

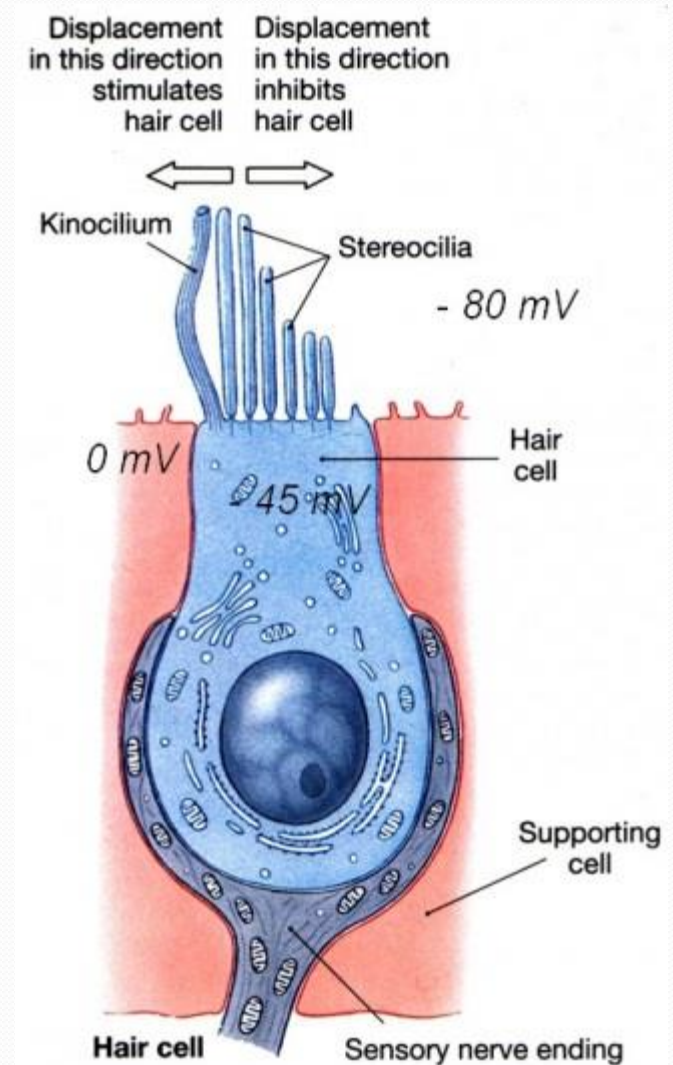
Bases Fisiológicas de los Potenciales Evocados Auditivos

Salamanca, Mayo 2018

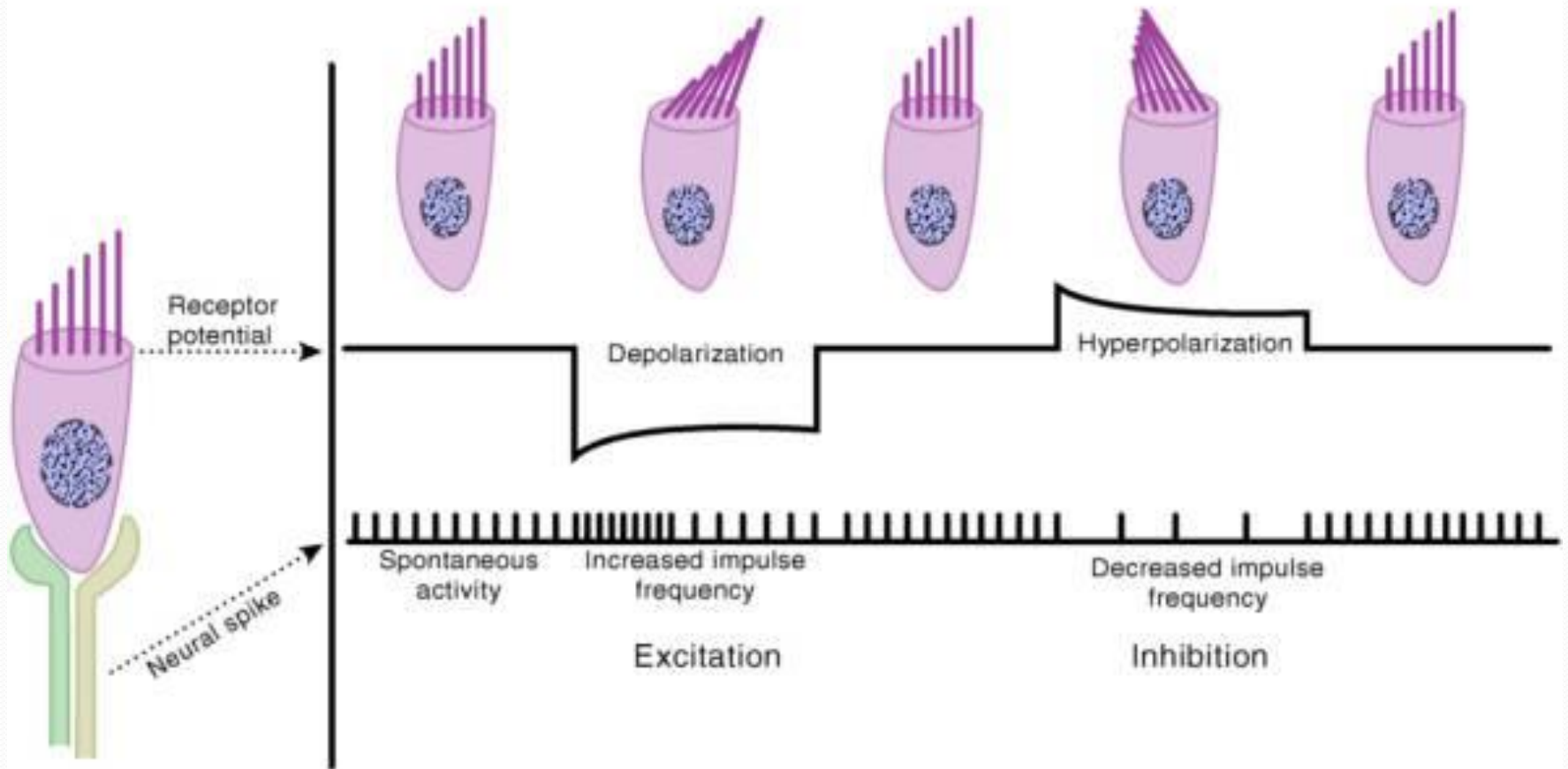
José Luis Blanco MSc

Potenciales Evocados Auditivos

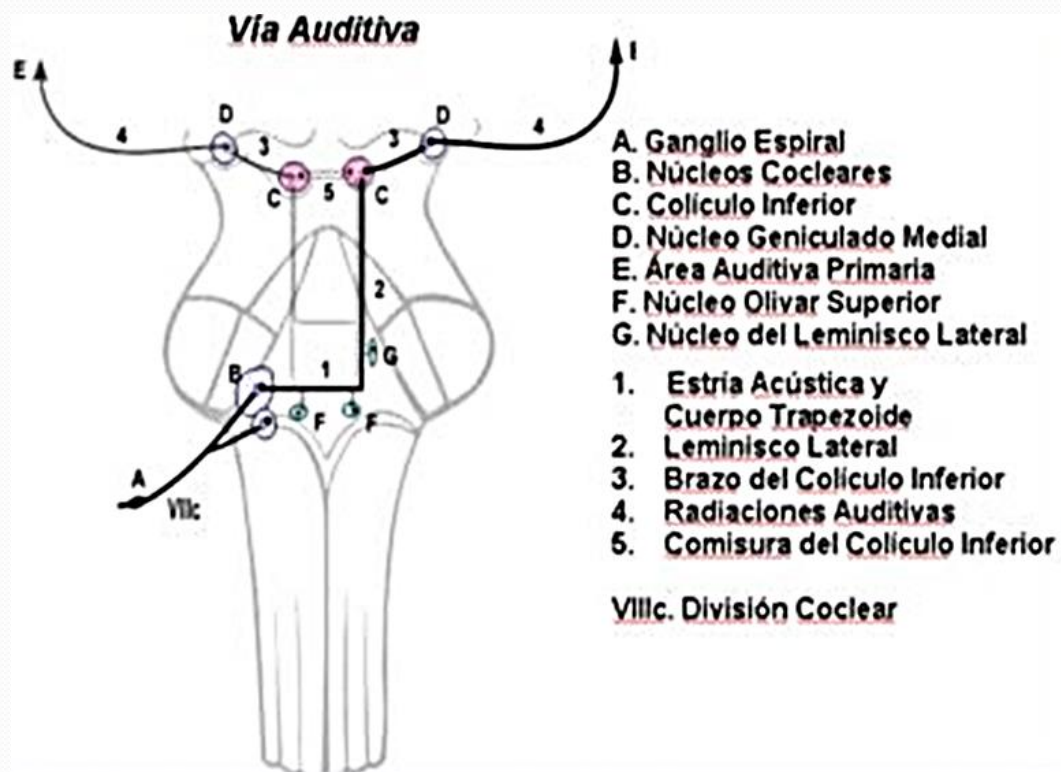
- × Se conoce como Potenciales Evocados Auditivos al registro de la actividad eléctrica generada en el nervio auditivo como respuesta a un estímulo sonoro.



Actividad celular



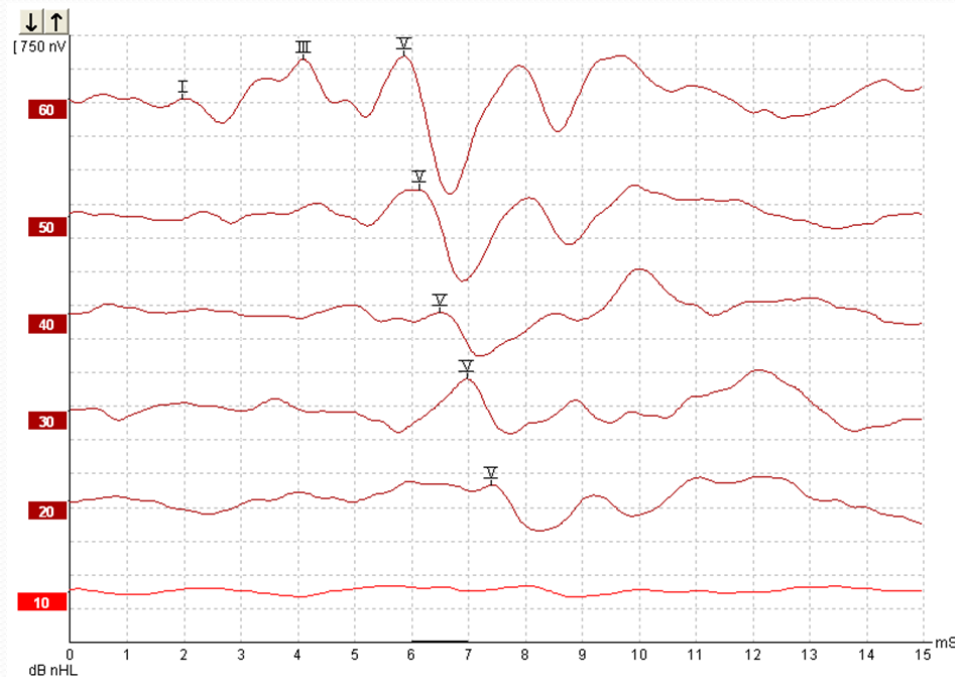
Receptor	Órgano Espiral de Corti		
1ª Sinapsis	Ganglio Espiral		
2º Sinapsis	Núcleos Cocleares: Ventral y Dorsal		
Las Fibras pueden:	Seguir por igual lado	Cruzar al lado opuesto	Cruzar el Cuerpo Trapezoide
Vía	Lemnisco Lateral	Estrías Medulares Del Piso Del IV Ventrículo	Lemnisco Lateral Opuesto
3ª Sinapsis	Colículo Inferior		
4ª Sinapsis	Núcleo Genuculado Medial		
	Radiaciones Auditivas		
Vía de Proyección Cortical	Área Auditiva Primaria		



Registro del Potencial Evocado

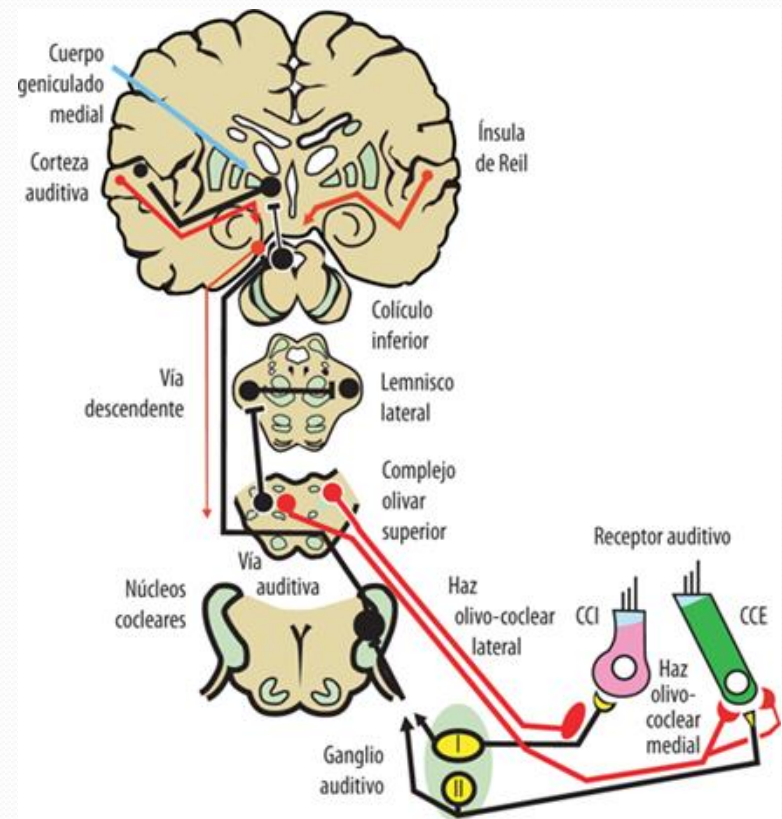
- × Si colocamos unos electrodos en la mastoides y en el vertex del paciente podemos recoger la actividad eléctrica transportada por el VIII par como respuesta a los estímulos auditivos que hemos presentado al oído estudiado.

