

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 009**

51 Int. Cl.:

**A61B 5/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2015 PCT/EP2015/079720**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2016 WO16096801**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2015 E 15816717 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 3203910**

54 Título: **Aparato y método para determinar la frecuencia de al menos un sonido dominante de un acúfeno**

30 Prioridad:

**15.12.2014 DE 102014118674**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**22.04.2019**

73 Titular/es:

**FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH (100.0%)  
Wilhelm-Johnen-Strasse  
52425 Jülich, DE**

72 Inventor/es:

**TASS, PETER ALEXANDER y  
HAUPTMANN, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 710 009 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Aparato y método para determinar la frecuencia de al menos un sonido dominante de un acúfeno

5 La invención se refiere a un aparato y a un método para determinar la frecuencia de al menos un sonido dominante de un acúfeno percibido por un paciente.

10 El acúfeno subjetivo es la percepción de un sonido o ruido sin una fuente física de sonido o fuente de ruido. El acúfeno subjetivo surge en el cerebro del paciente y solo puede ser percibido por él. Es una enfermedad muy extendida que tiene un carácter tortuoso para muchos pacientes. Se diferencia entre un acúfeno tonal, esto significa la percepción de uno o más sonidos en comparación con un acúfeno atonal, esto significa la percepción de un ruido. Sin embargo, el ruido percibido para un acúfeno atonal también puede incluir uno o más sonidos dominantes.

15 En particular con respecto a la aplicación del "reinicio coordinado" acústico para la neuromodulación (neuromodulación CR) para la terapia del acúfeno, es extremadamente importante determinar con precisión las frecuencias, esto significa que la posición del tono del sonido de los sonidos dominantes sea lo más precisa posible.

20 Hasta el momento, se utilizaron métodos para la determinación de la frecuencia del acúfeno en los que el paciente típicamente reprodujo un sonido comparativo y el paciente podía ajustar la frecuencia y la amplitud del sonido comparativo de manera de tal forma que el sonido comparativo correspondiera al sonido del acúfeno. Estos métodos son tediosos y para un número relevante de pacientes conducen a resultados no reproducibles y de esta manera a resultados no fiables (véase E. M. Burns: A Comparison of Variability among Measurements of Subjective Acúfeno and Objective Stimuli, Audiology 23, 426-440 (1984)).

25 El documento US 2010/049 describe un aparato para tratar el acúfeno, que comprende medios generadores que pueden generar una señal de audio y medios convertidores que están conectados a los medios generadores para reproducir la señal de audio. El aparato también comprende medios de filtro que están dispuestos entre los medios generadores y los medios convertidores para filtrar y suprimir sustancialmente la señal de audio al menos de acuerdo con un intervalo de frecuencias alrededor de la frecuencia dominante del acúfeno, para lograr un intervalo de frecuencia (banda silenciosa) en el que no se percibe ninguna señal de audio con una anchura o amplitud seleccionada alrededor de la frecuencia dominante del acúfeno.

30 Por esta razón, es un objeto de la invención proporcionar un aparato, así como un método que permita la determinación de la frecuencia de al menos un sonido dominante de un acúfeno percibido por un paciente con una gran precisión y una alta probabilidad de reproducibilidad.

35 El objeto subyacente de la invención se satisface con las características de las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones subordinadas se exponen realizaciones y diseños adicionales ventajosos de la invención.

40 La invención se describirá en detalle a continuación de una manera ejemplar con referencia al dibujo. En este se muestra:

45 La Figura 1 ilustra una ilustración esquemática de un aparato para determinar la frecuencia de al menos un sonido dominante de un acúfeno percibido por un paciente; la Figura 2 ilustra una tabla para introducir datos obtenidos para determinar la frecuencia del al menos un sonido dominante; y la Figura 3 ilustra una tabla rellena de datos ejemplares para determinar la frecuencia de al menos un sonido dominante.

50 En la Figura 1 se ilustra esquemáticamente un aparato 1 para determinar la frecuencia de al menos un sonido dominante de un acúfeno percibido por un paciente. El aparato 1 está compuesto por un generador de sonido 2, una unidad de entrada 3 y una unidad de control y análisis 4 acoplada al generador de sonido 2, así como a la unidad de entrada 3.

55 El generador de sonido 2 genera sonidos que se reproducen a un paciente que padece acúfeno. Los sonidos son sonidos comparativos que el paciente compara con el sonido dominante que se investiga sobre el acúfeno que percibe y los evalúa de manera correspondiente.

60 La evaluación de los sonidos proporcionados por parte del paciente se introduce en la unidad de entrada 3.

65 La unidad de control y análisis 4 durante el funcionamiento del aparato 1 realiza un control del generador de sonido 2. Para este propósito, la unidad de control y análisis 4 transmite las señales de control 5 al generador de sonido 2. Además, la unidad de control y análisis 4 recibe señales 6 de la unidad de entrada 3 por medio de las cuales la unidad de control y análisis 4 transmite las evaluaciones de la entrada del paciente a la unidad de entrada 3 con respecto a los sonidos puestos a disposición del paciente.

La unidad de control y análisis 4 con la ayuda del generador de sonido 2 y de la unidad de entrada 3 realiza diferentes investigaciones, en particular una medición de similitud y una comparación de sonido por pares.

5 Teniendo en cuenta la medición de similitud, la unidad de control y análisis 4 controla el generador de sonido 2 de tal manera que este reproduce diferentes sonidos para el paciente, uno tras otro. Después de cada sonido reproducido, el paciente evalúa el sonido respectivo con respecto a la similitud del sonido con el sonido dominante del acúfeno percibido por el paciente a investigar. La evaluación del paciente se introduce en la unidad de entrada 3 y se envía a la unidad de control y análisis 4.

10 De acuerdo con un diseño, los sonidos que se reproducen al paciente durante la medición de similitud uno tras otro están separados entre sí en frecuencia, esto significa que la rampa de frecuencia no se eleva y/o se reduce para la medición de similitud.

15 Con respecto a la comparación de sonido por pares, la unidad de control y análisis 4 controla el generador de sonido 2 de tal manera que este reproduce pares de sonidos uno tras otro para el paciente. Los sonidos de un par respectivo están disponibles a este respecto retrasados en el tiempo y, en particular, de manera no superpuesta. Después de cada pareja, el paciente evalúa qué sonido de la pareja es más similar al sonido dominante del acúfeno a investigar. La evaluación del paciente se introduce en la unidad de entrada 3 y se envía a la unidad de control y análisis 4.

