

Audífonos C.I.C.

Jose Luis Moreno

Beltone España S.A.

El audífono tipo CIC, es la consecuencia de una lógica evolución de las prótesis auditivas. Desde que en los principios de los años setenta, aparecieron tímidamente en el mercado los primeros audífonos a medida, durante los siguientes veinte años, la tendencia ha sido clara; conseguir prótesis más pequeñas y disimuladas además de utilizar la electrónica más avanzada.

El objetivo de los fabricantes ha sido implantar la tecnología disponible en los audífonos convencionales retroauriculares, en los intra concha y posteriormente a los de tipo intracanal.

El siguiente paso y con experiencias que demostraban una mayor eficacia del audífono cuanto mas próximo del tímpano se encontraba, ha sido el nuevo tipo CIC, también conocido como peritimpánico.

Además, ha coincidido la aparición de nuevos tipos de amplificadores denominados "clase D", que aprovechan más la capacidad de la pila.

Tomando en cuenta lo anterior, todo hace prever que el próximo futuro de los audífonos a medida tengan éste tipo de formato CIC ó peritimpánico.

Las ventajas cosméticas son evidentes, ya que al estar alojado completamente en el canal auditivo es prácticamente invisible. Estas ventajas estéticas están permitiendo que las acciones de marketing estén resultando muy efectivas y satisfactorias. Tomando de ejemplo el mercado USA como pionero en este tipo de prótesis, nos muestran que en el corto plazo de un año ya se están adaptando el 20% de CIC en la venta total de audífonos intra.

El CIC como producto nuevo y que está en el mercado desde hace escasamente un año, no se tiene aun una cantidad importante de datos e informaciones comparativas con el resto de los tipos de audífonos.

Lo que sí está demostrado, es que el desarrollo de los nuevos CIC, no solamente abre nuevos caminos por ser estéticamente más atractivos para el paciente, sino que también le suministra una mayor ganancia de inserción y salida, además de reducir el efecto de oclusión.

Estas últimas, seguramente, son las ventajas audiológicas más atractivas de los CIC, por lo que a continuación se detalla un estudio realizado por Beltone Electronics, sobre estas ventajas y que nos aporta datos concretos que demuestran éstas afirmaciones.

¿Se tienen los mismos criterios a la hora de adaptar un audífono CIC que un intra convencional?

¿Hay alguna diferencia entre el CIC y el intra convencional en la cantidad de oclusión que experimentan los usuarios?

¿La situación del micrófono en el CIC, afecta a la curva de respuesta?

Estas son unas preguntas muy importantes y relevantes, especialmente ahora que los audífonos CIC son el nuevo producto del que más se habla en el mercado.

Un reciente estudio realizado por Beltone, en el que se han estudiado sobre 17 casos, ha demostrado interesantes diferencias a tener en cuenta a la hora de adaptar un CIC en relación con otro tipo de intra standard.

Debido a que la salida del auricular en los CIC se encuentra alojada más profundamente en el canal, como ya hemos comentado anteriormente, suministra una mayor ganancia de inserción y una reducción del efecto de oclusión comparado con un audífono intra convencional. Además, el hecho de que en un CIC el micrófono está posicionado más profundamente en la entrada del canal auditivo, provoca un realce en las altas frecuencias.

Preliminares

Un audífono CIC se adapta de tal forma que la base del aparato se alinea con la entrada del canal auditivo. Cuando nos disponemos a adaptar un CIC sería de mucha ayuda conocer la ganancia de inserción necesaria para cada caso, a partir de una curva de respuesta realizada con acoplador de 2 c.c.

Staab y Finlay realizaron un estudio sobre la ganancia de inserción en ambos oídos, utilizando audífonos intra con canales extremadamente largos. Demostraron que en éstos casos la ganancia de inserción suministrada en el canal era sensiblemente mayor en las altas frecuencias, comparándolos con otros intra con canales normales.

Sin embargo, no existe actualmente ninguna publicación que demuestren éstos resultados con un determinado número de casos.

Este es el principal motivo que tiene como objetivo este estudio; el determinar con un número determinado de usuarios de CIC la ganancia de inserción que suministran cada audífono, para cada caso y evaluar sus resultados.

A su vez, las mismas medidas se hicieron para usuarios de audífonos intra concha, denominados tipo "ITE", pero con la salvedad de que la composición interna electrónica era exactamente igual que los de tipo CIC. Es decir que en todo momento vamos a evaluar la diferencia física entre los dos tipos de audífonos y su influencia.

Al utilizar estos circuitos iguales, pero en diferentes formatos, podremos comparar los resultados obtenidos de curvas de respuesta con acoplador 2c.c. y en oído real. Este estudio nos va a permitir la adaptación de audífonos CIC, basándonos en los actuales sistemas de adaptación para cualquier tipo de intra con las correcciones pertinentes que veremos más adelante.

Además, hay otro punto importante que es la posibilidad de reducir el efecto de oclusión en los usuarios de audífonos tipo ITE utilizando CIC. Este efecto, es producido por el incremento de nivel de presión sonora, que se desarrolla en el interior del conducto por la propia voz del usuario, cuando el canal está ocluido.

Investigaciones previas nos han demostrado que al reducir el volumen disponible del canal, con una adaptación profunda, la magnitud del efecto de oclusión igualmente se reduce.

Por ésta razón, el segundo objetivo del estudio ha sido cuantificar la diferencia del efecto de oclusión entre usuarios adaptados con audífonos CIC, en comparación con audífonos ITE.

El tercer y último objetivo fue qué influencia tendría en la ganancia de inserción la situación del micrófono para cada uno de los tipos de audífonos. A su vez nos ha permitido determinar el efecto que produce en la salida máxima (saturación), con una adaptación profunda.