×

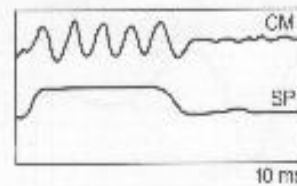
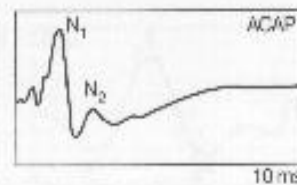
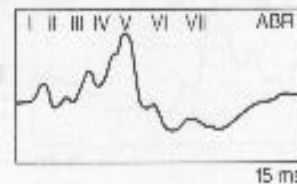
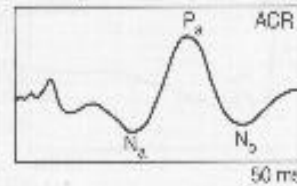
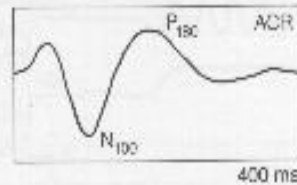
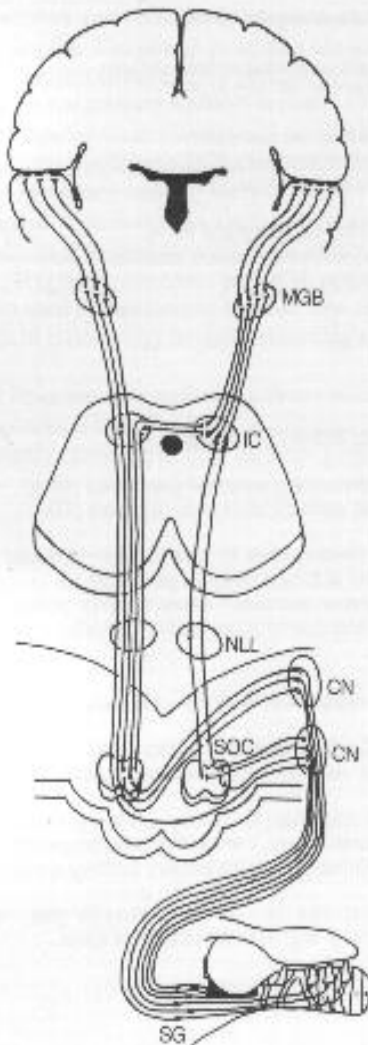


Potenciales Evocados Auditivos

- × Según el tiempo de aparición (latencia) de estos impulsos a lo largo de la vía auditiva se clasifican en:
 - Electrocoqueleografía
 - Potenciales de Tronco
 - De Latencia Media
 - Corticales



Auditory Evoked Potentials



Potenciales corticales

De latencia media

Potenciales de tronco

Electrococleografía
- Potencial de acción

- Microfónico coclear

Electrococleografía

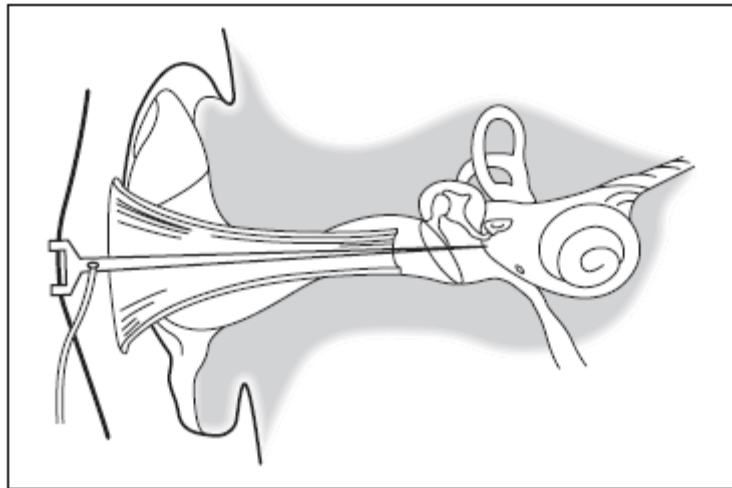


Figura 2. Colocación del electrodo transtimpánico en un registro electrococleográfico.

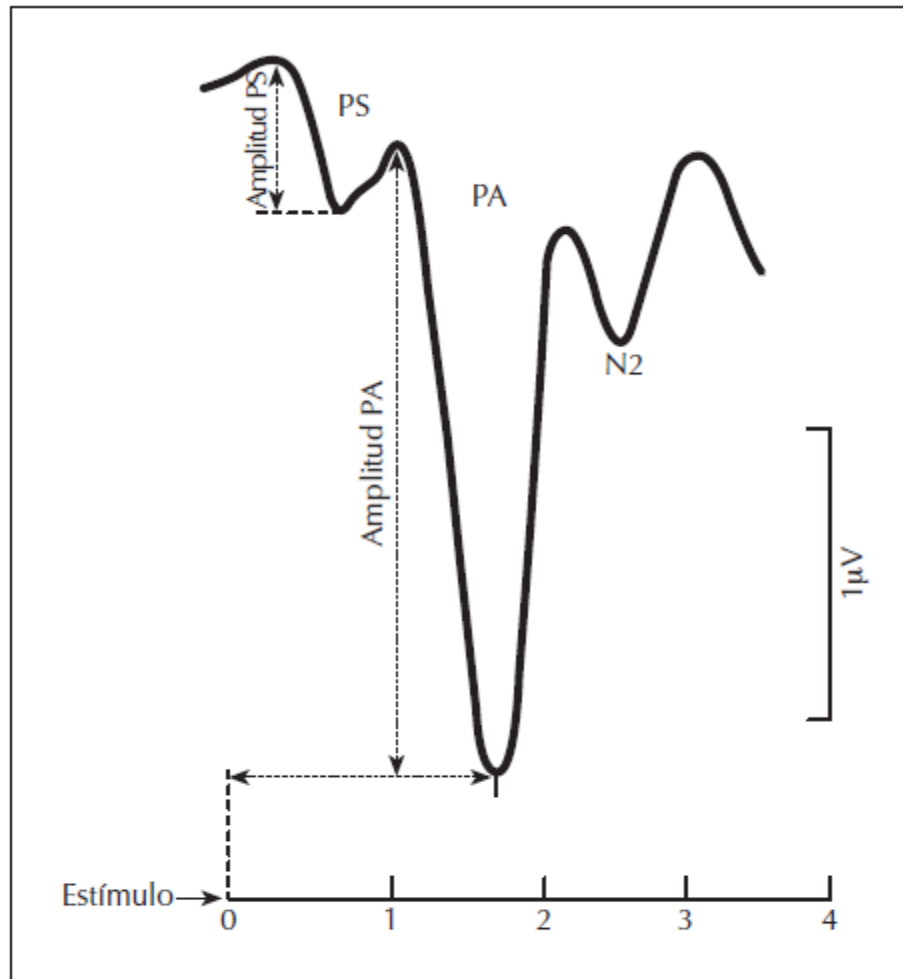
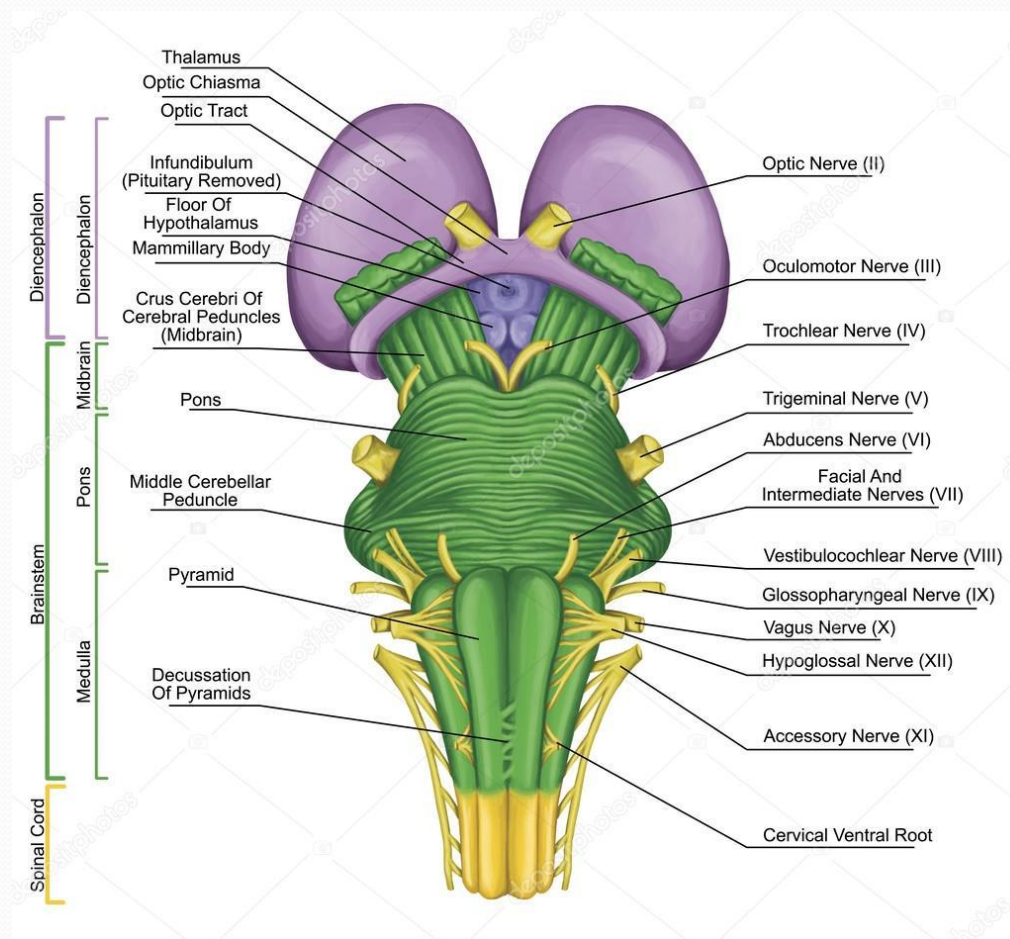


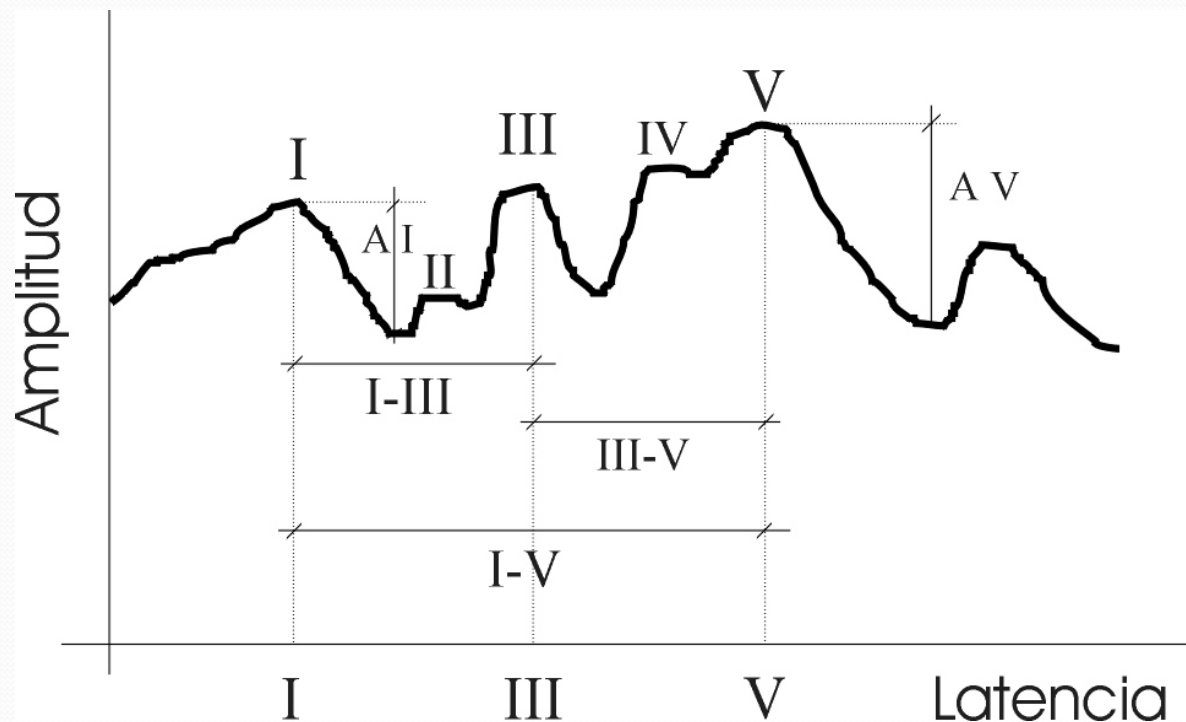
Figura 5. Registro Ecg en un normoyente en respuesta a un clic presentado a 95 dB HL. Parámetros que componen la respuesta: el potencial de sumación (PS) y el potencial de acción (PA).

Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral (PEATC)



Valoración del Registro

- × El registro obtenido se caracteriza por un patrón de picos en los que podemos valorar su amplitud y, sobre todo, el tiempo en el que aparece cada uno de ellos y que denominamos LATENCIA.
- × En una persona normoyente y para cada nivel de intensidad, los diferentes picos del registro aparecen en un momento de tiempo determinado.
- × Las ondas se numeran de menor a mayor latencia (tiempo de aparición desde que se produce el estímulo acústico) del 1 al 5, normalmente se escriben en número romanos. Las ondas I, III y V son las suelen estudiarse y de ellas la onda V es la más resistente y la que indica umbral o normalidad en las pruebas de screening.

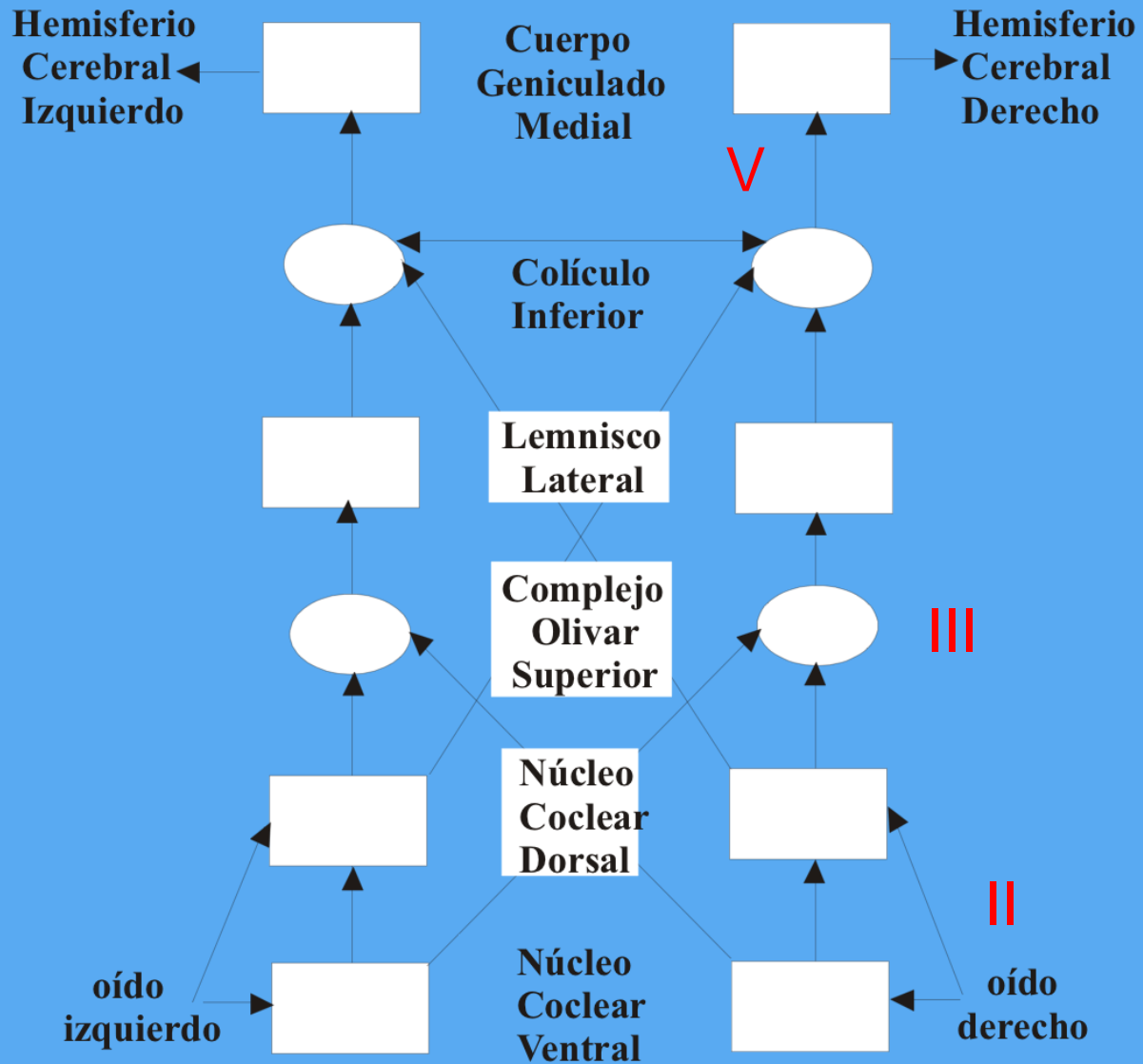


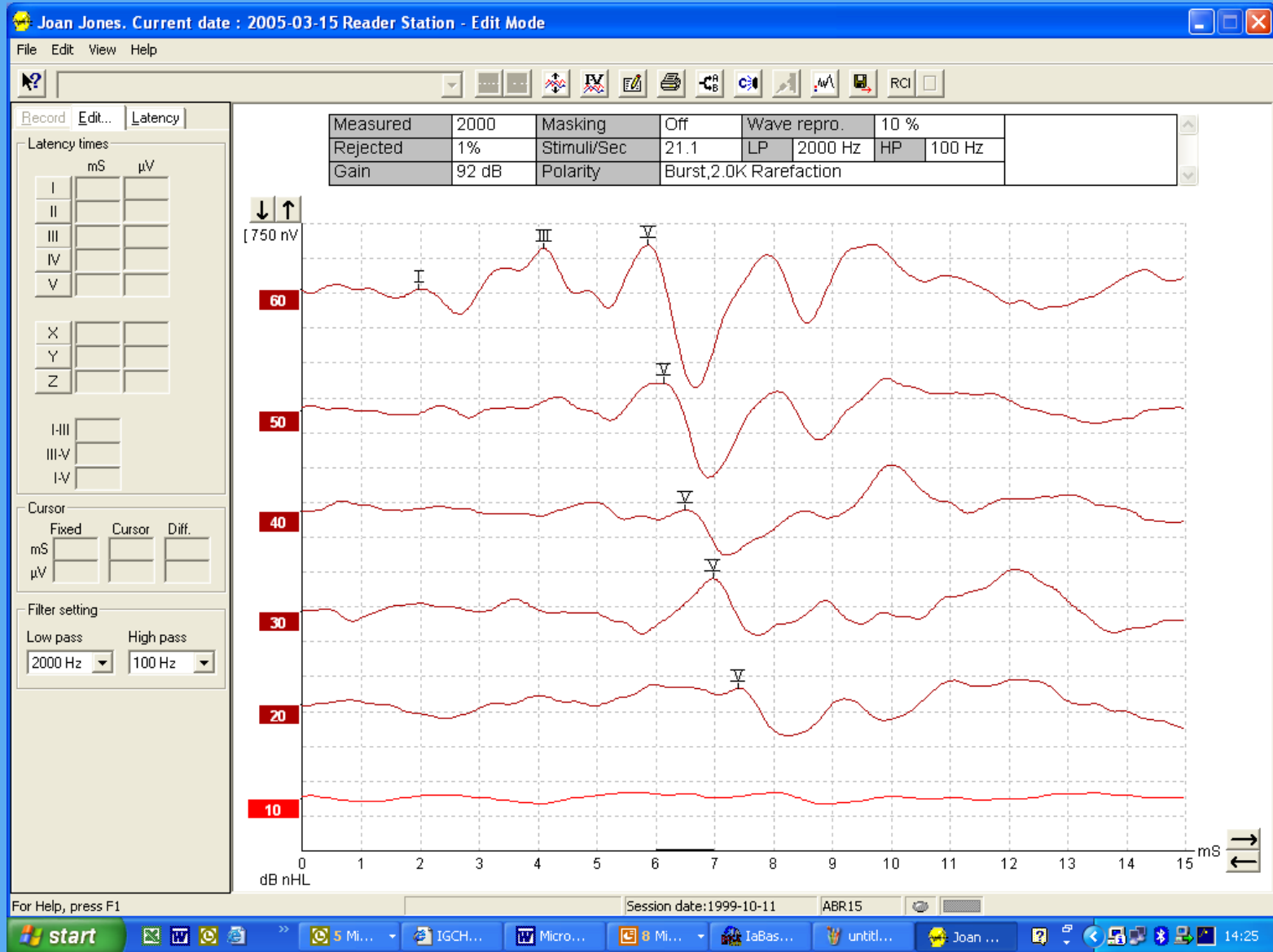
Registro de PEATC con indicación de las Ondas (I-V), de los períodos de latencia y de los períodos interlatencia (I-III, I-V, III-V).

Origen de los Potenciales Evocados

- × I Porción más periférica del VIII Par
- × II Núcleo Coclear
- × III Complejo Olivar Superior
- × IV-V Tubérculo Cuadrigémino Inferior

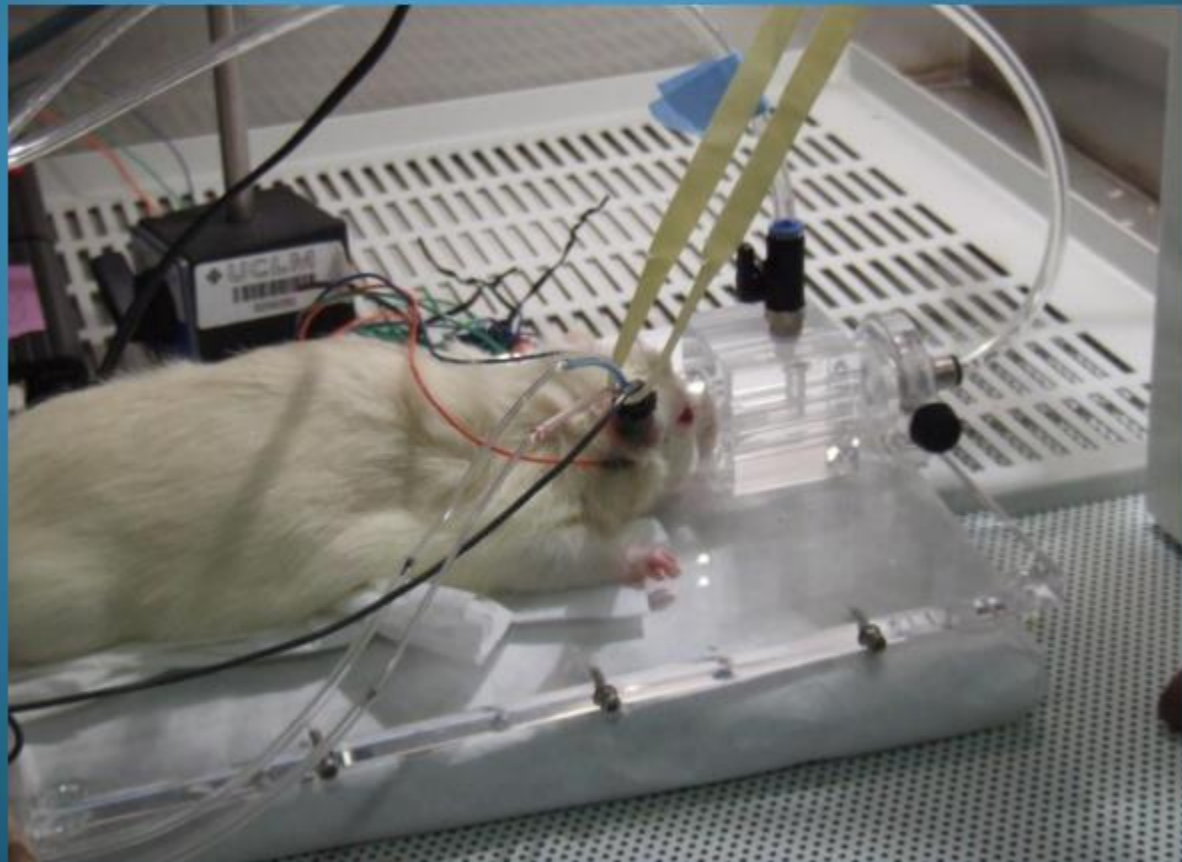
Esta localización es una generalización, no se ha determinado el origen exacto de cada una de las componentes