20 La unidad de control y análisis 4 combina los resultados de la medición de similitud y de la comparación de sonido por pares y, por lo tanto, determina al menos un sonido cuya frecuencia es más similar a la frecuencia del sonido dominante del acúfeno a investigar.

25 El acúfeno percibido por el paciente que se investiga con el aparato 1 puede ser tanto un acúfeno tonal como atonal. En el caso del acúfeno tonal, el paciente percibe al menos un sonido cuya frecuencia se puede determinar con la ayuda del aparato 1. En el caso de un acúfeno atonal, el paciente percibe un ruido que puede incluir al menos un sonido dominante cuya frecuencia se determina por el aparato 1. En el caso de que el paciente perciba una pluralidad de sonidos dominantes cuyas frecuencias se determinarán, entonces se debe realizar la medición de similitud y la comparación de sonido por pares para cada uno de los sonidos dominantes.

30 Los sonidos reproducidos al paciente se pueden describir matemáticamente mediante una oscilación sinusal. Cada sonido se caracteriza por un tono, esto se refiere a la frecuencia de la oscilación sinusal y un volumen, esto se refiere a la amplitud de la oscilación sinusoidal. Los sonidos puros pueden generarse por el generador de sonido 2, cuyo ancho de banda de frecuencia es idealmente muy pequeño. El ancho de banda de frecuencia en la práctica está limitado por los dispositivos que generan los sonidos. Además, también se pueden utilizar sonidos para las investigaciones descritas en el presente documento que tienen un ancho de banda de frecuencia predefinido.

35 El generador de sonido 2 que genera los sonidos puede tener auriculares o también auriculares o altavoces que están configurados de una manera diferente, en el que un auricular es un altavoz colocado en el canal auditivo. Además, el generador de sonido 2 puede tener un circuito eléctrico para la generación de los sonidos. Los sonidos pueden estar disponibles para el paciente en un oído o en ambos oídos.

40 Teniendo en cuenta un acúfeno unilateral, el generador de sonido 2 pone a disposición los sonidos en el mismo oído y/o en el oído opuesto. Con respecto al acúfeno bilateral, los sonidos se aplican en el mismo oído y/o en el oído opuesto del sonido dominante de un acúfeno. Teniendo en cuenta el acúfeno idéntico percibido a ambos lados y/o centralmente los sonidos en ambos lados están disponibles mediante el generador de sonido 2 en un lado y/o en ambos lados.

45 La unidad de control y análisis 4 puede incluir una unidad de procesamiento para llevar a cabo sus tareas, por ejemplo, un procesador o un microcontrolador. Además, la unidad de control y análisis 4 puede ser un ordenador. El método descrito en el presente documento para determinar la frecuencia del al menos un sonido dominante del acúfeno percibido por el paciente puede almacenarse como código de software en una memoria asociada con la unidad de control y análisis 4.

50 La unidad de entrada 3 puede ser, por ejemplo, el teclado de un ordenador o también puede comprender un menú ilustrado en una pantalla a través de la del cual las entradas pueden verse efectuarse. Típicamente, el paciente proporciona las evaluaciones de los sonidos a un médico o audiólogo las cuales el médico o el audiólogo respectivamente introducen en la unidad de entrada 3. También sería plausible que el paciente ingrese las evaluaciones en la unidad de entrada 3.

55 De acuerdo con una realización, la unidad de control y análisis está configurada para determinar al menos un sonido como resultado de la medición de similitud cuya frecuencia es más similar a la frecuencia del sonido dominante del acúfeno a investigar de acuerdo con la medición de similitud. Además, la unidad de control y análisis 4 determina al menos un sonido como resultado de la comparación de sonido por pares cuya frecuencia es más similar a la frecuencia del sonido dominante a investigar del acúfeno de acuerdo con la comparación de sonido por pares.

5 Teniendo en cuenta las mediciones de similitud, se puede determinar un valor de similitud para cada sonido proporcionado que establezca la similitud del sonido respectivo con el sonido dominante del acúfeno en una escala predefinida. Posteriormente, el sonido con el valor de similitud más alto puede seleccionarse como el sonido que es más similar al sonido dominante del acúfeno de acuerdo con la medición de similitud. También es plausible no solo seleccionar un sonido, sino una pluralidad de sonidos que tengan los valores más altos de similitud al final de la medición de similitud.

10 Una realización establece que, para una comparación de sonido por pares, ese sonido se selecciona de cada par de sonidos reproducidos para el paciente que es más similar al sonido dominante del acúfeno de acuerdo con la estimación del paciente. Dichas comparaciones se realizan para un número predefinido de pares. Los pares se configuran de acuerdo con una realización de tal manera que la separación de frecuencia determinada sobre todos los pares, en particular la separación de frecuencia relativa entre los dos sonidos de un par, sea lo más grande posible. Como consecuencia de lo mismo, en particular se forman pares de sonidos no adyacentes. Posteriormente, se forman nuevos pares de los sonidos seleccionados previamente y los sonidos de estos pares se comparan de nuevo con el sonido dominante del acúfeno por el paciente y se seleccionan los sonidos más similares. Este método puede continuar correspondientemente hasta que quede un sonido que se considere como el sonido más similar al sonido dominante del acúfeno de acuerdo con la comparación de sonido por pares. También en este caso se puede proporcionar para seleccionar más de un sonido al final de la investigación y no solo un sonido.

20 La medición de similitud y la comparación de sonido por pares se pueden realizar de forma independiente. Los resultados de las dos investigaciones se pueden combinar posteriormente entre sí de una manera adecuada para determinar la frecuencia del sonido dominante del acúfeno percibido por el paciente.

25 Como alternativa, la medición de similitud y la comparación de sonido por pares pueden realizarse por la unidad de control y análisis 4 en una secuencia predefinida. El resultado de la investigación realizada primero se puede utilizar como valor inicial para la investigación posterior. De esta manera, por ejemplo, la medición de similitud se puede realizar como una primera investigación y los resultados de la medición de similitud se pueden usar con el fin de determinar los sonidos iniciales de la comparación de sonido por pares. En particular, en este caso, los sonidos pueden reproducirse exclusivamente para el paciente durante la comparación de sonido por pares que se encuentran dentro de un rango de frecuencia predefinido que se encuentra en torno a la frecuencia del sonido determinada como resultado de la medición de similitud que tiene la mayor similitud con el sonido dominante del acúfeno. De este rango de frecuencias, los sonidos se pueden seleccionar para la comparación por pares de acuerdo con una realización y los pares se pueden formar a partir de los sonidos seleccionados de tal manera que la separación de frecuencia determinada para todos los pares, en particular la separación de frecuencia relativa entre los dos pares de un par, sea lo más grande posible.