Metodología

Para realizar el siguiente estudio, se fabricaron diecisiete audífonos a dieciséis personas que representaban un promedio de diferentes tamaños de canales auditivos. El aparato elegido fue un CIC INVISA de Beltone con una salida de 105 dB, una ganancia de 15 dB y un micrófono standard. Para efectos comparativos se fabricaron audífonos tipo concha con el mismo contenido electrónico que el CIC y con una longitud del canal medio. Todos los amplificadores son de tipo "D" y control de volumen ajustable. El analizador utilizado es un Fonix 6500 C (software 3.08E) usando un acoplador de 2c.c. y medidas de oído real, con una señal de prueba de 70 dB SPL de entrada.

Las medidas en oído real, fueron tomadas con un altavoz a 45° y con el micrófono de referencia sobre el oído. La sonda de prueba se marcó de tal forma que aún sobrepasó 5 mm el final de la punta del CIC. Esta posición fue la misma para la medición con todos los tipos de audífonos. La misma respuesta en oído real sin audífono (REUR), fue utilizada para calcular la respuesta (REIR) para los dos tipos de audífonos.

Para medir el efecto de oclusión, fue seleccionada la función de tiempo real del analizador. Seguidamente, se utilizó la técnica usada por Revit, analizando el espectro en tiempo real mientras que el sujeto vocaliza la vocal "iii" manteniendo el oído sin ocluir, es decir, sin audífono. Del mismo modo, se repitió la operación pero con los dos tipos de audífonos CIC e ITE, aunque desconectados.

Los sujetos mantenían el mismo nivel de voz, controlado por un indicador del audiómetro de Beltone modelo 112. La sonda de prueba estaba insertada a la misma profundidad que en la utilizada en las medidas de ganancia de inserción.

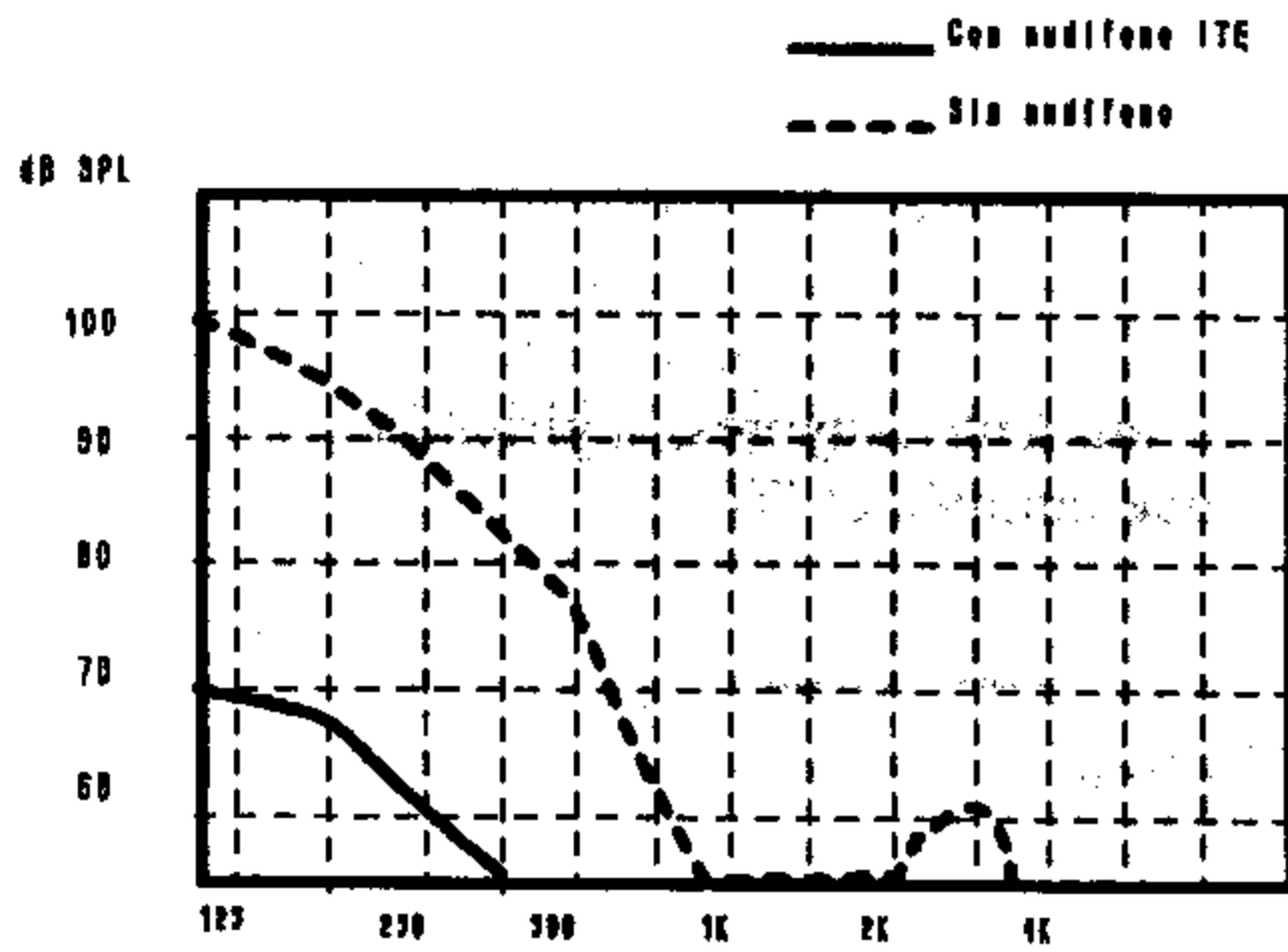


Figura 1. Nivel de presión sonora en el canal auditivo sin audífono y con ITE pero desconectado.

