el bel es la unidad de potencia y el decibelio es la décima parte de un bel.

En el sistema decimal, el bel es la unidad de potencia y el decibelio es la décima parte de un bel. En el sistema de la M. C. S., el bel es la unidad de potencia y el decibelio es la décima parte de un bel.

# TABLA I

## Equivalencias entre decibelios y napiers

Decibelios	Napiers	Decibelios	Napiers	Decibelios	Napiers	Decibelios	Napiers
0.1	0.0115	2.6	0.2993	5.1	0.5870	7.6	0.8748
0.2	0.0230	2.7	0.3108	5.2	0.5985	7.7	0.8863
0.3	0.0345	2.8	0.3223	5.3	0.6100	7.8	0.8978
0.4	0.0461	2.9	0.3338	5.4	0.6215	7.9	0.9093
0.5	0.0576	3.0	0.3453	5.5	0.6330	8.0	0.9208
0.6	0.0691			5.6	0.6446		
0.7	0.0806	3.1	0.3568	5.7	0.6561	8.1	0.9323
0.8	0.0921	3.2	0.3683	5.8	0.6676	8.2	0.9438
0.9	0.1036	3.3	0.3798	5.9	0.6791	8.3	0.9553
1.0	0.1151	3.4	0.3913	6.0	0.6906	8.4	0.9668
		3.5	0.4028			8.5	0.9783
1.1	0.1265	3.6	0.4144	6.1	0.7021	8.6	0.9899
1.2	0.1381	3.7	0.4259	6.2	0.7136	8.7	1.0014
1.3	0.1496	3.8	0.4374	6.3	0.7251	8.8	1.0129
1.4	0.1611	3.9	0.4489	6.4	0.7366	8.9	1.0244
1.5	0.1726	4.0	0.4604	6.5	0.7481	9.0	1.0359
1.6	0.1841			6.6	0.7597		
1.7	0.1956	4.1	0.4719	6.7	0.7712	9.1	1.0474
1.8	0.2071	4.2	0.4834	6.8	0.7827	9.2	1.0589
1.9	0.2186	4.3	0.4949	6.9	0.7942	9.3	1.0704
2.0	0.2302	4.4	0.5064	7.0	0.8057	9.4	1.0819
		4.5	0.5179			9.5	1.0934
2.1	0.2417	4.6	0.5295	7.1	0.8172	9.6	1.1050
2.2	0.2532	4.7	0.5410	7.2	0.8287	9.7	1.1165
2.3	0.2647	4.8	0.5525	7.3	0.8402	9.8	1.1280
2.4	0.2762	4.9	0.5640	7.4	0.8517	9.9	1.1395
2.5	0.2877	5.0	0.5755	7.5	0.8632	10.0	1.151

TABLA II

Equivalencias entre decibelios y relaciones de potencias, intensidades y tensiones