40 En el caso inverso, en el que la medición de similitud puede seguir la comparación de sonido por pares, el resultado de la comparación de sonido por pares se puede aprovechar como el valor inicial para la medición de similitud.

La medición de similitud y la comparación de sonido por pares pueden proporcionar el valor inicial o la región inicial de la otra investigación respectiva. Sin embargo, también pueden proporcionar información más fiable a través de una prueba redundante.

45 Tanto con respecto a la medición de similitud como también con respecto a la comparación de sonido por pares, se puede predefinir respectivamente una separación de frecuencia entre sonidos adyacentes. La investigación realizada primero y después típicamente tiene una mayor separación de frecuencia, que la investigación realizada posteriormente. En el caso de que la medición de similitud se realice primero y luego se realice la comparación de sonido por pares, los sonidos que se encuentran adyacentes entre sí con respecto a su frecuencia de la comparación de sonido por pares estarán más cerca que los sonidos adyacentes de la medición de similitud.

50 De acuerdo con una realización del diseño mencionado anteriormente, se puede realizar una estimación aproximada del acúfeno con la ayuda de sonidos de prueba predefinidos antes de la medición de similitud y la comparación de sonido por pares. Para este propósito, los sonidos de prueba predefinidos se pueden reproducir uno tras otro para el paciente y el paciente indica si la frecuencia del sonido de prueba respectivo es mayor o menor que la frecuencia del sonido dominante del acúfeno. La separación de frecuencia entre los sonidos de prueba adyacentes es mayor para esta prueba que la separación de frecuencia entre los sonidos adyacentes de la medición de similitud y de la comparación de sonido por pares. Además, siguiendo la medición de similitud y la comparación de sonido por pares, se puede realizar un ajuste preciso del sonido que se ha hecho evidente a partir de la medición de similitud y la comparación de sonido por pares como el sonido que es más similar al menos a un sonido dominante del acúfeno. El ajuste preciso puede realizarse, por ejemplo, en los límites de +10% en torno al sonido determinado. La resolución de frecuencia durante el ajuste preciso es más pequeña que para la medición de similitud y la comparación de sonido por pares.

Durante la medición de similitud y/o la comparación de sonido por pares, el paciente puede evaluar la similitud de los sonidos por medio de un grado psicofísico de similitud, en particular con respecto al tono y/o el volumen y/o la característica del sonido.

5 De acuerdo con una realización, la medición de similitud consiste en una secuencia de mediciones de similitud, en la que la secuencia de la prueba de similitud individual depende de los resultados anteriores respectivos. En particular, un sonido respectivo que se reproduce para el paciente para una prueba de similitud puede depender de la evaluación realizada por el paciente de uno o más sonidos reproducidos previamente.

10 En analogía a esto, una comparación de sonido puede consistir en una secuencia de comparaciones de sonido por pares cuya secuencia depende de los respectivos resultados anteriores. En particular, un par respectivo de sonidos que se reproducen para el paciente para la comparación de pares, depende de la evaluación realizada por el paciente de uno o más pares de sonidos reproducidos previamente.

15 Además, dichas secuencias de mediciones de similitud individuales y comparaciones de sonido no tienen que llevarse a cabo por separado, sino que también pueden llevarse a cabo de forma mixta y, con respecto a su secuencia, dependiendo de los resultados respectivos anteriores.

20 La amplitud, esto significa el volumen, del sonido que se reproduce para el paciente se puede determinar porque se reproduce un sonido de prueba para el paciente y el paciente ajusta la amplitud de este sonido de tal manera que el sonido reproducido es tan alto como el sonido dominante del acúfeno percibido por el paciente. Posteriormente, la amplitud de los sonidos reproducidos para la medición de similitud y/o la comparación de sonido por pares puede coincidir con la amplitud establecida por el paciente.

25 Además, la amplitud del sonido que se reproduce para el paciente se puede determinar porque las amplitudes de dos sonidos de prueba diferentes se ajustan por el paciente de tal manera que suenen respectivamente tan fuerte como el sonido dominante del acúfeno. Los dos sonidos de prueba se pueden usar entonces como fuente de apoyo de una interpolación o extrapolación que permite la determinación de la amplitud de un sonido respectivo reproducido para la medición de similitud y/o la comparación de sonido por pares.

30 Además, la amplitud de un sonido respectivo reproducido para la medición de similitud y/o de la comparación de sonido por pares puede determinarse por comparación con un sonido de referencia (en particular, seleccionado para todas estas pruebas).

35 Como resultado, los sonidos reproducidos para el paciente para la medición de similitud y/o la comparación de sonido por pares pueden, respectivamente, tener casi el mismo volumen que el sonido dominante del acúfeno percibido por el paciente. Además, la invención también permite que uno pueda desviarse de esto y que el volumen de los sonidos reproducidos para el paciente para la medición de similitud y/o la comparación de sonido por pares sea mayor o menor que el volumen del sonido dominante del acúfeno percibido por el paciente.

40 Antes de realizar las mediciones de similitud y la comparación de sonido por pares, es sensato limitar de forma aproximada el rango de frecuencia a partir del cual se seleccionan los sonidos de prueba. Para este propósito, los sonidos se pueden reproducir en el paciente uno tras otro y el paciente, respectivamente, indica si la frecuencia del sonido es mayor o menor que la frecuencia del sonido dominante del acúfeno.

45 Como resultado, se determina un rango de frecuencia limitado, pero todavía relativamente amplio, en el que está presente la frecuencia del sonido dominante del acúfeno. Con respecto a la medición de similitud posterior y la comparación de sonido por pares, los sonidos reproducidos para el paciente o los pares de sonidos se seleccionan exclusivamente del rango de frecuencia determinado.