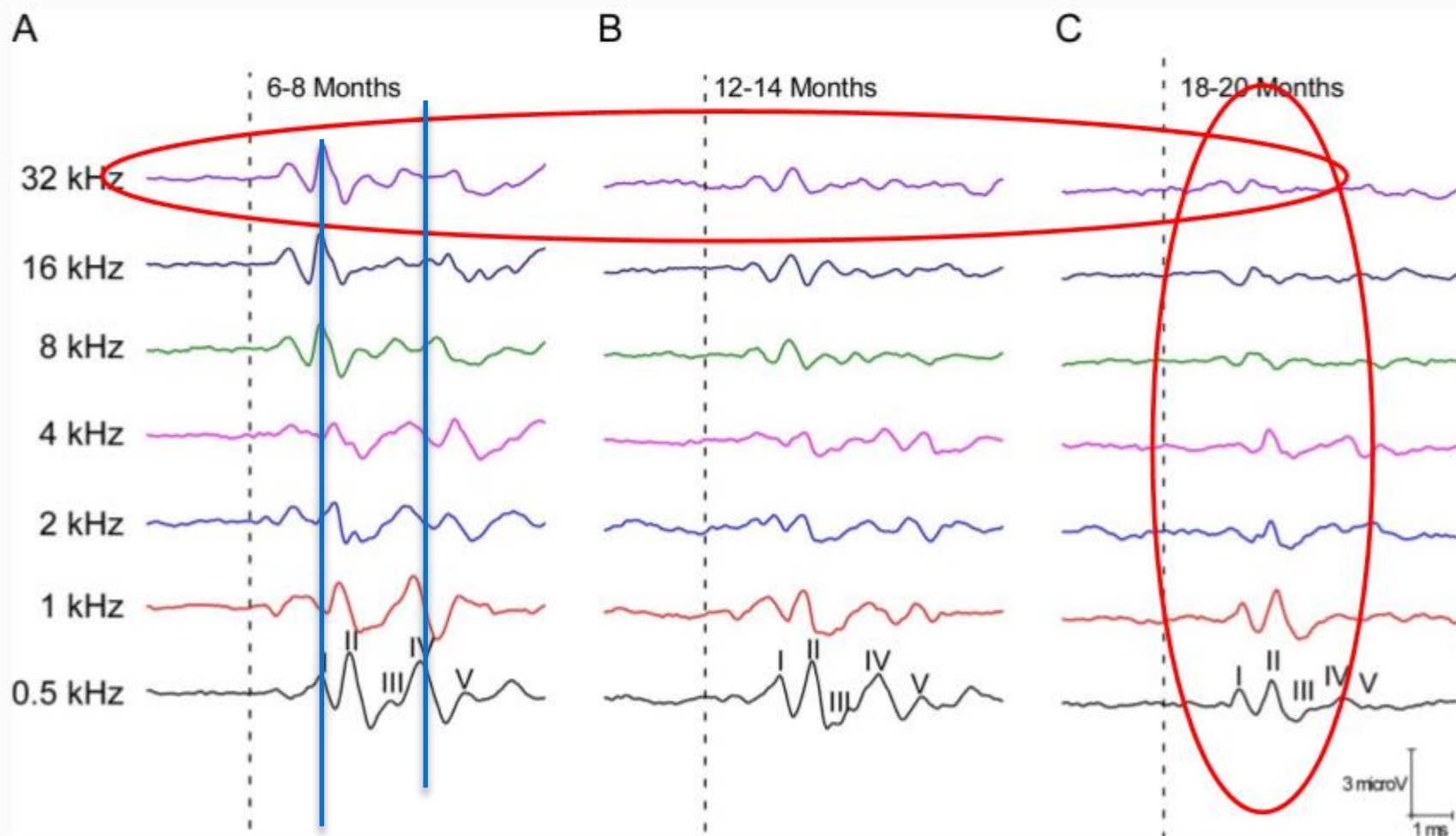


El registro de potenciales

Resultados del estudio de ABR en ratas Wistar

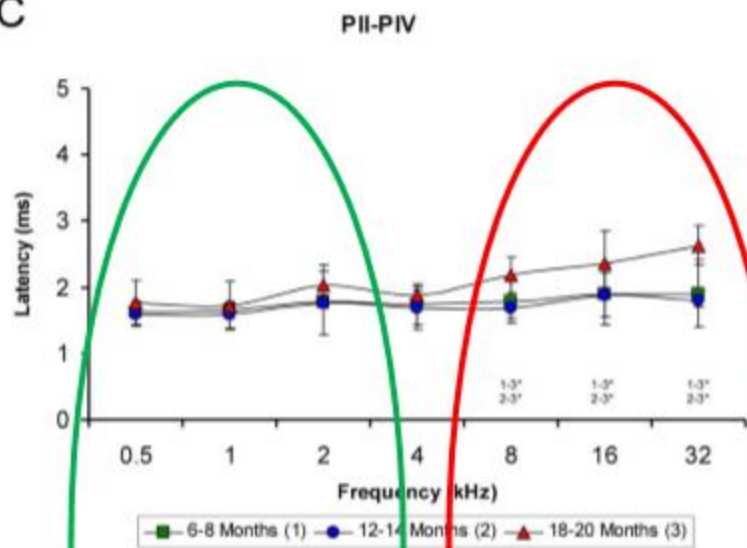


Ejemplos de ABR recogidos en cada grupo de edad a 80 dB SPL para cada una de las frecuencias

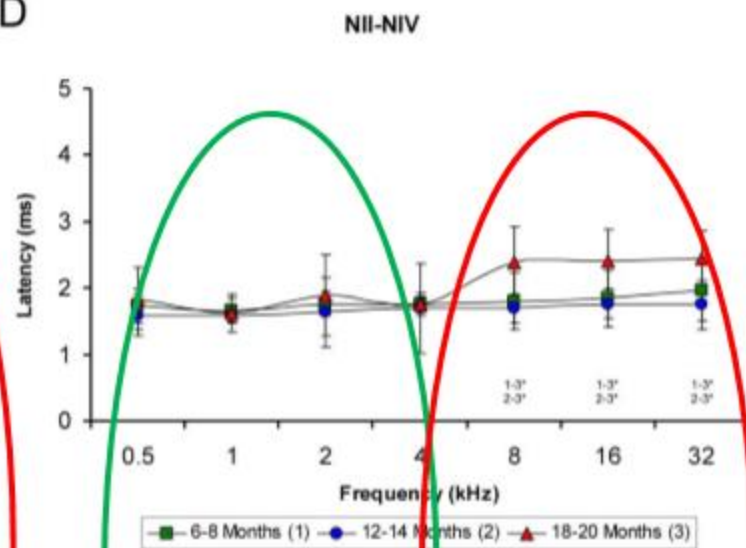


Latencias en función de la frecuencia

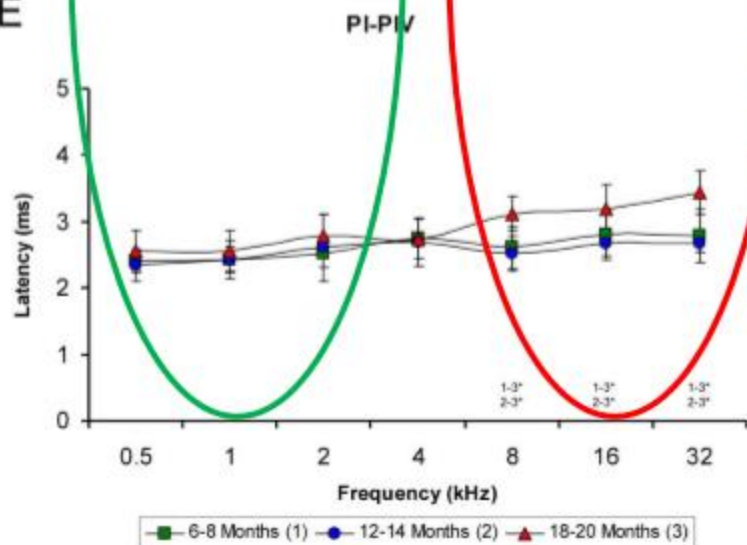
C



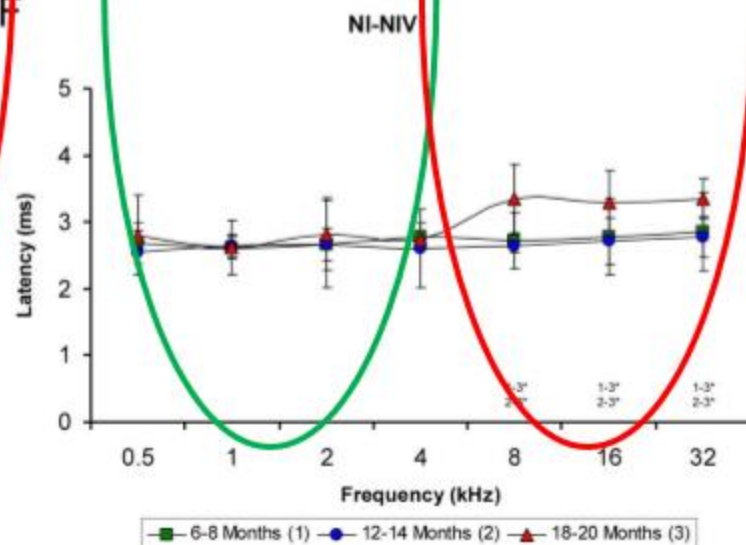
D



E

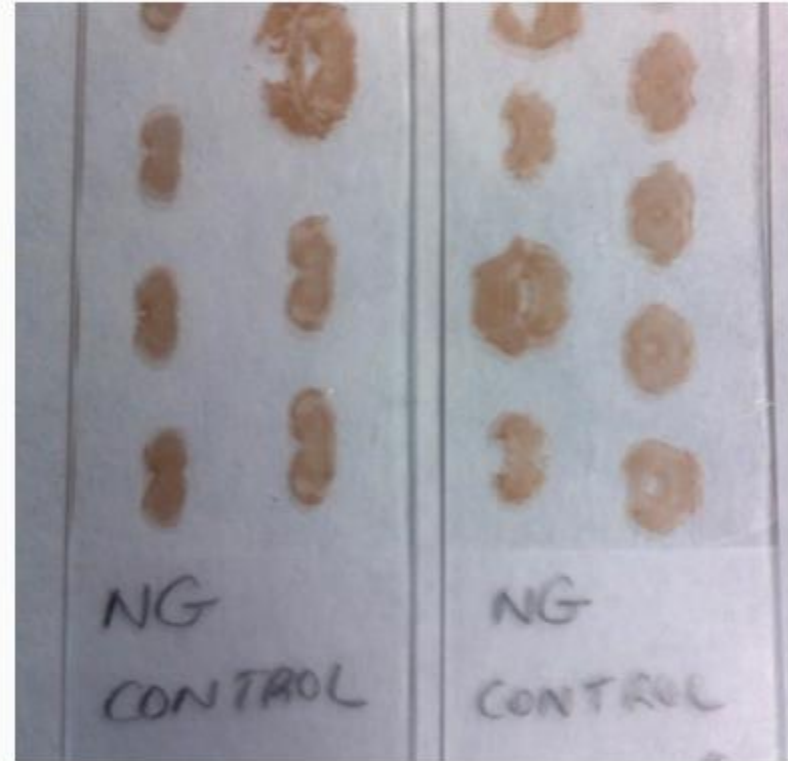


F



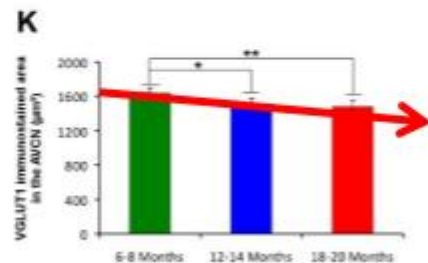
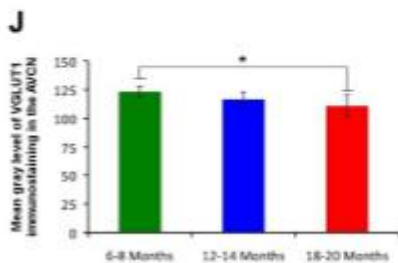
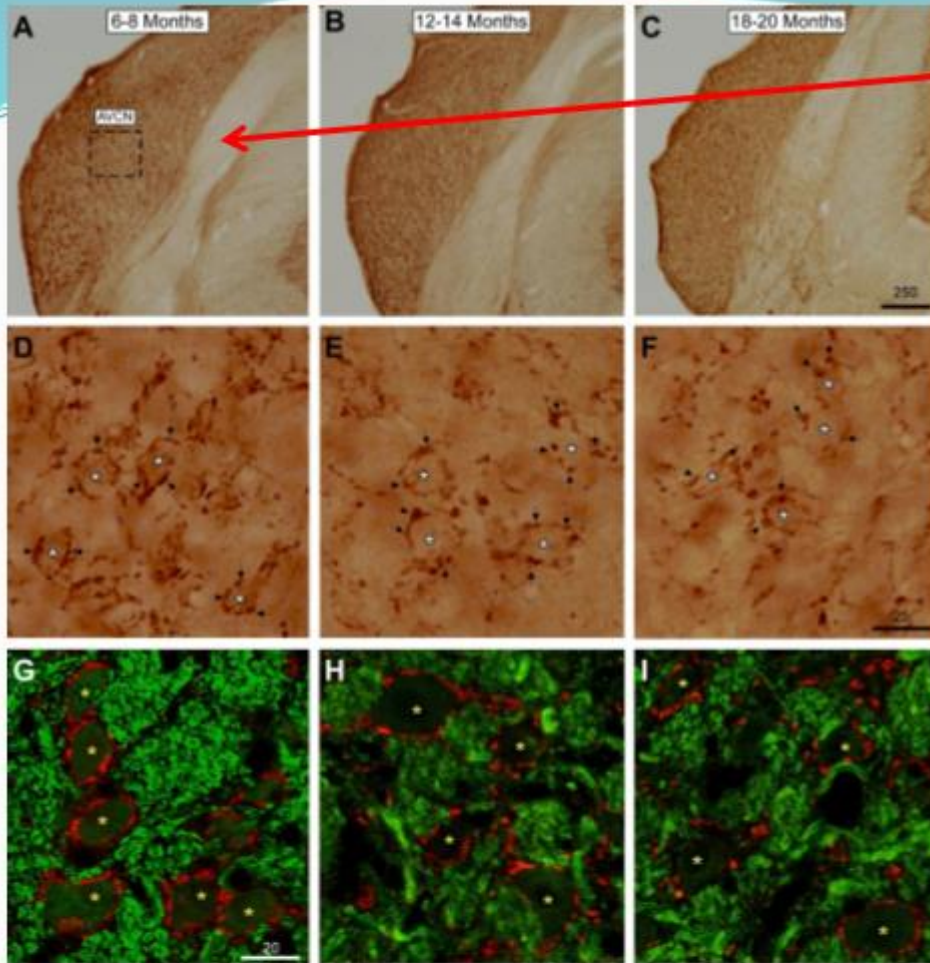
Resultados de la inmunohistoquímica