DECIBELIOS	RELACION DE POTENCIAS		RELACION DE INTENSIDADES O TENSIONES		DECIBELIOS	RELACION DE POTENCIAS		RELACION DE INTENSIDADES O TENSIONES	
	Ganancia	Pérdida	Ganancia	Pérdida		Ganancia	Pérdida	Ganancia	Pérdida
0.1	1.023	0,976	1.011	0,988	4.1	2.570	0,389	1.603	0,624
0.2	1.047	0,957	1.023	0,976	4.2	2.630	0,380	1.622	0,617
0.3	1.072	0,932	1.035	0,967	4.3	2.692	0,372	1.641	0,610
0.4	1.097	0,914	1.047	0,955	4.4	2.754	0,364	1.660	0,602
0.5	1.122	0,892	1.059	0,945	4.5	2.818	0,355	1.679	0,597
0.6	1.148	0,872	1.072	0,932	4.6	2.884	0,347	1.698	0,589
0.7	1.175	0,853	1.084	0,923	4.7	2.951	0,339	1.718	0,583
0.8	1.202	0,832	1.097	0,912	4.8	3.020	0,332	1.738	0,576
0.9	1.230	0,814	1.109	0,903	4.9	3.090	0,324	1.758	0,569
1.0	1.259	0,796	1.122	0,892	5.0	3.162	0,316	1.778	0,563
1.1	1.288	0,777	1.135	0,882	5.1	3.236	0,309	1.799	0,556
1.2	1.318	0,760	1.148	0,872	5.2	3.311	0,302	1.820	0,549
1.3	1.349	0,742	1.161	0,862	5.3	3.389	0,295	1.841	0,544
1.4	1.380	0,725	1.175	0,852	5.4	3.467	0,289	1.862	0,538
1.5	1.413	0,707	1.189	0,842	5.5	3.548	0,282	1.884	0,530
1.6	1.445	0,692	1.202	0,832	5.6	3.631	0,276	1.906	0,525
1.7	1.479	0,677	1.216	0,822	5.7	3.715	0,269	1.928	0,519
1.8	1.514	0,661	1.230	0,814	5.8	3.802	0,263	1.950	0,514
1.9	1.549	0,646	1.246	0,804	5.9	3.891	0,257	1.973	0,507
2.0	1.585	0,632	1.259	0,795	6.0	3.981	0,251	1.995	0,501
2.1	1.622	0,617	1.274	0,786	6.1	4.074	0,246	2.018	0,496
2.2	1.660	0,602	1.288	0,777	6.2	4.169	0,241	2.042	0,489
2.3	1.698	0,589	1.303	0,767	6.3	4.266	0,235	2.065	0,485
2.4	1.738	0,576	1.318	0,760	6.4	4.365	0,229	2.089	0,478
2.5	1.778	0,563	1.334	0,749	6.5	4.467	0,224	2.104	0,474
2.6	1.820	0,549	1.349	0,742	6.6	4.571	0,219	2.138	0,468
2.7	1.862	0,538	1.365	0,734	6.7	4.677	0,214	2.163	0,463
2.8	1.906	0,525	1.380	0,725	6.8	4.786	0,209	2.188	0,457
2.9	1.950	0,514	1.396	0,717	6.9	4.898	0,204	2.213	0,453
3.0	1.995	0,501	1.413	0,707	7.0	5.012	0,199	2.239	0,447
3.1	2.042	0,489	1.429	0,701	7.1	5.129	0,195	2.265	0,442
3.2	2,089	0,478	1.445	0,692	7.2	5.248	0,191	2.291	0,437
3.3	2.138	0,468	1.462	0,684	7.3	5.370	0,186	2.317	0,432
3.4	2.188	0,457	1.479	0,677	7.4	5.496	0,182	2.344	0,427
3.5	2.239	0,447	1.496	0,669	7.5	5.624	0,178	2.371	0,422
3.6	2.291	0,437	1.514	0,661	7.6	5.754	0,174	2.399	0,417
3.7	2.344	0,427	1.531	0,654	7.7	5.889	0,170	2.427	0,413
3.8	2.399	0,417	1.549	0,646	7.8	6.026	0,166	2.455	0,407
3.9	2.455	0,407	1.567	0,639	7.9	6.166	0,162	2.483	0,402
4.0	2.512	0,398	1.585	0,632	8.0	6.310	0,158	2.512	0,398