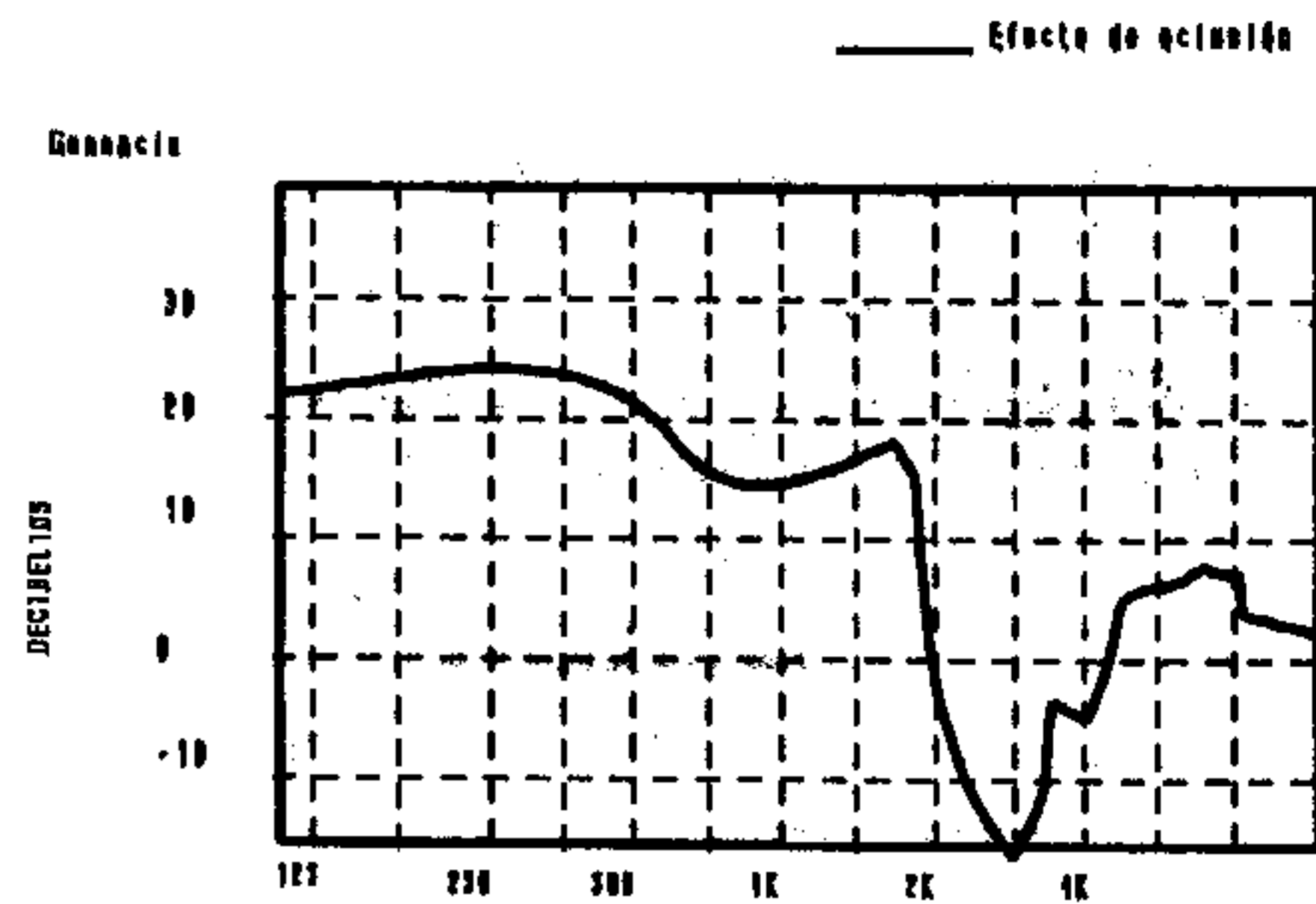


Figura 2. Efecto de oclusión para el audífono ITE de la figura número 1. El gráfico representa la diferencia entre la curva con audífono y sin audífono.