50 Un método para determinar la frecuencia de al menos un sonido dominante de un acúfeno percibido por un paciente comprende que se realiza una medición de similitud durante la cual el paciente reproduce sonidos uno tras otro y el paciente evalúa la similitud del sonido con el al menos un sonido dominante del acúfeno después de la reproducción de un sonido respectivo. Además, se realiza una comparación de sonido por pares durante la cual el paciente reproduce pares de sonidos uno tras otro y después de reproducir un par respectivo, el paciente evalúa qué sonido del par es más similar a un sonido dominante del acúfeno. Los resultados de la medición de similitud y de la comparación de sonido por pares se combinan y, a partir de los mismos, se determina qué frecuencia es la más similar a la frecuencia de al menos un sonido dominante del acúfeno. El método descrito anteriormente puede ser llevado a cabo por un médico o audiólogo. El método puede comprender todas las realizaciones descritas previamente. Para la variante mínima del método, un generador de sonido para generar los sonidos de prueba es suficiente como ayuda técnica.

55 El software se ejecuta en un sistema de procesamiento de datos, en particular en la unidad de control y análisis 4. Los efectos del software que controlan las señales para controlar un generador de sonido se generan, las evaluaciones de los sonidos reproducidos por un paciente se reciben por una unidad de entrada, el generador de sonido se controla para una medición de similitud de tal manera que este reproduzca los sonidos uno tras otro y

- después de la reproducción de un sonido respectivo, una evaluación del paciente con respecto a la similitud del sonido con el al menos uno dominante el sonido de un acúfeno percibido por el paciente se recibe por la unidad de entrada. Además, los efectos del software de que el generador de sonido se controla para una comparación de sonido por pares de tal manera que este reproduce pares de sonidos uno tras otro, y después de la reproducción de un par respectivo, se recibe una evaluación del paciente por la unidad de entrada de que el sonido del par es más similar al menos al sonido dominante del acúfeno y los resultados de la medición de similitud y del par de comparación de sonido se combinan y, a partir de los mismos, se determina al menos un sonido cuya frecuencia es más similar a la frecuencia del al menos un sonido dominante del acúfeno. El software puede comprender todas las realizaciones descritas previamente descritas en relación con el aparato 1.
- Como una realización adicional, se describirá un método a continuación con el que se puede determinar la frecuencia de al menos un sonido dominante de un acúfeno percibido por el paciente. El método descrito posteriormente se puede llevar a cabo con la ayuda del aparato 1 ilustrado en la Figura 1. Las instrucciones para el paciente que lleva a cabo el método pueden, por ejemplo, aparecer en una pantalla, pero también se pueden proporcionar por un médico o un audiólogo que da las instrucciones al paciente.
- Antes de realizar la medición real, el significado de amplitud, esto significa el volumen y el tono, esto significa la frecuencia, se deben explicar al paciente para poner al paciente en la posición de poder diferenciar los sonidos.
- Para explicar la amplitud, se reproduce un sonido de 1.000 Hz para el paciente. Posteriormente se aumenta la amplitud. Para explicar el tono, inicialmente se reproduce un sonido de 1.000 Hz y, posteriormente, se reproduce un sonido de 1.800 Hz. Se le explica al paciente que el segundo sonido (1.800 Hz) tiene un tono más alto que el primer sonido (1.000 Hz). Posteriormente, ambos sonidos se reproducen de nuevo.
- Para verificar el entendimiento, se reproducen un primer sonido de 2.000 Hz y un segundo sonido de 2.400 Hz. Se pregunta al paciente qué sonido tiene un tono más alto. La prueba se repite dos veces con 3.000 Hz y 1.800 Hz.
- Además, se reproducen un primer sonido silencioso de 2.700 Hz y un segundo sonido más fuerte de 2.700 Hz, en donde el volumen de ambos sonidos se encuentra por encima del umbral audible. Se pregunta al paciente qué sonido es más alto y si el paciente percibe una diferencia de la frecuencia del sonido o no.
- Además, tres sonidos de 14.000 Hz, 11.200 Hz y 8.900 Hz se reproducen en secuencia descendente. Se pregunta al paciente si el tono de los sonidos aumenta o disminuye o si son similares. Si el paciente no puede diferenciar entre los tonos más altos, estos sonidos se omiten en las siguientes etapas de trabajo.
- Cuando la verificación de la comprensión se realiza con éxito con el paciente, se puede iniciar la determinación de la frecuencia del acúfeno. Si no es así, las etapas anteriores de la fase de explicación se pueden realizar de nuevo.
- Las siguientes etapas de trabajo se realizan por separado para el oído izquierdo y para el oído derecho. Se comienza con el lado en el que el paciente percibe el acúfeno como más fuerte. Además, cada sonido comparativo se reproduce, por ejemplo, durante al menos 2 segundos.
- Los resultados de las etapas de trabajo pueden introducirse en una tabla como se ilustra a modo de ejemplo en la Figura 2. La tabla puede rellenarse por el médico o el audiólogo, sin embargo, también puede almacenarse en una memoria a la que tenga acceso la unidad de control y análisis 4, de tal manera que los datos correspondientes puedan ingresarse en la tabla por la unidad de control y análisis 4. Para una comprensión más sencilla de las investigaciones, la Figura 3 muestra una tabla con los datos ejemplares descritos a continuación.
- En la etapa 1 tiene lugar una limitación aproximada de la frecuencia del sonido dominante del acúfeno a investigar. Se recomienda no llevar a cabo la limitación aproximadamente en la primera investigación para determinar el espectro completo del acúfeno del paciente respectivo. El conocimiento del espectro completo es muy útil tan pronto como la terapia reduce el primer sonido dominante del acúfeno, por ejemplo, se debe determinar una neuromodulación CR y un segundo sonido dominante del acúfeno.
- El objetivo de esta etapa es obtener una primera impresión aproximada de la frecuencia del sonido dominante del acúfeno del paciente respectivo. El paciente debe escuchar un cierto número de sonidos de prueba, en los se le debe preguntar si estos se encuentran por encima o por debajo de la frecuencia del sonido dominante del acúfeno del paciente. Para esta etapa se utilizan 16 sonidos que cubren los rangos de frecuencia entre 440 Hz y 14.000 Hz. El tamaño de la etapa es un tercio de una octava (aproximadamente el 25% de la diferencia relativa con respecto a los siguientes sonidos de prueba).
- Inicialmente, el método y su secuencia se explican al paciente.
- Para limitar el espectro aguas abajo se inicia con la frecuencia más baja de 440 Hz y se solicita al paciente que adapte la amplitud del sonido reproducido de tal manera que el sonido sea tan alto como el sonido dominante de su acúfeno. Se pregunta al paciente si el sonido dominante de su acúfeno se encuentra más bajo o más alto que la

frecuencia del sonido reproducido. Si el sonido dominante del acúfeno es más alto, se introduce una flecha dirigida hacia arriba en la columna proporcionada para la etapa 1 en la tabla que se muestra en la Figura 2. Si el sonido dominante del acúfeno es más bajo, se introduce una flecha dirigida hacia abajo en la tabla. El proceso se repite con la siguiente frecuencia de 550 Hz y también con la frecuencia posterior de 700 Hz.