DECIBELIOS	RELACION DE POTENCIAS		RELACION DE INTENSIDADES O TENSIONES		DECIBELIOS	RELACION DE POTENCIAS		RELACION DE INTENSIDADES O TENSIONES	
	Ganancia	Pérdida	Ganancia	Pérdida		Ganancia	Pérdida	Ganancia	Pérdida
8.1	6.457	0,155	2.541	0,394	13.1	20.418	0,0489	4.519	0,222
8.2	6.607	0,152	2.570	0,389	13.2	20.893	0,0478	4.571	0,219
8.3	6.761	0,148	2.600	0,385	13.3	21.380	0,0468	4.624	0,216
8.4	6.918	0,145	2.630	0,380	13.4	21.878	0,0457	4.677	0,214
8.5	7.080	0,141	2.661	0,376	13.5	22.388	0,0447	4.732	0,212
8.6	7.244	0,138	2.692	0,372	13.6	22.910	0,0437	4.786	0,209
8.7	7.413	0,135	2.723	0,368	13.7	23.443	0,0427	4.842	0,207
8.8	7.585	0,132	2.754	0,364	13.8	23.989	0,0417	4.898	0,204
8.9	7.763	0,129	2.786	0,359	13.9	24.548	0,0407	4.955	0,201
9.0	7.943	0,126	2.818	0,355	14.0	25.119	0,0398	5.012	0,199
9.1	8.128	0,123	2.851	0,351	14.1	25.704	0,0382	5.070	0,197
9.2	8.318	0,120	2.884	0,347	14.2	26.303	0,0389	5.129	0,195
9.3	8.511	0,118	2.918	0,343	14.3	26.916	0,0372	5.188	0,193
9.4	8.710	0,115	2.951	0,339	14.4	27.543	0,0364	5.248	0,191
9.5	8.913	0,112	2.895	0,335	14.5	28.184	0,0355	5.309	0,188
9.6	9.121	0,110	3.020	0,332	14.6	28.841	0,0347	5.370	0,186
9.7	9.333	0,107	3.055	0,328	14.7	29.513	0,0339	5.433	0,184
9.8	9.550	0,105	3.090	0,324	14.8	30.200	0,0332	5.496	0,182
9.9	9.772	0,102	3.126	0,319	14.9	30.903	0,0324	5.559	0,180
10.0	10.000	0,1	3.162	0,316	15.0	31.623	0,0316	5.624	0,178
10.1	10.233	0,0976	3.199	0,313	15.1	32.360	0,0309	5.689	0,176
10.2	10.472	0,0957	3.236	0,309	15.2	33.114	0,0302	5.754	0,174
10.3	10.716	0,0932	3.274	0,306	15.3	33.885	0,0295	5.821	0,172
10.4	10.965	0,0914	3.311	0,302	15.4	34.674	0,0289	5.889	0,170
10.5	11.221	0,0892	3.350	0,299	15.5	35.482	0,0282	5.957	0,168
10.6	11.482	0,0872	3.389	0,295	15.6	36.308	0,0276	6.026	0,166
10.7	11.749	0,0853	3.428	0,292	15.7	37.154	0,0269	6.095	0,164
10.8	12.023	0,0832	3.467	0,289	15.8	38.019	0,0263	6.166	0,162
10.9	12.303	0,0814	3.508	0,285	15.9	38.905	0,0257	6.237	0,160
11.0	12.590	0,0796	3.548	0,282	16.0	39.811	0,0251	6.310	0,158
11.1	12.883	0,0777	3.589	0,279	16.1	40.739	0,0246	6.383	0,157
11.2	13.183	0,0760	3.631	0,276	16.2	41.687	0,0241	6.457	0,155
11.3	13.490	0,0742	3.673	0,273	16.3	42.658	0,0235	6.531	0,153
11.4	13.804	0,0725	3.715	0,269	16.4	43.652	0,0229	6.607	0,152
11.5	14.126	0,0707	3.758	0,266	16.5	44.669	0,0224	6.684	0,150
11.6	14.455	0,0692	3.802	0,263	16.6	45.709	0,0219	6.761	0,148
11.7	14.792	0,0677	3.844	0,258	16.7	46.774	0,0214	6.839	0,146
11.8	15.136	0,0671	3.891	0,257	16.8	47.864	0,0209	6.918	0,145
11.9	15.489	0,0646	3.936	0,254	16.9	48.968	0,0204	6.999	0,143
12.0	15.849	0,0632	3.981	0,251	17.0	50.119	0,0199	7.080	0,141
12.1	16.219	0,0617	4.027	0,249	17.1	51.267	0,0195	7.162	0,139
12.2	16.596	0,0602	4.074	0,246	17.2	52.481	0,0191	7.244	0,138
12.3	16.983	0,0589	4.121	0,243	17.3	53.704	0,0186	7.328	0,137
12.4	17.379	0,0576	4.169	0,241	17.4	54.956	0,0182	7.419	0,135
12.5	17.783	0,0563	4.217	0,238	17.5	56.235	0,0178	7.499	0,134
12.6	18.198	0,0549	4.266	0,235	17.6	57.545	0,0174	7.585	0,132
12.7	18.621	0,0538	4.315	0,232	17.7	58.885	0,0170	7.674	0,131
12.8	19.055	0,0525	4.365	0,229	17.8	60.256	0,0166	7.763	0,129
12.9	19.499	0,0514	4.416	0,227	17.9	61.660	0,0162	7.852	0,127
13.0	19.953	0,0501	4.467	0,224	18.0	63.096	0,0158	7.943	0,126