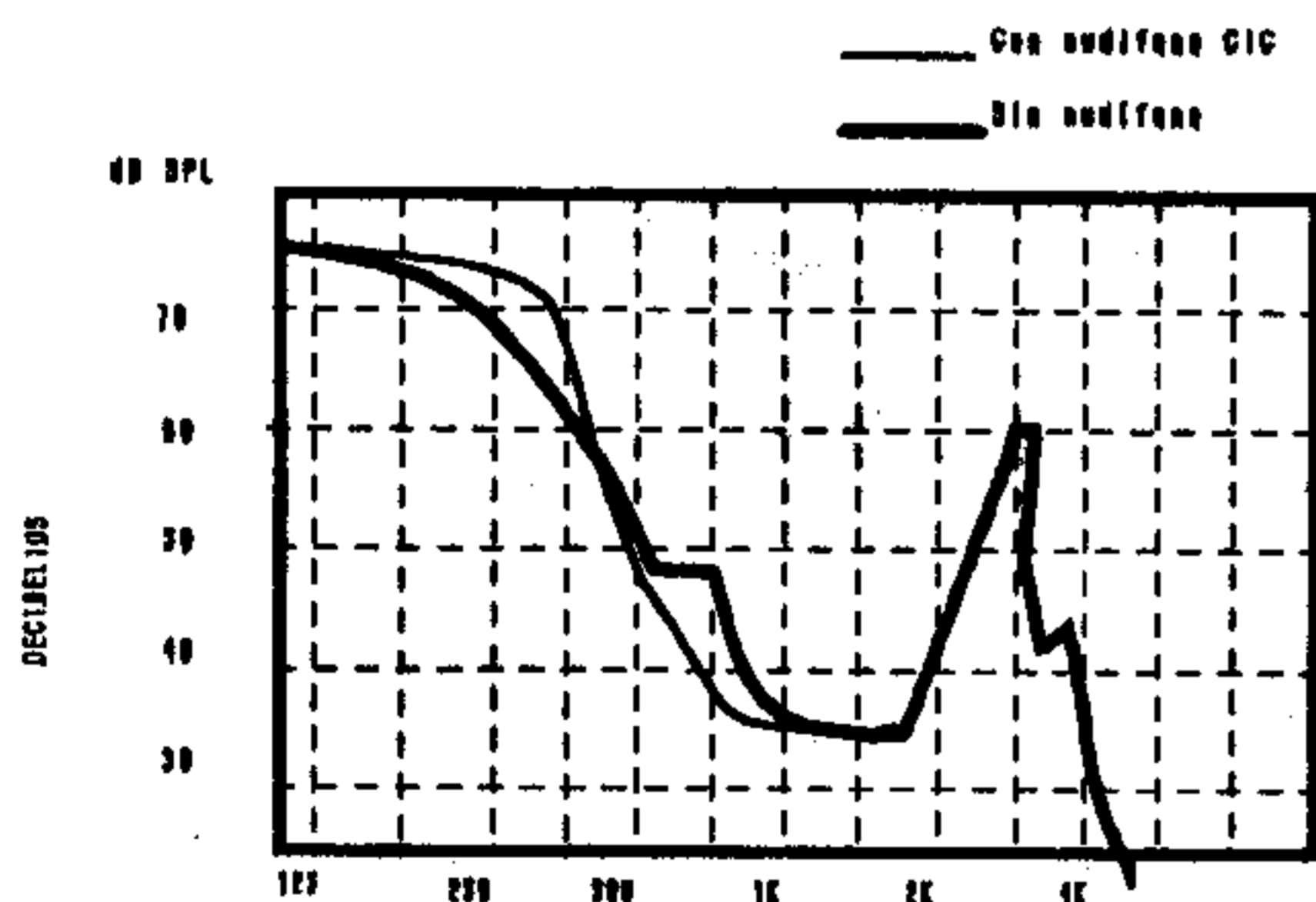


Figura 3. Nivel de presión sonora en el canal auditivo sin audífono y con un CIC pero desconectado.

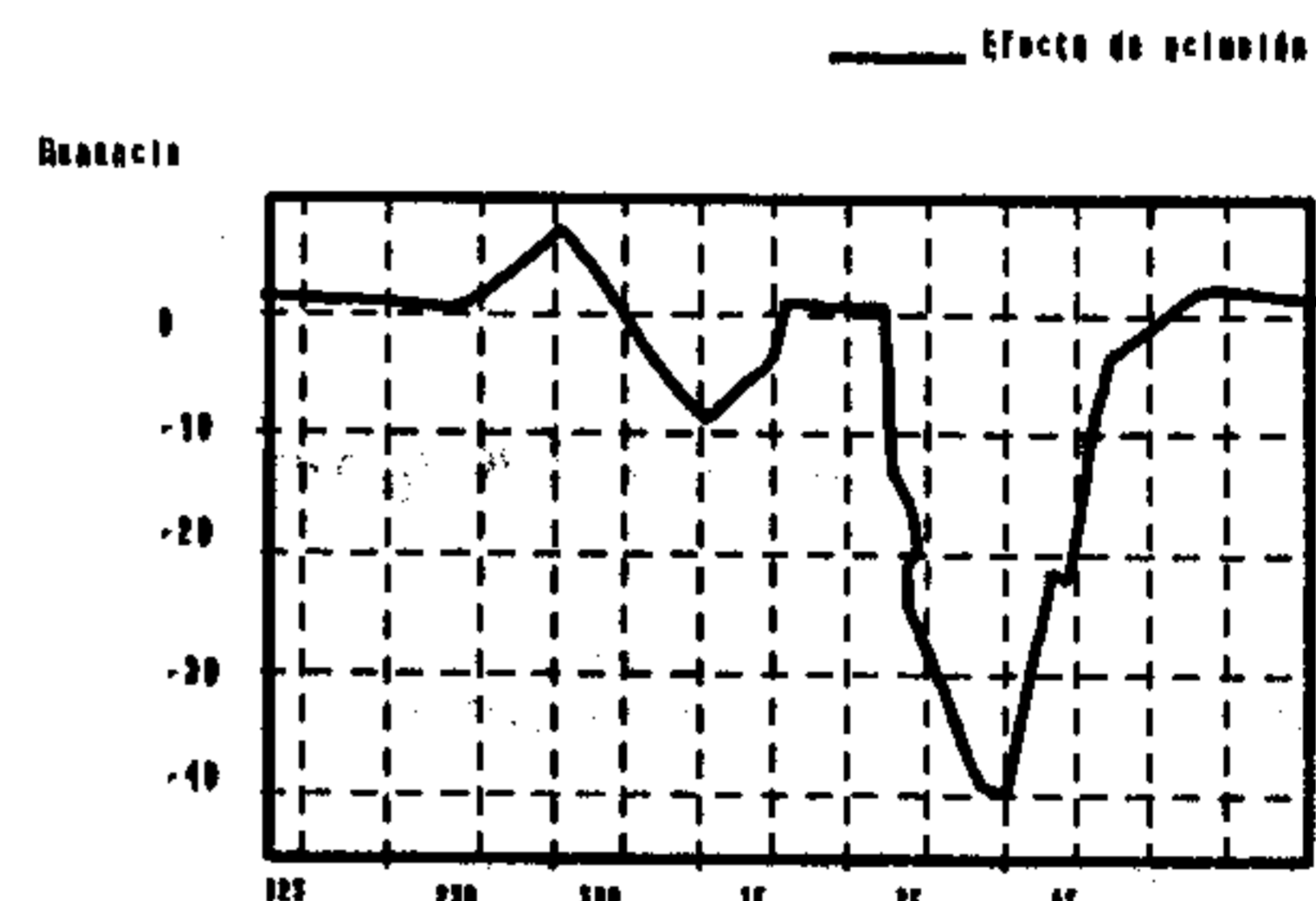


Figura 2. Efecto de oclusión para el audífono CIC de la figura número 3. El gráfico representa la diferencia entre la curva con audífono y sin audífono.

Calculando la diferencia entre las ganancias, frecuencia por frecuencia, obtenemos los valores del efecto de oclusión. Un ejemplo del resultado obtenido, puede observarse en las figuras (1-4).