5 Cuando el paciente indica que el sonido dominante del acúfeno es más bajo que un sonido del espectro inferior (440 Hz, 550 Hz, 700 Hz,...), esto significa que cuando la flecha gira su dirección (desde arriba hacia abajo) se termina la prueba para el espectro inferior.

10 Para limitar el espectro hacia arriba, se comienza con la frecuencia más alta de 14.000 Hz. El sonido se reproduce al paciente y se le pide al paciente que combine la amplitud de un sonido de tal manera que el volumen del sonido externo se corresponde con la amplitud del sonido dominante del acúfeno. Se pregunta al paciente si la frecuencia del sonido dominante del acúfeno es más baja o más alta que la frecuencia del sonido externo. Si el sonido dominante del acúfeno es mayor, se introduce una flecha dirigida hacia arriba en la columna proporcionada para la etapa 1 de la tabla que se muestra en la Figura 2. Si el sonido dominante del acúfeno es más bajo, se introduce una flecha dirigida hacia abajo en la tabla.

15 El proceso, como se describió anteriormente, se repite con la segunda frecuencia más alta de 12.500 Hz y posteriormente con la tercera frecuencia más alta de 11.200 Hz.

20 Cuando el paciente determina que el sonido dominante del acúfeno es más alto que el sonido del espectro superior (14.000 Hz, 12.500 Hz, 11.200 Hz,...), esto significa cuando la dirección de la flecha se invierte (de abajo a hacia arriba) entonces la prueba se termina para el espectro superior.

25 Como ejemplo para esta medición, las flechas ejemplares para la comparación de frecuencia se introducen en la tabla ilustrada en la Figura 3.

30 Como resultado, la etapa 1 proporciona dos números: el umbral inferior y el umbral superior. En el ejemplo de la Figura 3, el umbral inferior equivale a 880 Hz y el umbral superior a 5.600 Hz, esto significa que se determina la frecuencia precisamente antes del cambio de dirección de la flecha.

35 Una vez que el espectro de frecuencias se ha limitado en la etapa 1, se realiza una medición de similitud en la etapa 2. En esta etapa se reproducen los sonidos de prueba, en los que el paciente debe indicar la similitud con respecto a la frecuencia del sonido dominante de su acúfeno. Para este propósito, se ofrece una escala ejemplar de 0 a 10: 0 significa que no hay similitud en el sentido de que ambos sonidos son completamente diferentes, y 10 significa una gran similitud en el sentido de que ambos sonidos son idénticos. Antes de poder evaluar la similitud, la amplitud del sonido de prueba debe ajustarse a la misma amplitud del sonido dominante del acúfeno del paciente. El tamaño de la etapa es un tono completo (parte inferior de la escala de frecuencia, aproximadamente el 12% de diferencia relativa) o un tono medio (parte superior de la escala de frecuencia, aproximadamente el 6% de diferencia relativa).

40 Inicialmente, el método y su procedimiento se explicarán al paciente.

45 Se empieza posteriormente con la frecuencia más baja dentro de la limitación (880 Hz). Se reproduce el sonido y se le pide al paciente que ajuste la amplitud del sonido de tal manera que el sonido externo sea tan fuerte como el sonido dominante del acúfeno del paciente. Se le pregunta al paciente qué tan similar es este sonido externo con respecto al sonido dominante de su acúfeno. Se le pide al paciente que declare esto con referencia a la escala de 0 a 10, en donde 0 significa que no hay similitud y 10 significa conformidad completa. La evaluación del paciente se inserta en la casilla correspondiente de la tabla con una "X".

50 El proceso anterior se repite con un sonido diferente dentro de la limitación, por ejemplo, 2.800 Hz. Se continúa durante un tiempo hasta que los valores de similitud se determinan para todos los sonidos y se introducen en la tabla.

55 Si el paciente no está seguro con respecto a un valor de similitud, la medición de similitud se repite para el sonido correspondiente y el antiguo valor de similitud posiblemente sea reemplazado por un nuevo valor de similitud.

60 Un ejemplo de tal medición de similitud se ilustra en la Figura 3, allí se introducen valores de similitud ejemplares con "X". En este ejemplo, los sonidos de prueba se usaron dentro de la limitación de 880 Hz a 5.600 Hz determinada en la etapa 1. Todos los demás sonidos que son más pequeños de 880 Hz o más grandes de 5.600 Hz se han cancelado. Para cada sonido de prueba, la similitud se indica con una "X". En el presente ejemplo, el sonido de prueba de 3.140 Hz tiene el valor de similitud más alto con respecto al sonido dominante del acúfeno. La determinación de esta frecuencia es el resultado de la etapa 2.

65 En la siguiente etapa 3, se realiza una comparación de sonido por pares en esta etapa trabajo, se reproducen pares de sonido para el paciente en una escala más fuertemente diferenciada, en la que el paciente decidirá cuál de los dos sonidos respectivos es más similar al sonido dominante del acúfeno percibido con respecto al tono. Para este

## ES 2 710 009 T3

propósito, por ejemplo, se seleccionan ocho sonidos que se agrupan alrededor del sonido que tiene el valor de similitud más alto determinado en la etapa 2 (en la tabla de ejemplo de la Figura 3, este es el sonido de 3.140 Hz) y luego se combinan en pares. El tamaño de la etapa es un tono medio (parte inferior de la escala de frecuencia, aproximadamente el 6% de diferencia relativa) o un cuarto de tono (parte superior de la escala de frecuencia, aproximadamente el 3% de diferencia relativa).

Inicialmente el método y su procedimiento se explican al paciente.

En una primera comparación de sonido por pares, ocho sonidos se comparan por pares con respecto a otros que se mencionan en la primera columna de la etapa 3 en la tabla de la Figura 3 con A1, B1, C1, D1, A2, B2, C2, D2 y cuyo rango de frecuencia es de 2.640 Hz a 3.950 Hz.

El primer par de sonido se forma a partir del primer y el quinto sonido, que se mencionan en la Figura 3 con A1 respectivamente A2. Se reproduce el sonido A1 (2.640 Hz) y se solicita al paciente que ajuste la amplitud de este sonido de tal manera que el sonido externo sea tan alto como el sonido dominante del acúfeno percibido. Este sonido se llama "sonido 1".