DECIBELIOS	RELACIÓN DE POTENCIAS		RELACIÓN DE INTENSIDADES O TENSIONES		DECIBELIOS	RELACIÓN DE POTENCIAS		RELACIÓN DE INTENSIDADES O TENSIONES	
	Ganancia	Pérdida	Ganancia	Pérdida		Ganancia	Pérdida	Ganancia	Pérdida
18.1	64.566	0,0155	8.035	0,125	23.1	204.18	0,00489	14.29	0,0701
18.2	66.070	0,0152	8.128	0,123	23.2	208.93	0,00478	14.45	0,0692
18.3	67.609	0,0148	8.223	0,122	23.3	203.80	0,00468	14.62	0,0684
18.4	69.184	0,0145	8.318	0,120	23.4	218.78	0,00457	14.79	0,0677
18.5	70.769	0,0141	8.414	0,119	23.5	223.88	0,00447	14.96	0,0669
18.6	72.444	0,0138	8.511	0,118	23.6	229.10	0,00437	15.14	0,0661
18.7	74.132	0,0135	8.610	0,116	23.7	234.43	0,00427	15.31	0,0654
18.8	75.858	0,0132	8.710	0,115	23.8	239.89	0,00417	15.49	0,0646
18.9	77.625	0,0129	8.811	0,113	23.9	245.48	0,00407	15.67	0,0639
19.0	79.433	0,0126	8.913	0,112	24.0	251.19	0,00398	15.85	0,0632
19.1	81.284	0,0123	9.016	0,111	24.1	257.04	0,00389	16.03	0,0624
19.2	83.167	0,0120	9.121	0,110	24.2	263.03	0,00380	16.22	0,0617
19.3	85.114	0,0118	9.236	0,108	24.3	269.16	0,00372	17.41	0,0610
19.4	87.097	0,0115	9.333	0,107	24.4	275.43	0,00364	16.60	0,0602
19.5	89.126	0,0112	9.441	0,106	24.5	281.84	0,00355	16.79	0,0597
19.6	91.202	0,0110	9.550	0,105	24.6	288.41	0,00347	16.98	0,0589
19.7	93.326	0,0107	9.661	0,104	24.7	295.13	0,00339	17.18	0,0583
19.8	95.500	0,0105	9.772	0,102	24.8	320.00	0,00332	17.38	0,0576
19.9	97.724	0,0102	9.886	0,101	24.9	309.03	0,00324	17.58	0,0569
20.0	100.000	0,01	10.00	0,100	25.0	316.23	0,00316	17.78	0,0563
20.1	102.33	0,0976	10.11	0,0998	25.1	323.60	0,00309	17.99	0,0556
20.2	104.72	0,00957	10.23	0,0976	25.2	331.14	0,00302	18.20	0,0549
20.3	107.16	0,00932	10.35	0,0967	25.3	338.85	0,00295	18.41	0,0544
20.4	109.65	0,00914	10.47	0,0957	25.4	346.74	0,00289	18.62	0,0538
20.5	112.21	0,00892	10.59	0,0945	25.5	354.82	0,00282	18.84	0,0529
20.6	114.82	0,00872	10.72	0,0932	25.6	363.08	0,00276	19.06	0,0525
20.7	117.49	0,00853	10.84	0,0923	25.7	271.54	0,00269	19.28	0,0519
20.8	120.23	0,00832	10.97	0,0914	25.8	380.19	0,00263	19.50	0,0514
20.9	123.03	0,00814	11.09	0,0903	25.9	389.05	0,00257	19.73	0,0507
21.0	125.90	0,00796	11.22	0,0892	26.0	398.11	0,00251	19.95	0,0501
21.1	128.83	0,00777	11.35	0,0882	26.1	407.39	0,00246	20.18	0,0496
21.2	131.83	0,00780	11.48	0,0872	26.2	416.86	0,00241	20.42	0,0489
21.3	134.90	0,00742	11.61	0,0862	26.3	426.58	0,00235	20.65	0,0485
21.4	138.04	0,00725	11.65	0,0853	26.4	436.52	0,00229	20.89	0,0478
21.5	141.26	0,00707	11.89	0,0843	26.5	446.69	0,00224	21.14	0,0474
21.6	144.55	0,00692	12.02	0,0832	26.6	457.09	0,00219	21.38	0,0468
21.7	147.92	0,00677	12.16	0,0824	26.7	467.74	0,00214	21.63	0,0463
21.8	151.36	0,00661	12.30	0,0814	26.8	478.64	0,00209	21.88	0,0457
21.9	154.89	0,00646	12.46	0,0804	26.9	489.78	0,00204	22.13	0,0453
22.0	158.49	0,00632	12.59	0,0796	27.0	501.19	0,00199	22.39	0,0447
22.1	162.19	0,00617	12.74	0,0786	27.1	512.87	0,00195	22.65	0,0442
22.2	165.96	0,00602	12.88	0,0777	27.2	524.81	0,00191	22.91	0,0437
22.3	169.83	0,00589	13.03	0,0767	27.3	537.04	0,00186	23.17	0,0432
22.4	173.79	0,00576	13.49	0,0760	27.4	549.56	0,00182	23.44	0,0427
22.5	177.83	0,00563	13.34	0,0749	27.5	562.35	0,00178	23.71	0,0422
22.6	181.98	0,00549	13.49	0,0742	27.6	575.45	0,00174	23.99	0,0417
22.7	186.21	0,00538	13.65	0,0734	27.7	288.85	0,00170	24.27	0,0413
22.8	190.55	0,00525	13.80	0,0725	27.8	602.56	0,00166	24.55	0,0407
22.9	194.99	0,00514	13.96	0,0717	27.9	616.60	0,00162	24.83	0,0402
23.0	199.53	0,00501	14.13	0,0707	28.0	630.96	0,00158	25.12	0,0398