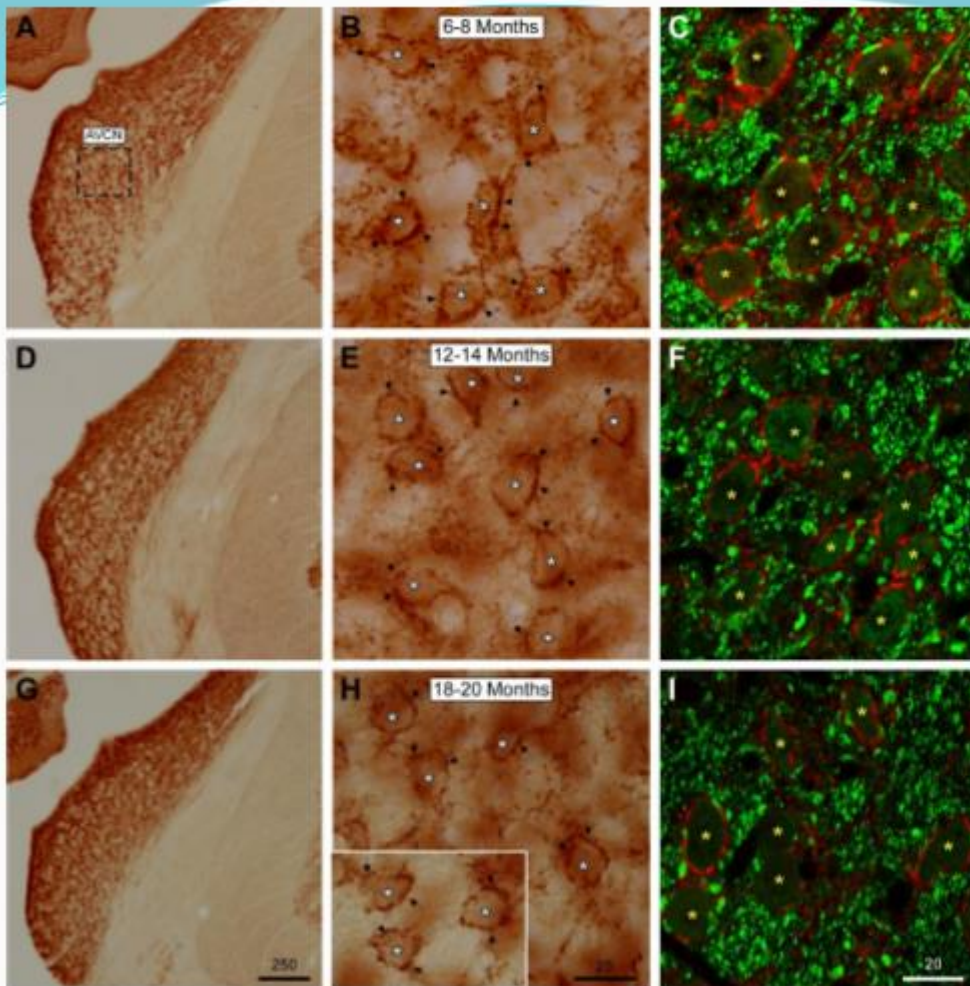
- × ¿Relación entre los resultados obtenidos en los Potenciales de Tronco Cerebral con cambios en la excitación sináptica de los canales de Glutamato, con cambios en la inhibición sináptica de los canales de GABA en los Núcleos Cocleares?



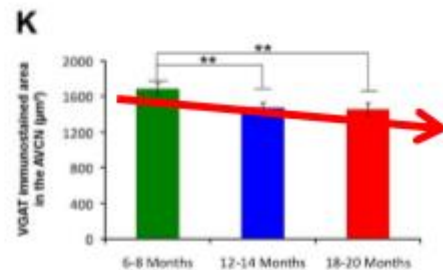
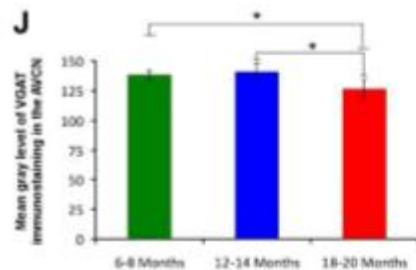
Estudio histológico del núcleo coclear ventral

Se observó una disminución tanto cualitativa como cuantitativa en la distribución del transportador vesicular de glutamato en el núcleo coclear ventral de la rata asociada a la edad.





Al igual que la distribución del transportador vesicular de glutamato, se observó una reducción tanto cualitativa como cuantitativa en la distribución del transportador vesicular de GABA y glicina en el núcleo coclear ventral de la rata asociada a la edad que era mas evidente en los animales envejecidos.



Reducción en el transportador de GABA y Glicina vesicular en el Núcleo Coclear con el aumento de la edad en la Wistar

Potenciales de latencia larga



Características:

Los potenciales evocados auditivos de larga latencia abarcan desde los 100 ms en adelante y consisten en procesos perceptuales y cognitivos resultantes de funciones corticales superiores en respuesta a un evento auditivo

Característica Perceptual

información acerca de objetos y sucesos.

construcción, consideración del entorno

Los componentes de **100 a 200 ms** están fuertemente relacionados con percepción de las características acústicas del estímulo.

Característica Cognitiva

internalización de esos objetos y sucesos

organización y uso del conocimiento acerca del entorno

Los componentes de **200 a 300 ms** se relacionan con cognición, con categorización, detecta diferencias significantes.

Los componentes **N400 y P500** se relacionan más con procesamiento semántico

Tabla de latencias de los potenciales corticales

Respuesta	Abreviatura	Latencia (mseg)
P1		50 - 75
N1, N1b (N100), N1c (N150)		80-250
P2		150 - 200
N2		200 - 400
Potenciales evocados auditivos corticales	CAEP	100-800 niños)
Mismatch negativity	MMN	150-275
Nc		400-700
P300, P3a, P3b		250-350
Respuesta cortical discriminatoria		200-900 (niños)
N400		400

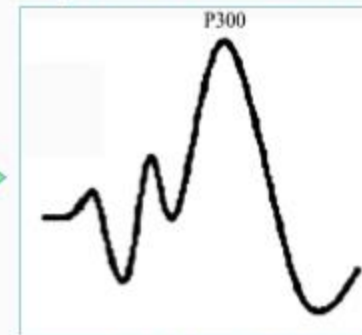
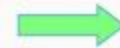
Potenciales Endógenos P300