Además, se reproduce el sonido A2 (3.320 Hz) para el paciente y se solicita de nuevo al paciente que ajuste la amplitud de este sonido de tal manera que el sonido sea tan fuerte como el sonido dominante del acúfeno. Este sonido se denomina "sonido 2".

Se hace un cambio entre los sonidos en el que los sonidos se denominan siempre respectivamente "sonido 1" respectivamente "sonido 2". Se pregunta al paciente qué sonido es más similar al sonido dominante de su acúfeno. El sonido más similar se marca en la tabla con "+" y el sonido menos similar se marca con "-".

El segundo par se forma a partir del segundo y el sexto sonidos que se mencionan en la Figura 3 con B1 respectivamente B2. El segundo par de sonidos se investiga de la misma manera que el primer par de sonido.

Posteriormente, se procede como se describe anteriormente con el tercer par de sonidos (C1 y C2) y el cuarto par de sonidos (D1 y D2).

En la primera comparación de sonido por pares, se determinaron cuatro sonidos que están marcados con "+" en la primera columna de la etapa 3 en la Figura 3. Estos sonidos se utilizan con el propósito de formar los pares de sonido para la segunda comparación de sonido por pares. Todos los demás sonidos son cancelados.

El primer par de sonidos de la comparación de sonido por pares está compuesto por los "ganadores" de A1/A2 y C1/C2 de la primera comparación de sonido por pares. En la tabla ejemplar de la Figura 3 estos son los sonidos con 2.960 Hz y 3.320 Hz. La investigación de este par de sonidos tiene lugar de la misma manera que se describió anteriormente.

El segundo par de sonidos del segundo par de comparación de sonido se compone de los "ganadores" de B1/B2 y D1/D2 de la primera comparación de sonido de par. En la tabla ejemplar de la Figura 3, estos son los sonidos con 3.140 Hz y 3.500 Hz. La investigación de este par de sonidos ahora tiene lugar de la misma manera que se describió anteriormente.

Como resultado de la segunda comparación de sonido por pares, dos sonidos se marcaron con "+". En la tabla ejemplar de la Figura 3 estos son los sonidos con 3.320 Hz y 3.500 Hz. Estos dos sonidos forman el par para la tercera y última comparación de sonido por pares. La investigación del par de sonido se realiza de nuevo de la misma manera que en las investigaciones de comparación descritas anteriormente.

El ganador de la última comparación en la tabla ejemplar ilustrada en la Figura 3 es el sonido con 3.320 Hz, y es el resultado de la etapa 3.

Además, es plausible desviarse del método descrito anteriormente en la etapa 3. En lugar de dejar que el paciente decida entre dos sonidos que se reproducen, el par de sonidos, una medición de similitud para cada uno de los dos sonidos, también se puede realizar en la etapa 2. El sonido que tiene un valor de similitud respectivamente mayor se usa para formar el siguiente par y el sonido que tiene el valor más bajo se cancela para la siguiente fase de comparación.

En la etapa 4, finalmente, se realiza un ajuste preciso del sonido externo dentro de límites ajustados estrechamente para lograr una aproximación lo más grande posible del sonido dominante del acúfeno. Dentro de los límites ajustados en este sentido significa  $\pm 5\%$ . De forma correspondiente para el presente ejemplo, se lleva a cabo un ajuste preciso para el intervalo de 3.140 a 3.500 Hz, que son las frecuencias de los dos sonidos adyacentes de la etapa 3. El tamaño de la etapa dentro de este intervalo es flexible (aproximadamente el 1% de precisión).

Inicialmente el método y su procedimiento se explican al paciente.

A continuación, se reproduce un sonido con la frecuencia determinada en la etapa 3 (en la tabla de la Figura 3, este es 3.320 Hz), y se solicita al paciente que ajuste la amplitud de este sonido de manera que se corresponda con la amplitud del sonido dominante del acúfeno que percibe.

5 Posteriormente, el paciente puede ajustar la frecuencia del sonido dentro del límite ajustado, por ejemplo, con la ayuda de un botón giratorio. El paciente debe finalizar el ajuste preciso tan pronto como el sonido externo se ajuste idealmente a la frecuencia del sonido dominante del acúfeno. Esta frecuencia se inserta en la tabla en la etapa 4 como resultado del método descrito en el presente documento. En la tabla ejemplar ilustrada en la Figura 3, la

10 frecuencia determinada en la etapa 4 es de 3.290 Hz.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (1) para determinar la frecuencia de al menos un sonido dominante de un acúfeno percibido por un paciente, comprendiendo el aparato

- 5 - un generador de sonido (2) para la reproducción de sonidos,
- una unidad de entrada (3) para ingresar evaluaciones de los sonidos reproducidos por el paciente, y
- una unidad de control y análisis (4) acoplada al generador de sonido (2) y a la unidad de entrada (3), estando la unidad de control y análisis configurada para realizar una medición de similitud y una comparación de sonido por pares, en el que
- 10 - la unidad de control y análisis (4) controla el generador de sonido (2) para la medición de similitud de tal manera que este reproduce los sonidos uno tras otro, y la unidad de control y análisis (4) recibe, después de la reproducción de un sonido, la evaluación de la entrada del paciente en la unidad de entrada (3) con respecto a la similitud del sonido respectivo con el al menos un sonido dominante del acúfeno,
- 15 - la unidad de control y análisis (4) controla el generador de sonido (2) para la comparación de sonido por pares de tal manera que este reproduce pares de sonidos uno tras otro, y la unidad de control y análisis (4) recibe, después de la reproducción de un par, una evaluación de la entrada del paciente en la unidad de entrada (3) sobre qué sonido del par respectivo es más similar a al menos un sonido dominante del acúfeno,

20 **caracterizado por que**

- la unidad de control y análisis (4) está configurada para combinar los resultados de la medición de similitud y de la comparación de sonido por pares y, en base a ello, determinar al menos un sonido que tiene una frecuencia que es muy similar a la frecuencia de al menos un sonido dominante del acúfeno,
- 25 - la unidad de control y análisis (4) está configurada para determinar, como resultado de la medición de similitud, un sonido que tiene una frecuencia que es muy similar a la frecuencia de al menos un sonido dominante del acúfeno de acuerdo con el medición de similitud, y
- 30 la unidad de control y análisis (4) está configurada para controlar el generador de sonido (2) de tal manera que este genera sonidos para la comparación de sonido por pares que se encuentran dentro de un rango de frecuencia predefinido en torno a la frecuencia del sonido determinado como resultado de la medición de similitud, que tiene la frecuencia que es más similar a la frecuencia de al menos un sonido dominante del acúfeno de acuerdo con la medición de similitud.