DECIBELIOS	RELACION DE POTENCIAS		RELACION DE INTENSIDADES O TENSIONES		DECIBELIOS	RELACION DE POTENCIAS		RELACION DE INTENSIDADES O TENSIONES	
	Ganancia	Pérdida	Ganancia	Pérdida		Ganancia	Pérdida	Ganancia	Pérdida
	28.1	645.66	0,00155	25.41		0,0394	29.1	812.84	0,00123
28.2	660.70	0,00152	25.70	0,0389	29.2	831.77	0,00120	28.84	0,0347
28.3	676.09	0,00148	26.00	0,0385	29.3	851.14	0,00118	29.18	0,0343
28.4	691.84	0,00145	26.30	0,0380	29.4	870.97	0,00115	29.51	0,0339
28.5	707.96	0,00141	26.61	0,0386	29.5	891.26	0,00112	29.85	0,0335
28.6	724.44	0,00138	26.92	0,0372	29.6	912.02	0,00110	30.20	0,0332
28.7	741.32	0,00135	27.23	0,0368	29.7	933.26	0,00107	30.55	0,0328
28.8	758.58	0,00132	27.54	0,0364	29.8	955.00	0,00105	30.90	0,0324
28.9	776.25	0,00129	27.86	0,0359	29.9	977.24	0,00102	31.26	0,0319
29.0	794.33	0,00126	28.18	0,0355	30.0	1000.00	0,0001	31.62	0,0316