Para averiguar la influencia de la posición del micrófono en la ganancia de inserción de los dos tipos de audífonos, se efectuaron unas mediciones en las entradas de los micrófonos de dichos aparatos.

El nivel de presión sonora fue medido ajustando el final de la sonda de prueba a la entrada de los micrófonos con un poco de silicona. Se utilizó el mismo proceso y la misma señal para once casos diferentes.

Resultados

A pesar de tener idéntica composición electrónica, y debido a las diferentes longitudes de los tubos de los auriculares, según los tipos de audífonos, encontramos unas pequeñas variaciones en las curvas de respuesta medidas con un acoplador de 2 c.c. Por ésta razón, no sería apropiado utilizar directamente éstas curvas de ganancia de inserción. En su lugar, las diferencias entre acoplador y oído real por cada tipo de aparato se calcularon en primer lugar. La técnica utilizada para obtener éstos cálculos se basaron en los estudios realizados por Killion y Revit utilizando los términos CORFIG (coupler response for flat insertion gain) y su inverso GIFROC.

Estas curvas incorporan el efecto combinado de la prueba REUR, la diferencia del acoplador a oído real y la situación del micrófono.

Con las medidas hechas en el estudio, podemos utilizarlas para obtener una curva CORFIG, para un audífono tipo CIC en contraste con otro de tipo ITE.

Si cogemos, los valores de las curvas GIFROC, y la respuesta en 2cc, utilizándolos en la siguiente fórmula, podemos obtener una ganancia de inserción en oído real:

$$\text{GIFROC} + \text{RESPUESTA } 2\text{cc} = \text{“REIR “ estimado.}$$

La figura 5 nos muestra las curvas GIFROC para cada tipo de audífono, para una media de 17 casos utilizados en este estudio. También podemos observar las curvas que se generan de audífonos ITE & ITC, obtenidas en un Kemar por Frye Electronics (Con las mismas pruebas y procedimientos utilizados en este estudio). Las diferencias entre los casos de Beltone y Frye para el ITE, es relativamente pequeña <4dB. Sin embargo, la diferencia entre el CIC y el canal standard son substancialmente mayores, sugiriendo que el CIC no solo suministra más ganancia de inserción que el ITE, sino que también el ITC.

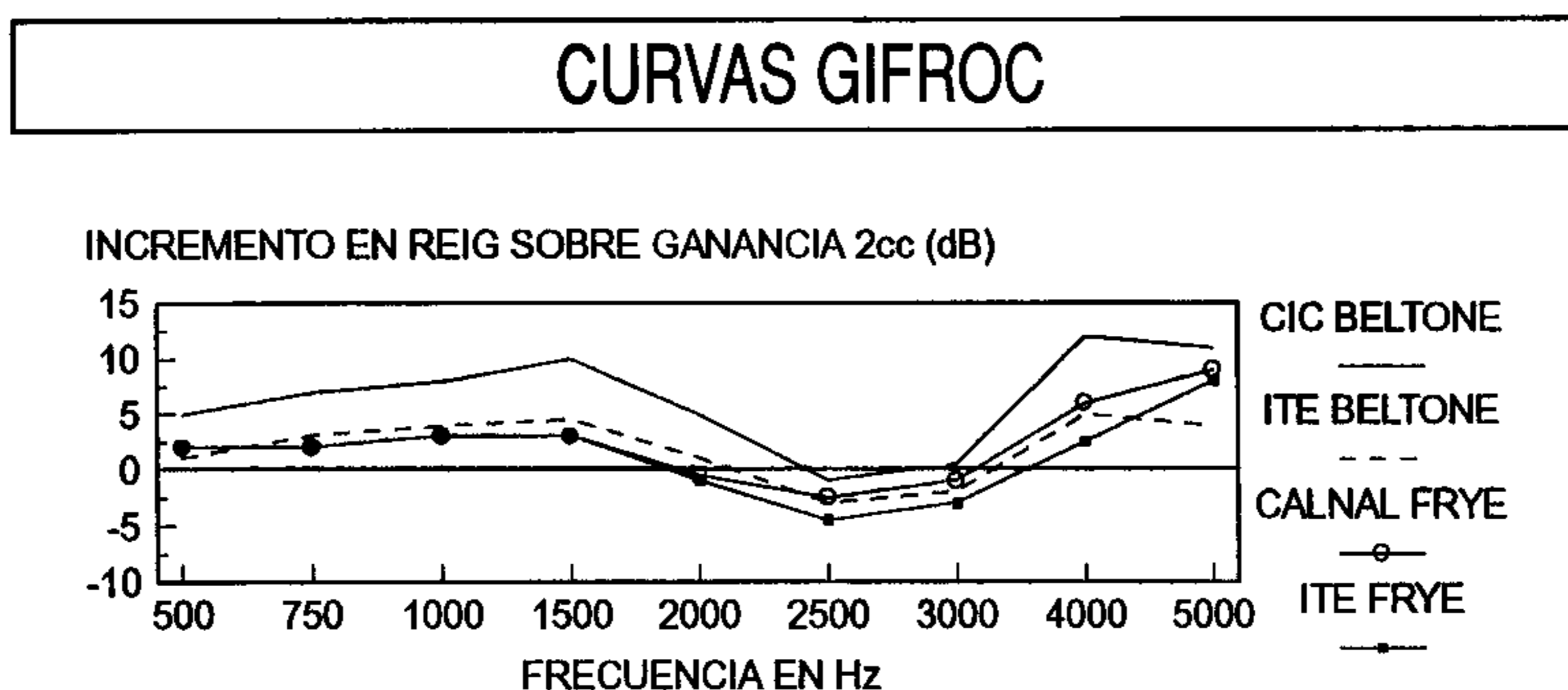


Figura 5. Curvas GIFROC en Kemar para audífonos ITE y CIC de Beltone & ITC y ITE de Frye.

La diferencia entre las curvas GIFROC para el CIC y el ITE de Beltone se muestra en la figura 6.