35 2. El aparato (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de control y análisis está configurada para realizar análisis de la medición de similitud y la comparación de sonido por pares en una secuencia predefinida, en el que el resultado del análisis realizado primero se usa como un valor inicial para un análisis posterior.

40 3. El aparato (1) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que los sonidos que el generador de sonido (2) reproduce para la medición de similitud y la comparación de sonido por pares se seleccionan respectivamente de sonidos predefinidos y una separación de frecuencia de sonidos predefinidos adyacentes es mayor para el análisis realizado primero que la separación de frecuencia de sonidos predefinidos adyacentes para el análisis posterior.

45 4. El aparato (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de control y análisis (4) está configurada para determinar al menos un sonido como resultado de la comparación de sonido por pares que tiene una frecuencia que es muy similar a la frecuencia de al menos un sonido dominante del acúfeno de acuerdo con la comparación de sonido por pares.

50 5. El aparato (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de control y análisis (4) está configurada para seleccionar, durante la comparación de sonido por pares, aquellos sonidos de los pares de sonidos reproducidos que son más similares a el al menos un sonido dominante del acúfeno de acuerdo con la evaluación del paciente, y la unidad de control y análisis (4) combina los sonidos seleccionados para los pares de sonidos posteriores.

55 6. El aparato (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, para la medición de similitud y/o la comparación de sonido por pares, la similitud del sonido se evalúa por el paciente basándose en un grado de similitud psicofísico, en particular con respecto al tono y/o volumen y/o timbre.

60 7. El aparato (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un sonido respectivo que se reproduce al paciente para la medición de similitud depende de la evaluación realizada por el paciente de un sonido reproducido previamente, y/o en el que un par respectivo de sonidos que se reproduce al paciente para la comparación por pares depende de la evaluación realizada por el paciente de un par de sonidos reproducidos previamente.

65 8. El aparato (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de control (4) está configurada para controlar el generador de sonido (2) para reproducir al menos un sonido y el paciente ajusta un nivel de volumen del al menos un sonido a través de la unidad de entrada, de tal forma que el nivel de

volumen ajustado del menos un sonido corresponde a un nivel de volumen del al menos un sonido dominante del acúfeno percibido por el paciente, en el que la unidad de control (4) está configurada además para controlar el generador de sonido (2) de tal forma que el nivel de volumen de los sonidos reproducidos para la medición de similitud y/o la comparación de sonido por pares coincida con el nivel de volumen ajustado por el paciente.

5 9. El aparato (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de control y análisis (4) está configurada para realizar una estimación aproximada de la frecuencia del al menos un sonido dominante del acúfeno percibido por el paciente, para lo cual la unidad de control (4) controla el generador de sonido (2) de tal forma que el generador de sonido (2) reproduce los sonidos uno tras otro, y la unidad de control y análisis (4) recibe, después de la reproducción de un sonido, la entrada de evaluación por el paciente en la unidad de entrada (3) acerca de si la frecuencia del sonido respectivo es mayor o menor que la frecuencia del al menos un sonido dominante del acúfeno.

15 10. El aparato de acuerdo con la reivindicación 9, en el que, basándose en la estimación aproximada de la frecuencia del al menos un sonido dominante del acúfeno percibido por el paciente, la unidad de control y análisis (4) está configurada para determinar un rango de frecuencia y controlar el generador de sonido (2) para la medición de similitud y/o la comparación de sonido por pares de manera que el generador de sonido (2) reproduce los sonidos o pares de sonidos del rango de frecuencia determinado.

20 11. Un método para determinar una frecuencia de al menos un sonido dominante de un acúfeno percibido por un paciente, en el que:

25 - se realiza una medición de similitud, en la que los sonidos se reproducen uno tras otro para el paciente y el paciente evalúa, después de la reproducción de un sonido, una similitud del sonido respectivo con el al menos un sonido dominante del acúfeno;

- se realiza una comparación de sonido por pares, en la que los pares de sonidos se reproducen uno tras otro para el paciente y el paciente evalúa, después de reproducir un par, qué sonido del par respectivo es más similar al menos al un sonido dominante del acúfeno;

30 - los resultados de la medición de similitud y la comparación de sonido por pares se combinan y, basándose en los mismos, se determina al menos un sonido, que tiene una frecuencia que es muy similar a la frecuencia del al menos un sonido dominante del acúfeno;

- como resultado de la medición de similitud, se determina un sonido, que tiene una frecuencia que es muy similar a la frecuencia del al menos un sonido dominante del acúfeno de acuerdo con la medición de similitud;

35 y  
- los sonidos se reproducen para la comparación de sonido por pares, encontrándose los sonidos dentro de un rango de frecuencia predefinido en torno a la frecuencia del sonido determinada como resultado de la medición de similitud, que tiene la frecuencia más similar a la frecuencia del al menos un sonido dominante del acúfeno de acuerdo con la medición de similitud.

40 12. Software para ejecución en un sistema de procesamiento de datos de un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el software:

- genera señales de control para controlar un generador de sonido (2) para la reproducción de sonidos,

45 - recibe evaluaciones de los sonidos reproducidos por el paciente desde una unidad de entrada (3), controla el generador de sonido (2) para una medición de similitud de tal manera que este reproduce los sonidos uno tras otro y, después de la reproducción de un sonido, recibe la evaluación del paciente de la unidad de entrada (3) con respecto a la similitud del sonido respectivo con el al menos un sonido dominante del acúfeno,

50 - controla el generador de sonido (2) para una comparación de sonido por pares de tal manera que este reproduce pares de sonidos uno tras otro, y, después de reproducir un par, recibe una evaluación del paciente desde la unidad de entrada (3) sobre que sonido del par respectivo es más similar al menos a un sonido dominante del acúfeno,

**caracterizado por que**

55 - combina los resultados de la medición de similitud y de la comparación de sonido por pares y, en base a ello, determina al menos un sonido que tiene una frecuencia que es muy similar a la frecuencia de al menos un sonido dominante del acúfeno,

60 - determina, como resultado de la medición de similitud, un sonido que tiene una frecuencia que es muy similar a la frecuencia del al menos un sonido dominante del acúfeno de acuerdo con la medición de similitud,

y  
- controla el generador de sonido (2) de tal forma que esto genera sonidos para la comparación de sonidos por pares que se encuentran dentro de un rango de frecuencia predefinido en torno a la frecuencia del sonido determinada como resultado de la medición de similitud, que tiene la frecuencia más similar a la frecuencia del al menos un sonido dominante del acúfeno de acuerdo con la medición de similitud.