memoria comparativa

representación neural

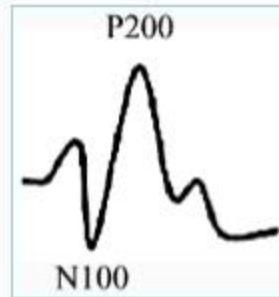


si



Potencial
cognitivo

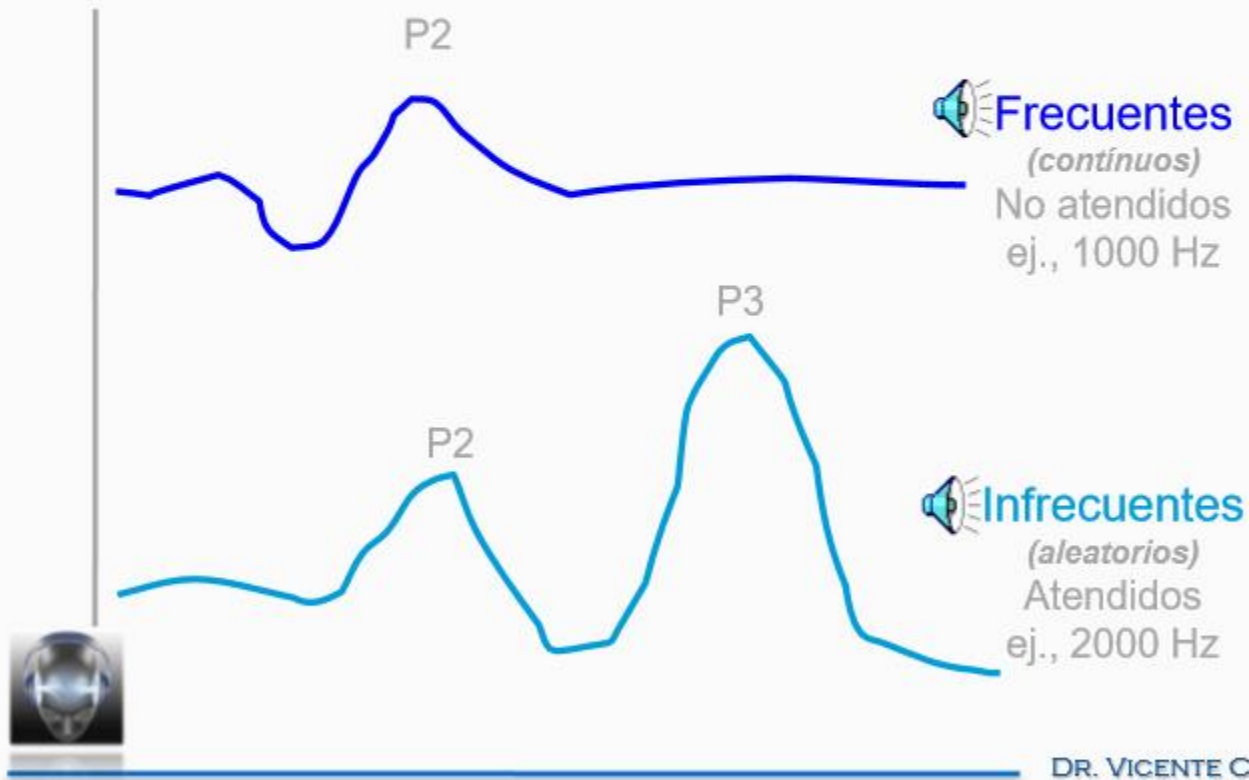
no



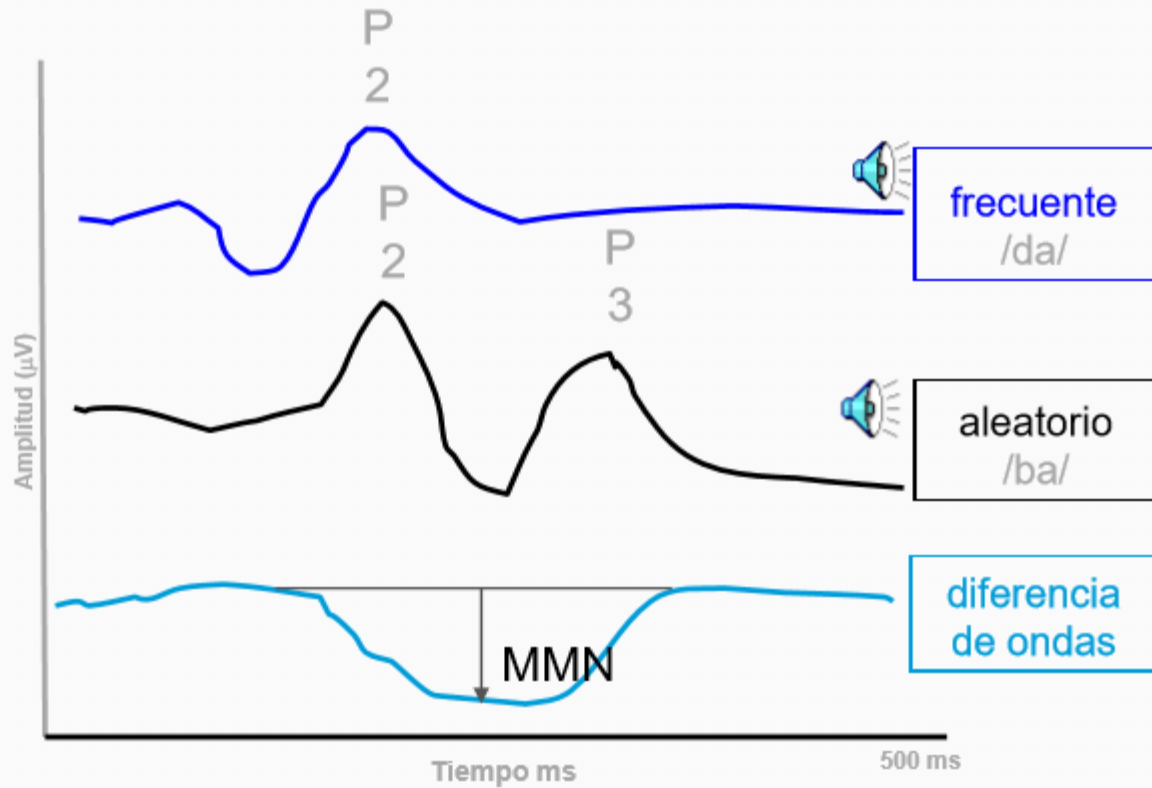
Potencial
exógeno



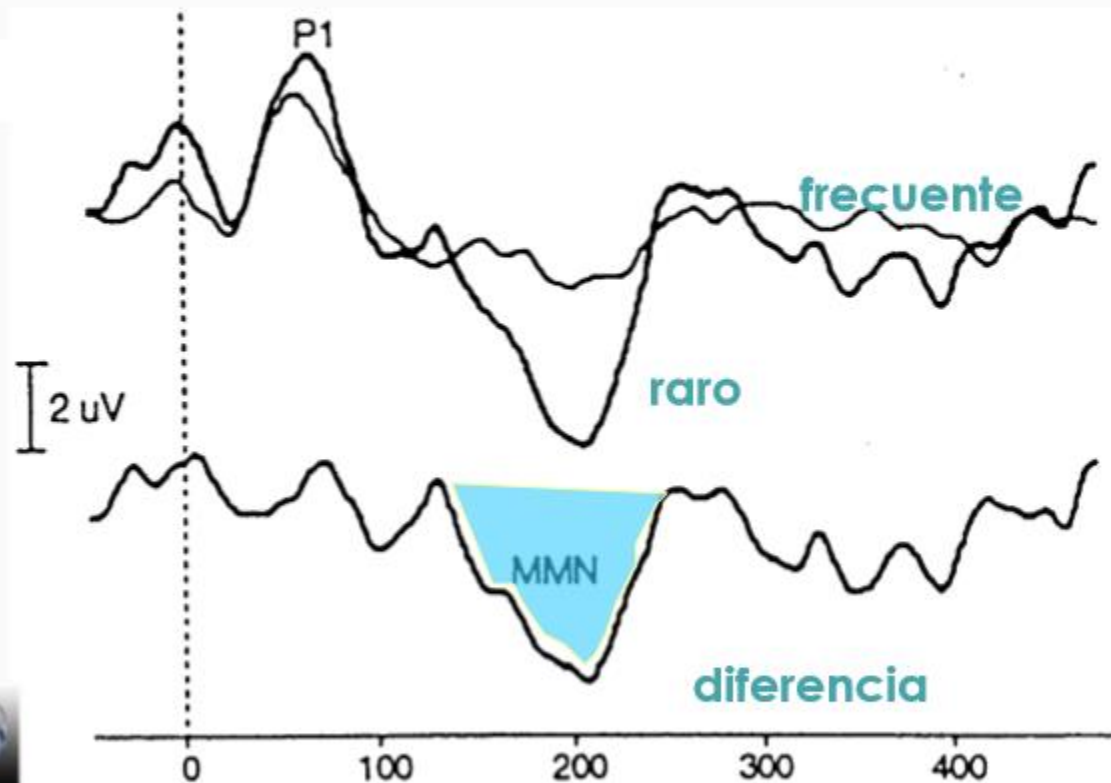
Respuesta P300

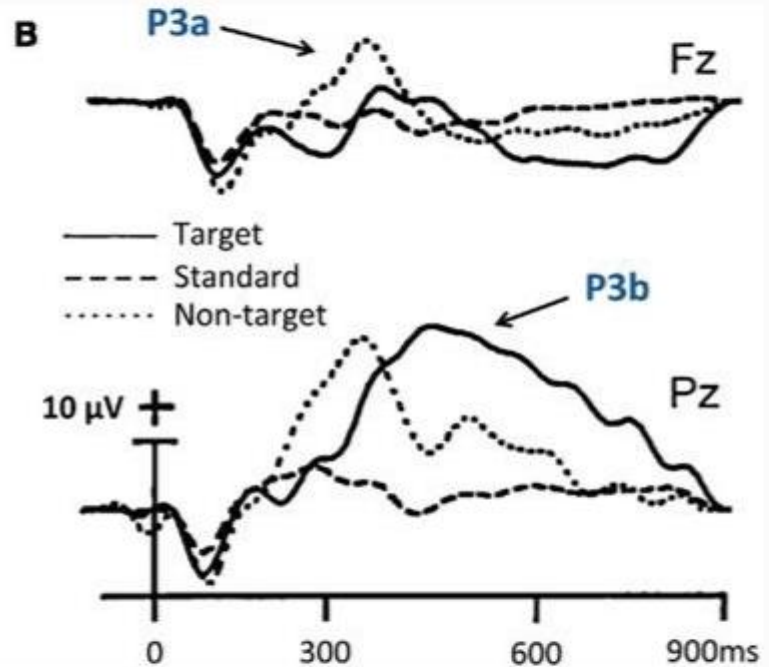
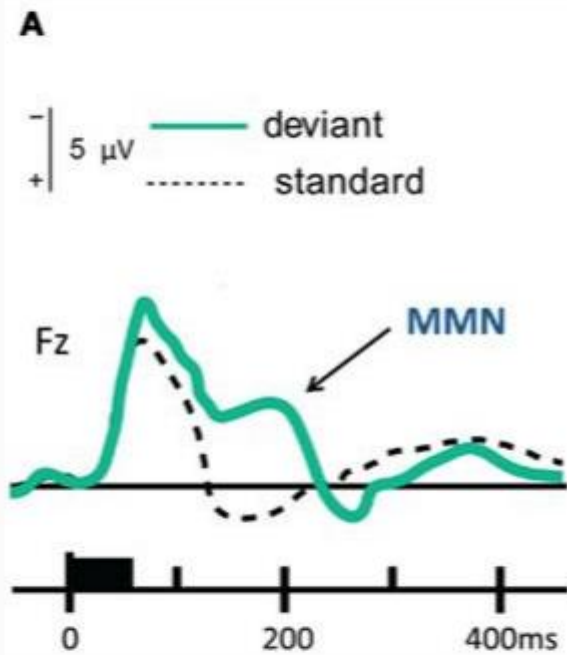


Mismatch Negativity (MMN)



Mismatch Negativity (MMN)





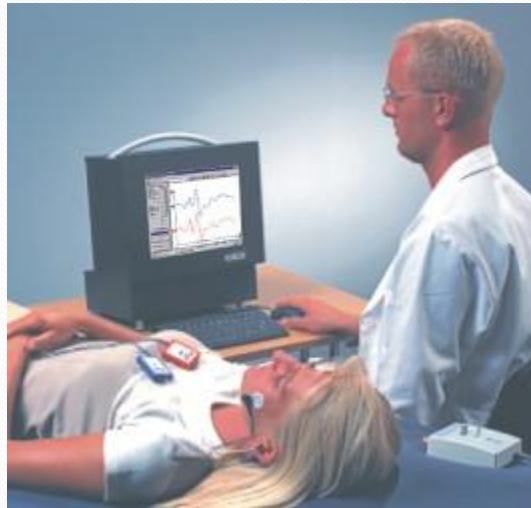
Mismatch negativity (MMN) and P300 in healthy awake adults

Aplicaciones Clínicas

- Valoración de la función auditiva central
- Medición objetiva de la discriminación auditiva en infantes y adultos
- Audición (especialmente en adultos casos de pérdida auditiva *“funcional”*, o verificación objetiva en casos de *compensation*)
- Diagnóstico de patología central
- Predecir rendimiento de audífonos y/o implante coclear)
- *Inconvenientes:*
 - *efectos de maduración y edad*
 - *variabilidad individual*




Realización Práctica



- × En los potenciales evocados auditivos de tronco cerebral (PEATC), de latencia media y corticales, se utilizan fundamentalmente los electrodos de plata/cloruro de plata, ya que tienen un bajo nivel de impedancia y no son tóxicos para la piel además de generar un nivel bajo de corriente continua por transferencia iónica con la piel.
- × Los electrodos pueden presentarse en forma de electrodos reutilizables o desechables.

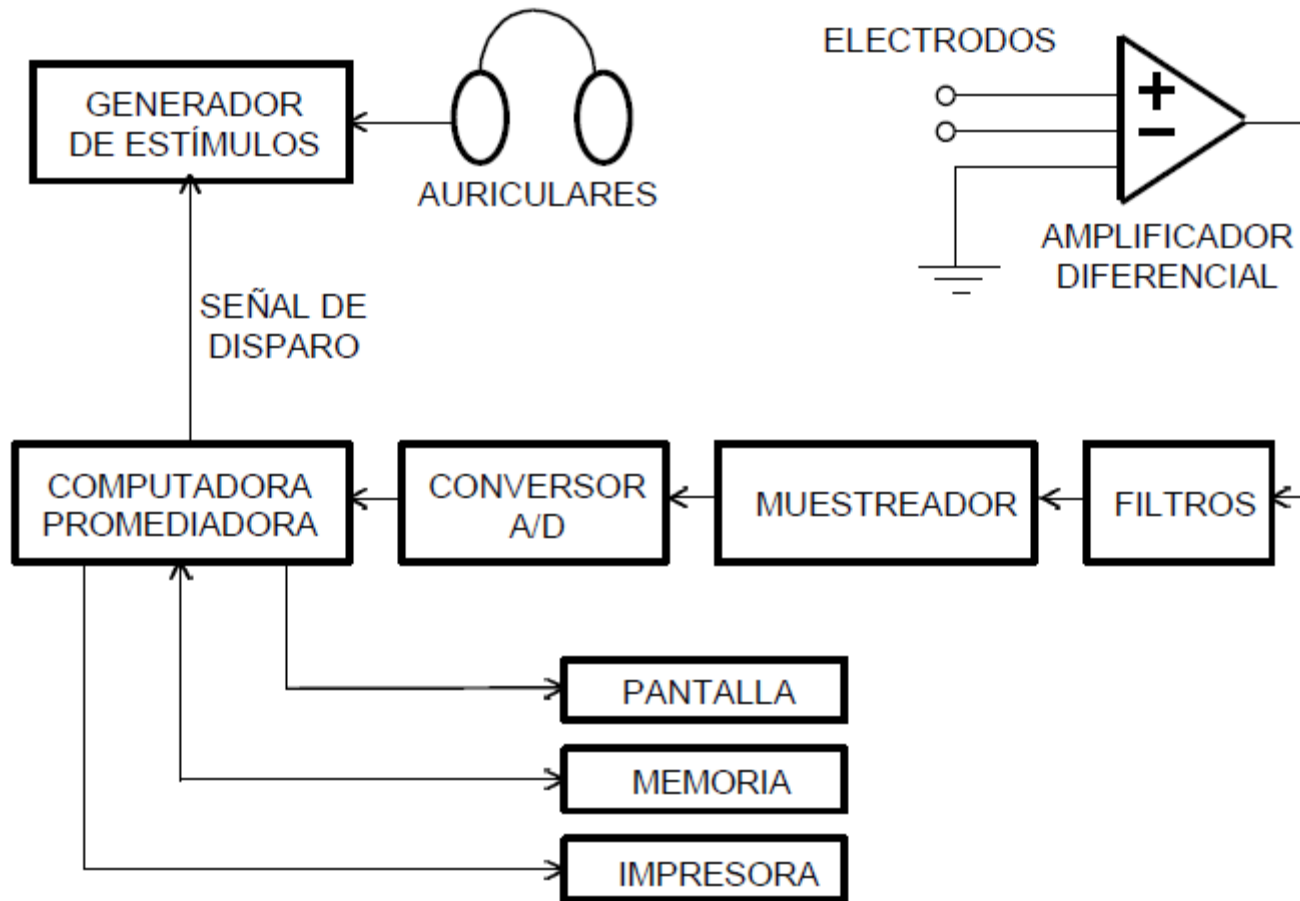
- × Es muy importante que antes de realizar una prueba de PEATC comprobemos que la impedancia de los electrodos es suficientemente baja para poder realizar la misma.
- × Casi todos los equipos incluyen entre sus prestaciones un medidor de impedancias o una indicación luminosa de que el nivel de la misma es suficientemente baja, una impedancia entre 2000 y 4000 suele ser suficiente y mejor cuanto más baja sea.



× La amplificación, el filtrado y la promediación son las técnicas que se utilizan para poder registrar una señal limpia y valorable.

Amplificación

- × La amplificación de la señal se divide en dos etapas: preamplificación (amplificar las débiles señales recogidas por los electodos y suprimir las interferencias) y amplificación hasta los valores que se utilizan en el registro.



F. Miyara

Figura 4. Diagrama de bloques de un sistema de medición de potenciales evocados auditivos

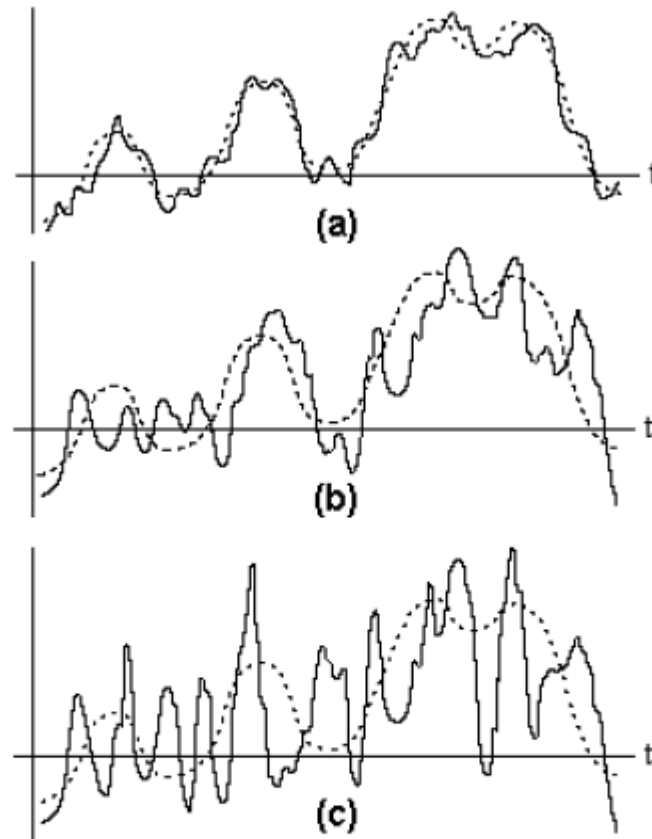
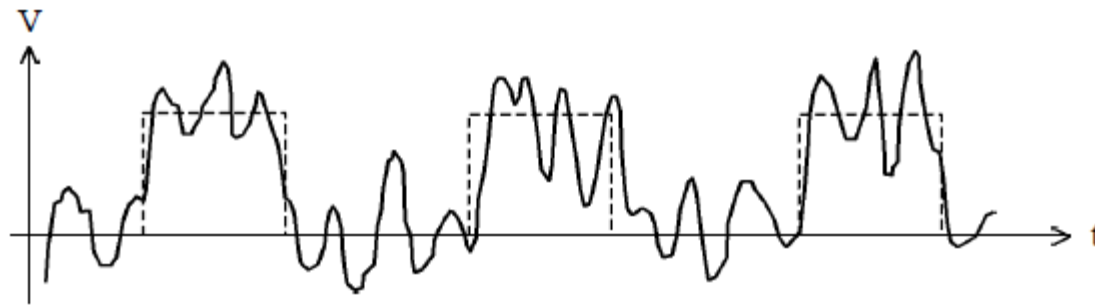
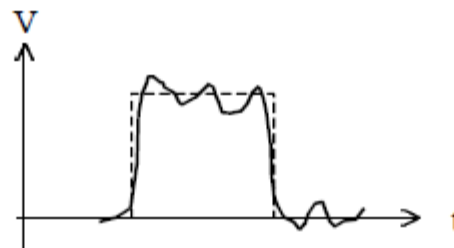


Figura 1. Señal contaminada por ruido. En línea de trazos, la señal a recobrar. En línea llena, el resultado de superponerle un ruido aleatorio. (a), (b) y (c), ruidos de pequeña, mediana y gran intensidad respectivamente. Obsérvese que cuanto más elevado es el nivel de ruido más distorsionada se encuentra la señal total.