El resultado obtenido en la figura 6 nos dice que, de promedio, la ganancia de inserción de un audífono CIC comparada con otro tipo ITE, en una longitud de canal media, es de aproximadamente 3-5 dB mayor, desde 300 Hz a 2000 Hz, y de 6-8 dB mayor desde 3500 a 6000 Hz.

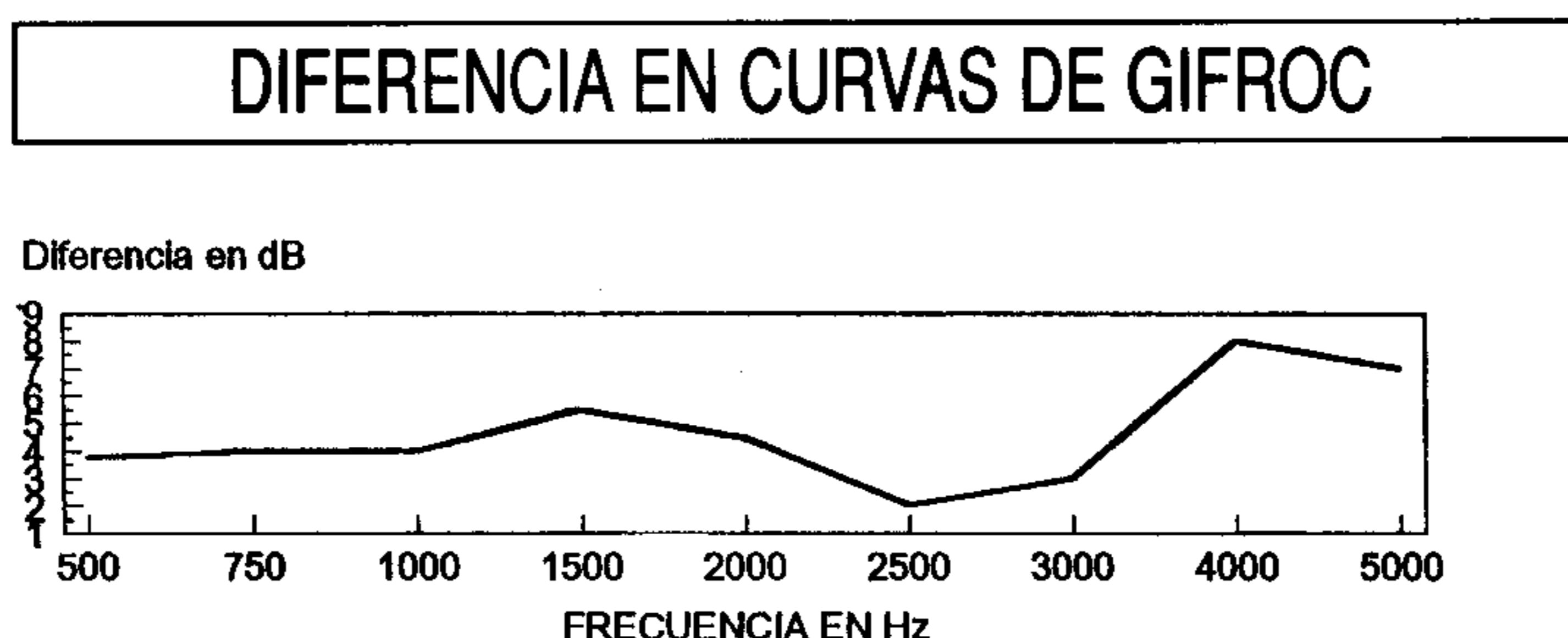


Figura 6. Incremento medio de ganancia de inserción con audífonos CIC comparándolos con ITE. Las barras representan la desviación standard.

El resultado de las medidas obtenidas, en función de la posición del micrófono para 11 casos, se muestra en la figura 7. Se observa la diferencia de promedio que hay por frecuencias para las mediciones realizadas en el micrófono del CIC y del ITE. Se observa un incremento de 3 a 6 dB a 3000 Hz en un CIC con