65

Fig.1

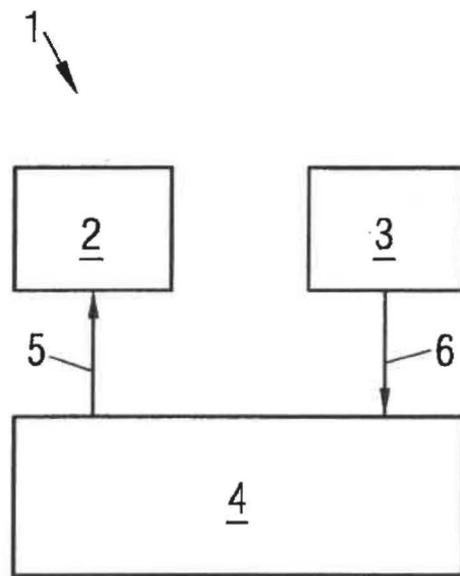


Fig.2

Etapa 1: limitación		Etapa 2: medición de similitud										Etapa 3: Comparación por pares				Etapa 4: Ajuste preciso			
	↕/↗	El valor de la similitud se marcará con una X											+/-	+/-	+/-	+/-	Resultado final		
440		440	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	440					
		500	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	470					
														490					
550		550	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	520					
														550					
		620	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	590					
														620					
700		700	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	660					
														700					
		780	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	740					
														780					
880		880	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	830					
														880					
		990	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	930					
														990					
1110		1110	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1050					
														1110					
		1250	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1180					
														1250					
1400		1400	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1320					
														1400					
		1570	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1480					
														1570					
1760		1760	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1660					
														1760					
		1980	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1870					
														1980					
2220		2220	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2090					
														2220					
		2500	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2350					
														2500					
2800		2800	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2640					
														2800					
		3140	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2960					
														3140					
3500		3500	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	3320					
														3500					
		3950	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	3730					
														3950					
4400		4400	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	4200					
														4400					
		5000	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	4700					
														5000					
														5300					

Fig.2

Etapa 1: limitación		Etapa 2: medición de similitud										Etapa 3: Comparación por pares				Etapa 4: Ajuste preciso			
	↓/↑	El valor de la similitud se marcará con una X											+/-	+/-	+/-	+/-	Resultado final		
5600		5600	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	5600					
		5900	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	5750					
		6300	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	5900					
6300		6600	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6100					
		7000	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6300					
		7500	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6500					
7000		7900	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6600					
		8400	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6800					
		8900	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7000					
7900		9400	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7200					
		10000	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7500					
		10500	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7700					
10000		11200	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7900					
		11800	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8100					
		12500	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8400					
11200		13300	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8600					
		14000	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8900					
														9100					
														9400					
														9700					
														10000					
														10200					
														10500					
														10900					
														11200					
														11500					
														11800					
														12200					
														12500					
														12900					
														13300					
														13700					
														14000					

**Fig.3**

Etapa 1: limitación		Etapa 2: medición de similitud										Etapa 3: Comparación por pares				Etapa 4: Ajuste preciso			
	↕/↗	El valor de la similitud se marcará con una X											+/	+/	+/	+/	Resultado final		
440	↗	440	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	440					
		500	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	470					
		550	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	490					
550	↗	550	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	520					
		620	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	550					
		700	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	590					
700	↗	700	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	620					
		780	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	660					
		880	0	X	2	3	4	5	6	7	8	9	10	700					
		990	0	1	2	X	4	5	6	7	8	9	10	740					
1110	↘	1110	0	1	2	3	X	5	6	7	8	9	10	780					
		1250	0	1	2	3	4	X	6	7	8	9	10	830					
		1400	0	1	2	3	4	5	6	X	8	9	10	880					
		1570	0	1	2	3	4	X	6	7	8	9	10	930					
1760		1760	0	1	2	3	X	5	6	7	8	9	10	990					
		1980	0	1	2	X	4	5	6	7	8	9	10	1050					
		2220	0	1	2	3	X	5	6	7	8	9	10	1110					
		2500	0	1	2	3	4	X	6	7	8	9	10	1180					
2800		2800	0	1	2	3	4	5	6	X	8	9	10	1250					
		3140	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X	1320					
		3500	0	1	2	3	4	5	6	7	X	9	10	1400					
		3950	0	1	2	3	4	5	6	X	8	9	10	1480					
4400	↗	4400	0	1	2	3	4	X	6	7	8	9	10	1570					
		5000	0	1	2	3	X	5	6	7	8	9	10	1660					
														1760					
														1870					
														1980					
														2090					
														2220					
														2350					
														2500					
														2640	A1:-				
														2800	B1:-				
														2960	C1:+A1:-				
														3140	D1:+B1:-				
														3320	A2:+A2:+A1:+	Resultado	3290 Hz		
														3500	B2:+B2:+A2:-				
														3730	C2:-				
														3950	D2:-				
														4200					
														4400					
														4700					
														5000					
														5300					

**Fig.3**

Etapa 1: limitación		Etapa 2: medición de similitud										Etapa 3: Comparación por pares				Etapa 4: Ajuste preciso		
	↓/↑	El valor de la similitud se marcará con una X											+/-	+/-	+/-	+/-	Resultado final	
5600	↓	5600	0	1	2	3	X	5	6	7	8	9	10	5600				
		5900	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	5750				
		6300	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	5900				
6300	↓	6300	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6100				
		6600	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6300				
		7000	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6500				
7000	↓	7000	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6600				
		7500	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6800				
		7900	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7000				
7900	↓	7900	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7200				
		8400	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7500				
		8900	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7700				
8900	↓	8900	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7900				
		9400	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8100				
		10000	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8400				
10000	↓	10000	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8600				
		10500	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8900				
		11200	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	9100				
11200	↓	11200	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	9400				
		11800	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	9700				
		12500	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10000				
12500	↓	12500	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10200				
		13300	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10500				
		14000	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10900				
14000	↓	14000	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11200				
														11500				
														11800				
														12200				
														12500				
														12900				
														13300				
														13700				
														14000				