F. Miyara



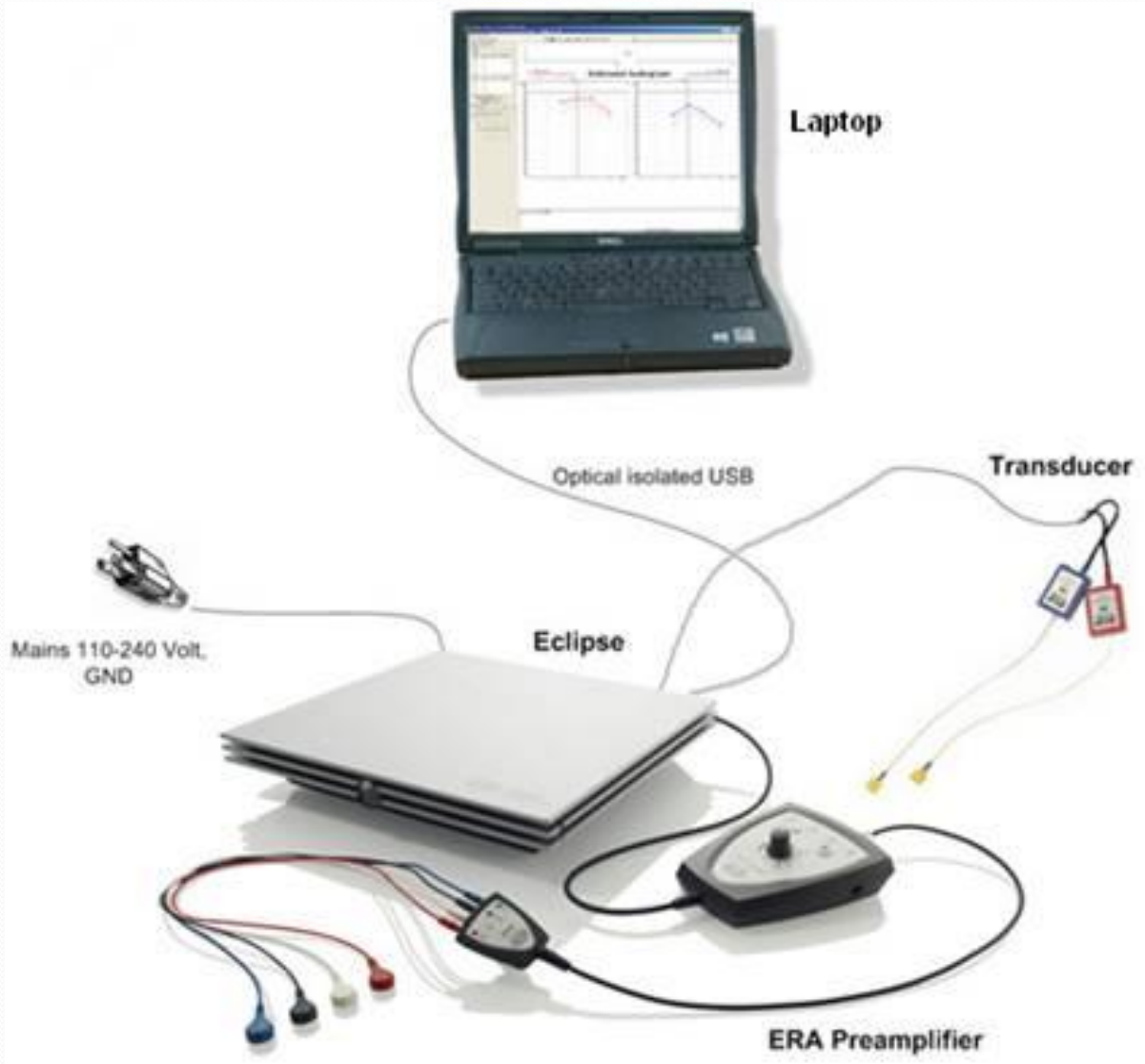
(a)



(b)

Figura 3. (a) Tres repeticiones sucesivas de un mismo estímulo, con la misma respuesta (un pulso rectangular, en línea de trazos) contaminada por ruidos diferentes. (b) El resultado de promediar las tres respuestas contaminadas: una onda más fiel a la respuesta pura.

F. Miyara



Filtrado

- × El propósito del filtrado de la señal recogida es mejorar la relación señal/ruido y lo hace eliminando los componentes que, en frecuencia, no se corresponden con los de la señal que nos interesa.
- × El filtrado utilizado más frecuentemente en los potenciales de tronco es el que fija en 100 o 150 Hz la frecuencia de corte en graves y en 3000 Hz la frecuencia de corte en agudos.

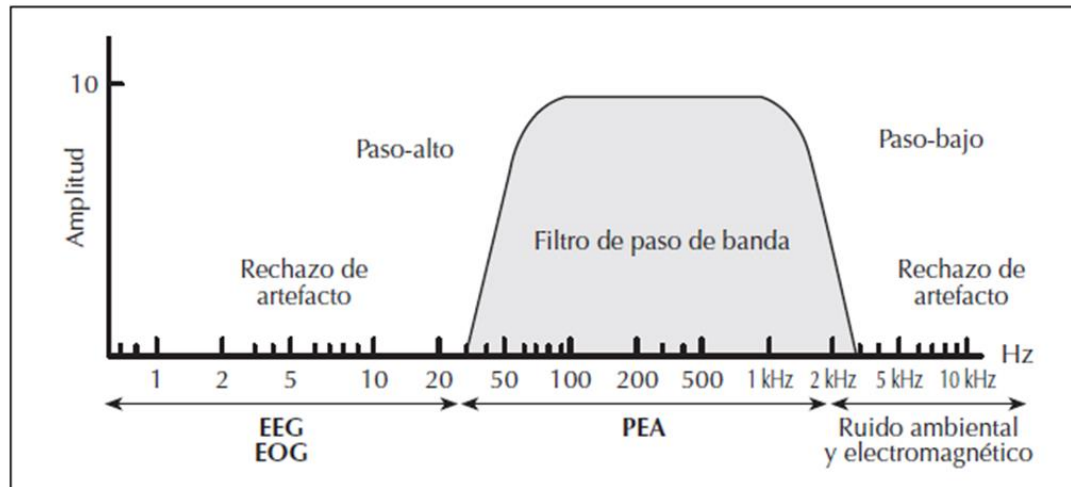


Figura 4. Gráfico de un filtro de paso de banda, compuesto por un filtro de paso bajo y un filtro de paso alto para el registro de los potenciales evocados auditivos.

Barajas, Zenker y Fernandez. 2007

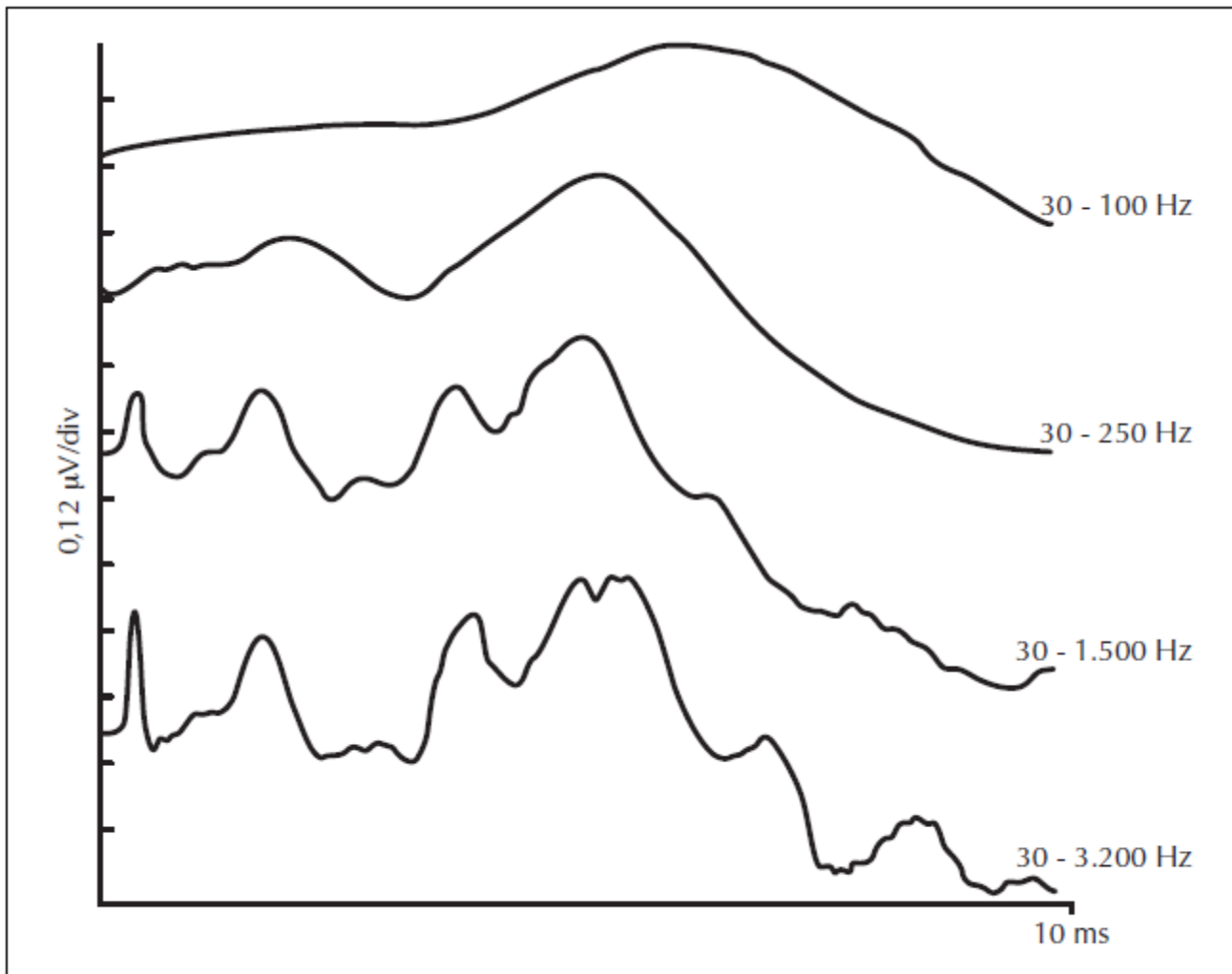


Figura 13. Efecto del filtro de paso bajo sobre los PEATC (Barajas⁴⁵).

Promediación

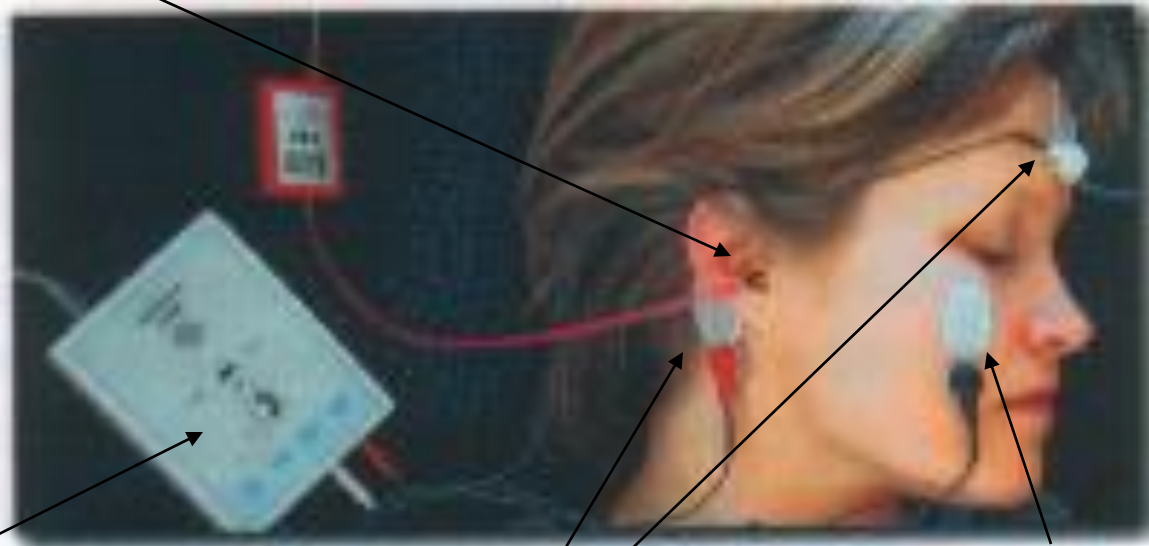
- × La señal recogida por los electrodos se compone de la señal del potencial evocado auditivo ($\sim 0,5 \mu\text{V}$) y del “ruido” formado por el resto de señales eléctricas del entorno y que es, varias veces mayor ($\sim 20\mu\text{V}$).
- × El nivel de la señal es inferior al del ruido y mediante la utilización del procedimiento conocido como promediación modificamos radicalmente el valor de esta relación hasta hacerlo positivo.