EFFECTO DE LA POSICION DEL MICROFONO

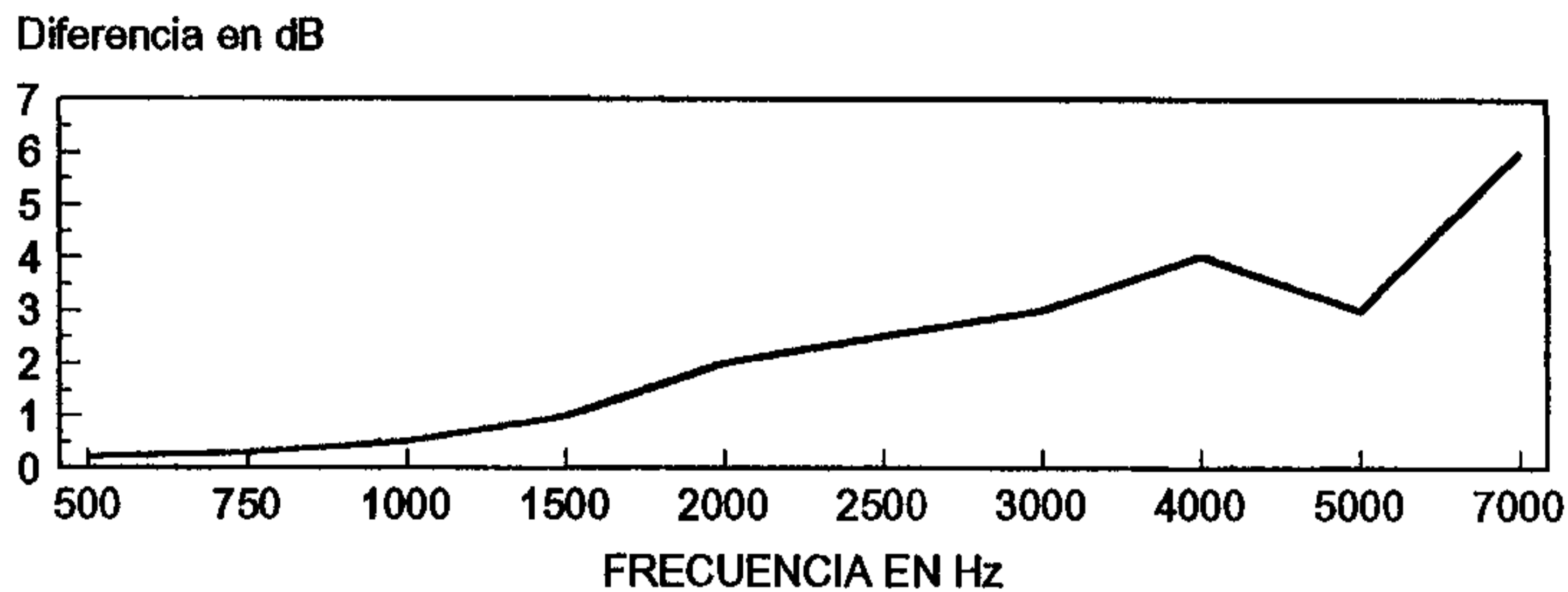


Figura 7. Incremento medio SPL debido a la posición del micrófono en un CIC comparándolo con un ITE.

respecto al ITE. Esto nos sugiere que, para altas frecuencias, algunos incrementos en la ganancia de inserción en los audífonos CIC, pueden ser atribuidos a la localización del micrófono.

La diferencia en ganancia de inserción entre un CIC y un ITE con el mismo acoplador de 2cc. es debido a dos factores:

- A La diferencia entre ellos en el volumen residual, debido a la inserción más profunda de la punta del CIC en el canal. Esto lleva a una impedancia acústica mayor, dependiendo de la salida del micrófono y un mayor nivel de presión acústica en el canal.
- B La diferencia de la saturación en la entrada del micrófono en el oído externo. Una situación más profunda del "faceplate" del CIC, nos conduce a un realce de las bajas frecuencias en la entrada del micrófono, tal y como se muestra en la figura 7.

Cuando un audífono llega al nivel de saturación, la salida es determinada por su punto de limitación, y no le afecta mucho la variación del nivel de presión sonora en el micrófono.

El efecto de la saturación en la salida de un usuario de CIC, comparándolo con otro que utiliza un ITE con la misma curva de salida máxima en 2cc, es debida al efecto de ganancia de inserción menos el efecto de micrófono. Esta diferencia en 11 casos se muestra en la figura 8. Estos resultados nos sugieren que, de promedio aproximadamente se generan 3-4 dB más en los rangos de frecuencia de 300 a 2KHz y 3,5 KHz a 5KHz con un CIC, comparándolo a un ITE.

Una reducción en el efecto de oclusión, se encontró con el tipo CIC, comparándolo con el ITE, utilizando las mediciones en oído real vocalizando una vocal.

La diferencia de promedio en curvas de efecto de oclusión para un CIC y un ITE, se muestran en la figura 9.

Puede haber una pequeña desviación standard que demuestra la variabilidad de éste efecto. Esta variación, puede ser debida a que la punta del canal del instrumento está sellada en el canal auditivo.

Sumario

El estudio realizado por Beltone, sobre CIC en 17 casos, ha encontrado que la ganancia de inserción en un CIC, es mayor que la de un instrumento ITE. El incremento de ganancia de inserción, ha sido de 3 a 5 dB entre 300 a 2KHz, y de 6-8 dB entre 3,5KHz a 6KHz.

Además, las mediciones realizadas según la posición del micrófono en los dos tipos de audífonos, ha revelado un incremento de 3 a 6 dB de nivel de presión sonora, a partir de 3 KHz en el CIC. Si el efecto debido a la posición del micrófono, es restado de la diferencia de ganancia de inserción obtenida de los dos tipos de audífonos, tenemos una estimación de la diferencia en el nivel de saturación de salida. Esta diferencia es de 3-4 dB en frecuencias inferiores a 2,5 KHz y superiores a 3 KHz.

DIFERENCIA EN SALIDA MAXIMA

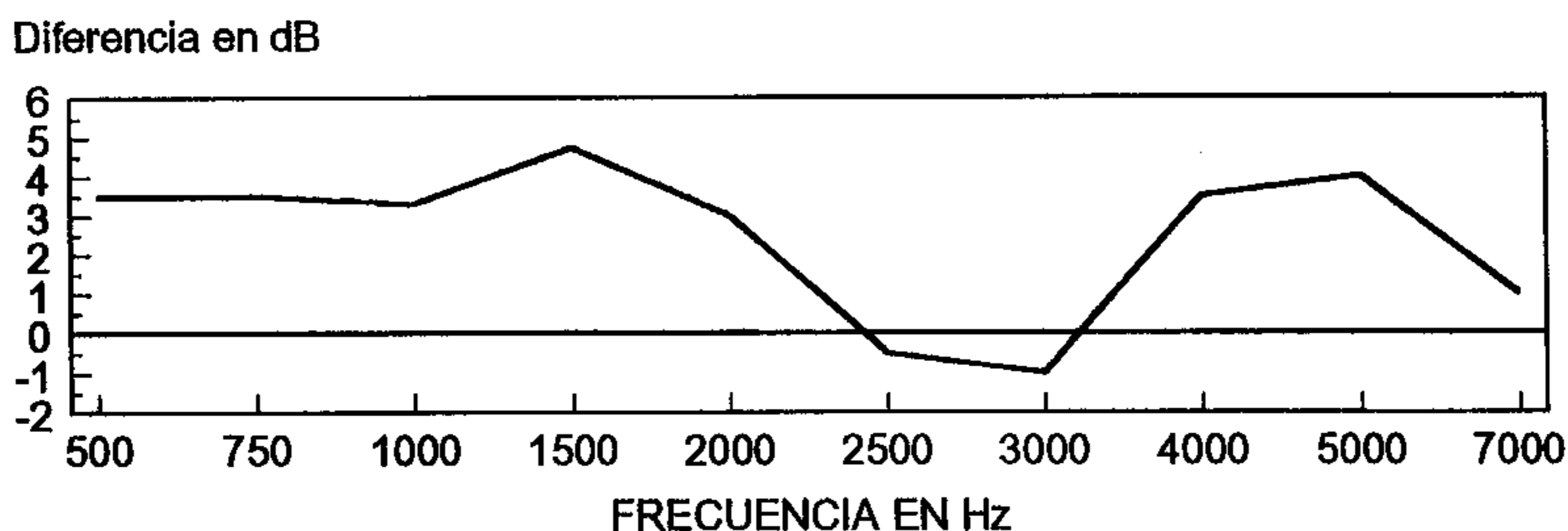


Figura 8. Incremento medio en la salida máxima para audífono CIC en comparación con un ITE.

DIFERENCIA EN EL EFECTO DE OCLUSION

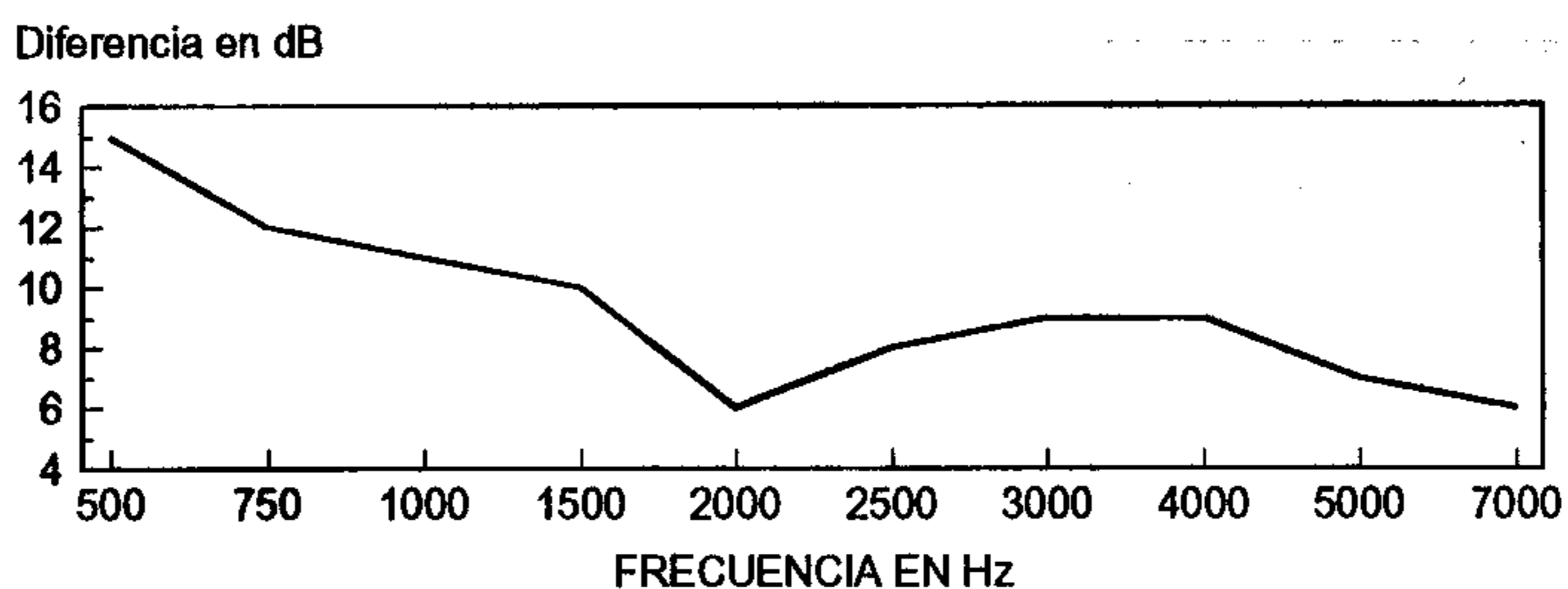


Figura 9. Reducción media en el efecto de oclusión en un audífono CIC comparado con un ITE.

Como conclusión, los resultados nos indican que para un tipo de pérdida auditiva determinada, es posible utilizar un acoplador de 2 cc para determinar ganancia y salida, cuando adaptamos un CIC al igual que un audífono ITE. Los resultados de este estudio sobre el efecto de oclusión para éste grupo de casos, indica que de promedio, la inserción más profunda del CIC ofrece menos oclusión que el tipo ITE, en una longitud de canal media. Esto nos puede indicar como esta el CIC sellado en el canal. Por ejemplo, si se encuentra efecto de oclusión en las bajas frecuencias de 25 dB ó más, el usuario puede rechazar el audífono para reajustarlo y engrosar la punta del canal. El CIC, nos abre un gran futuro en la industria del audífono, además de obtener mejoras apreciables a los usuarios de éste tipo de prótesis. Los resultados anteriores, no solo muestran estas mejoras simplemente como una ventaja estética sobre los intracanales, sino una mejora medible en la ganancia y salida, además de la reducción en el efecto de oclusión.

Bibliografía

- 1 Berger EH: Tips for Fitting Hearing Protectors. Sound and Vibration. 1988.
- 2 Killion MC and Revit LJ: CORFIG and CIFROC: Real Ear to Coupler and Back.1993.
- 3 Killion MC, Wilber LA and Gudmundsen GI: A possible Solution to the Hollow Voice Problem(the Amplified Oclusion Effect). Hear Instruments. 1988.
- 4 Revit LJ: Two techniques for Dealing With the Oclusion. Hear Instruments. 1992.
- 5 Staab WJ and Finlay BA: Fitting Rationale for Deep Fitting Canal Hearing Instruments, Hear Instruments. 1991.
- 6 Mary E. Meskan: Fitting Completely in the canal instruments., Hearing review.1994.