- × El primer paso en el proceso de la promediación es la toma de muestras de los valores obtenidos por los electrodos (de forma similar a como se realiza en el proceso de digitalización de una señal analógica), si tenemos en cuenta que la señal procedente del potencial evocado es constante en el tiempo mientras que las señales provenientes del ruido serán aleatorias y, por tanto, su promediación en un número suficientemente grande tiende a cero.

- × Teóricamente por lo tanto, el aumento del número de repeticiones del estímulo y por tanto de la promediación, implica la consecución de un registro más limpio y fiable.
- × Si el paciente no se encuentra muy relajado, el ruido se verá alterado por picos de valores de alta intensidad y de forma discontinua por lo que su promediación no tiende a cero, al contrario, y entonces, al aumentar la promediación, el registro se va desestructurando progresivamente dificultando su interpretación.

Colocación de los electrodos

Auricular



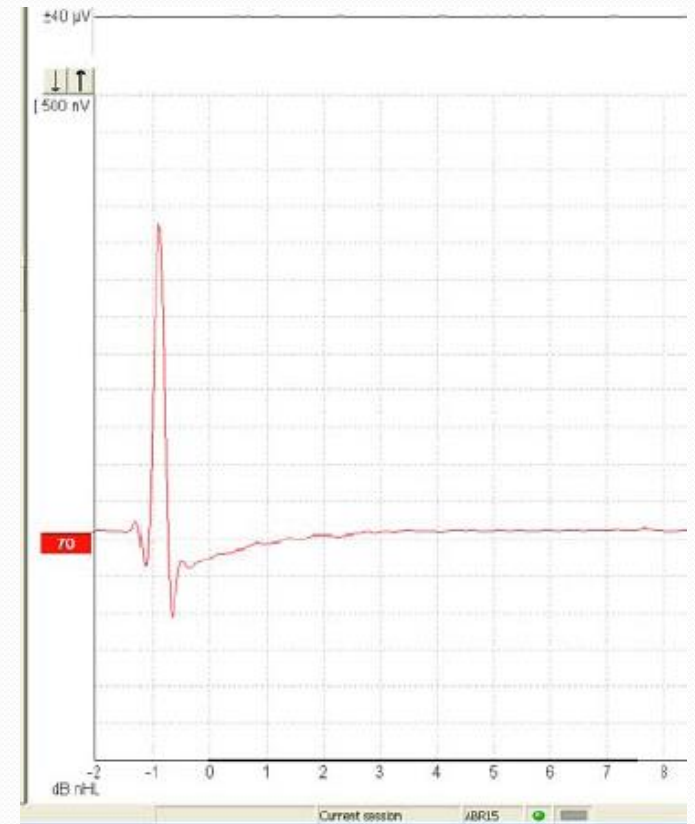
Preamplificador

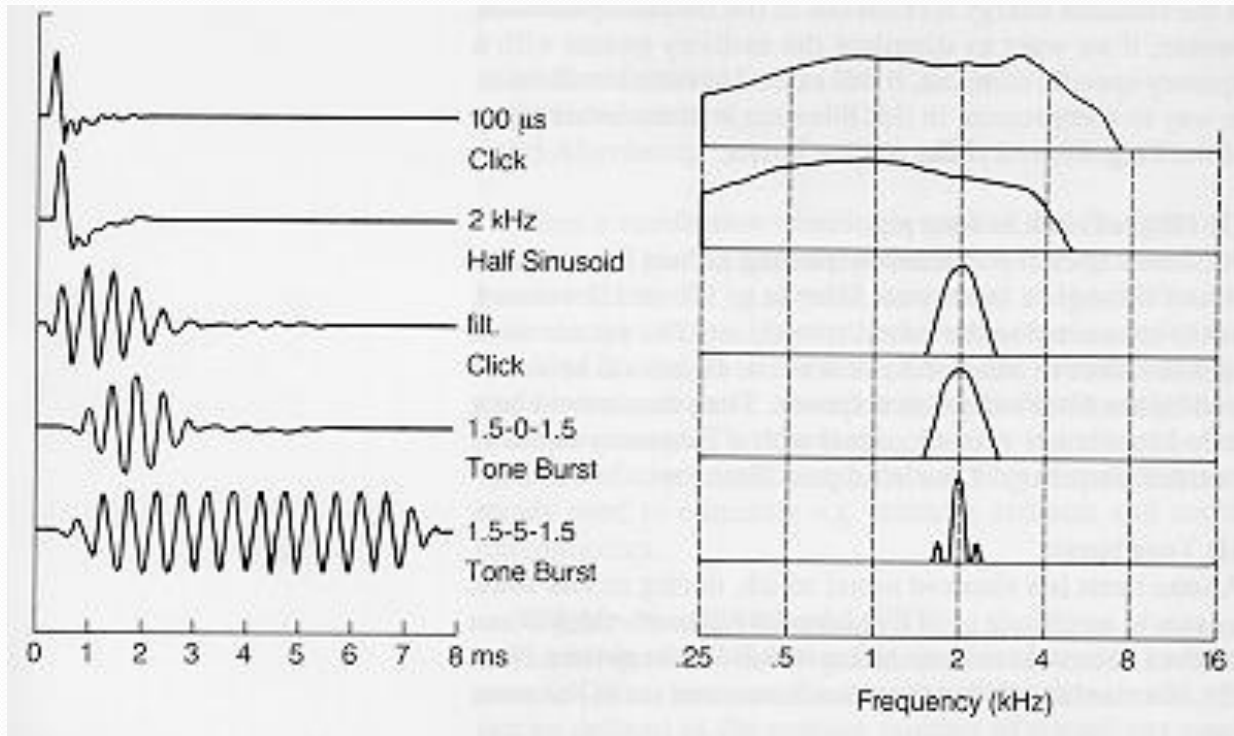
Electrodos de referencia

Electrodo de tierra

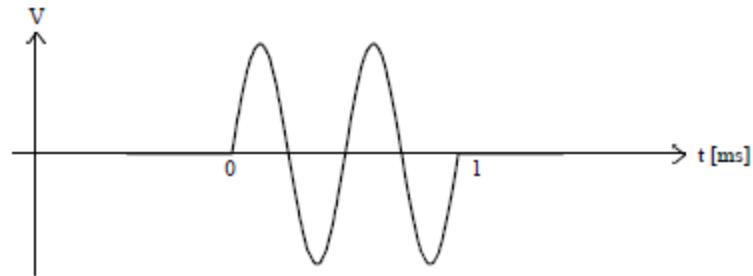
Tipos de Estímulos

- × Clics Se denomina clic a una onda de muy corta duración, unos 100 μ seg, por lo que su efecto puede asemejarse al de un impulso y su análisis frecuencial (análisis de Fourier) muestra una banda ancha de frecuencias desde los 250 Hz a los 8 – 10 kHz con predominio de la respuesta en las frecuencias de 2000 a 4000 Hz.

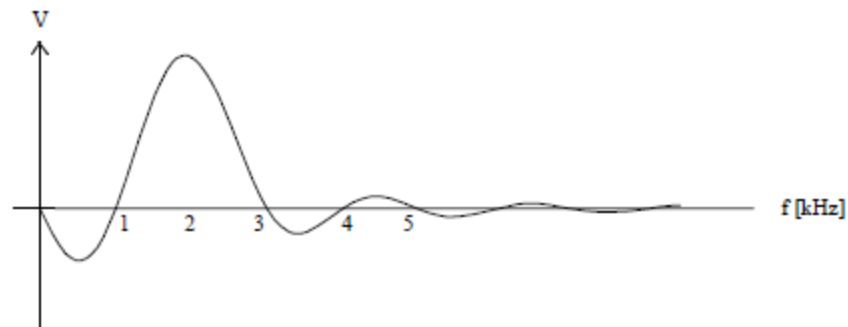




Tipos de Estímulos



(a)



(b)

Figura 6. (a) Un tone burst de 1 ms de duración, formado por dos ciclos de una onda senoidal de 2 kHz. (b) Su espectro de frecuencias. Obsérvese que si bien la mayor parte de la energía se concentra cerca de los 2 kHz, hay también energía en otras frecuencias, tanto menores como mayores.

F. Miyara



Figura 8. Un click que alterna polaridades, apto para eliminar el artefacto de los microfónicos cocleares.

F. Miyara

- × La elección de clics como estímulo tiene la ventaja de su capacidad para estimular amplias zonas de la cóclea, con lo que la señal emitida es de gran amplitud facilitando su registro y estudio.
- × El inconveniente es su inespecificidad en frecuencia, lo que los hace poco útiles cuando se quieren utilizar los PEATC para la determinación de los umbrales audiométricos. En ese caso se utiliza como estímulo el llamado “tono burst”.

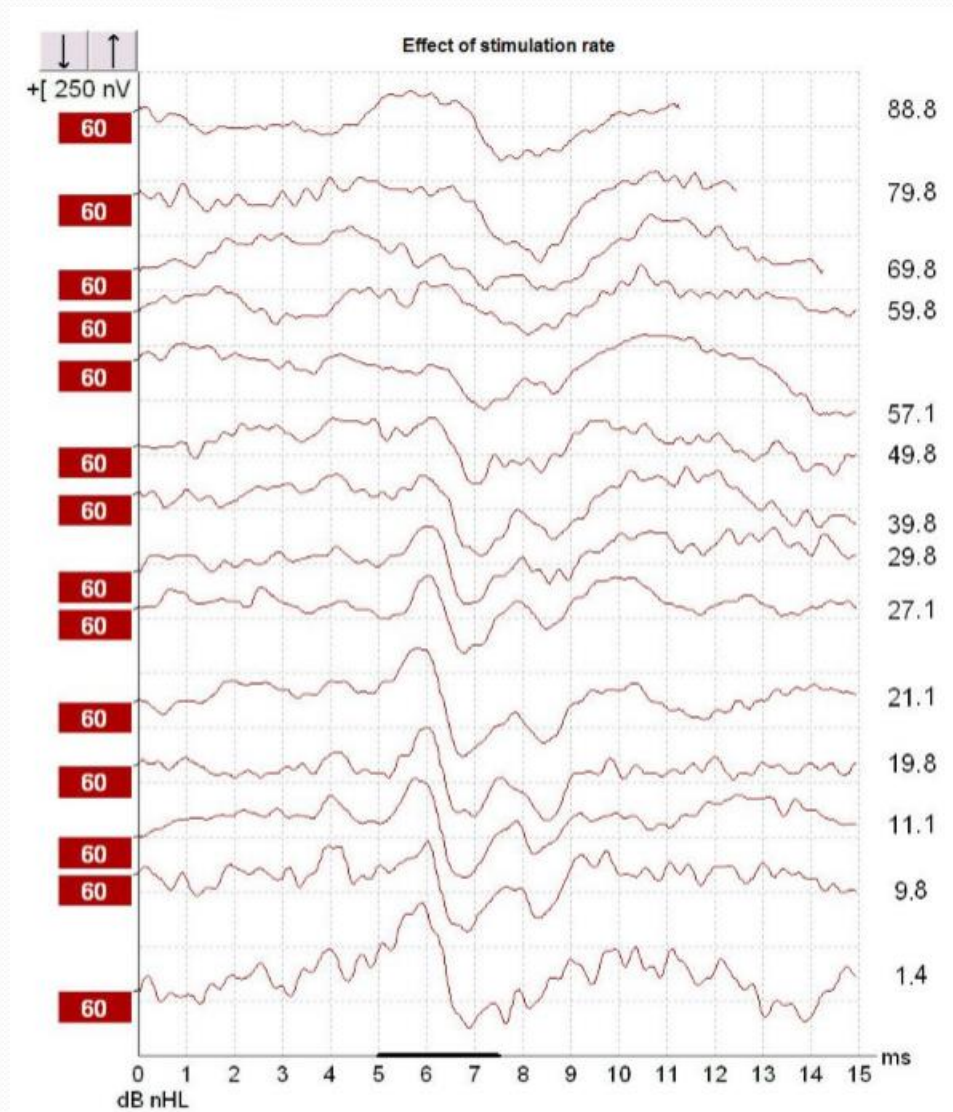
Tipos de Estímulos

- × Tonos Burst Un tono burst es una señal sinusoidal característica en frecuencia, con un aumento progresivo de la amplitud hasta alcanzar una meseta que mantiene durante un tiempo determinado (suficiente para caracterizar la frecuencia del estímulo) y que decae hasta volver a cero. Los tiempos de aumento y disminución de la amplitud son iguales y se efectúa de forma lineal.

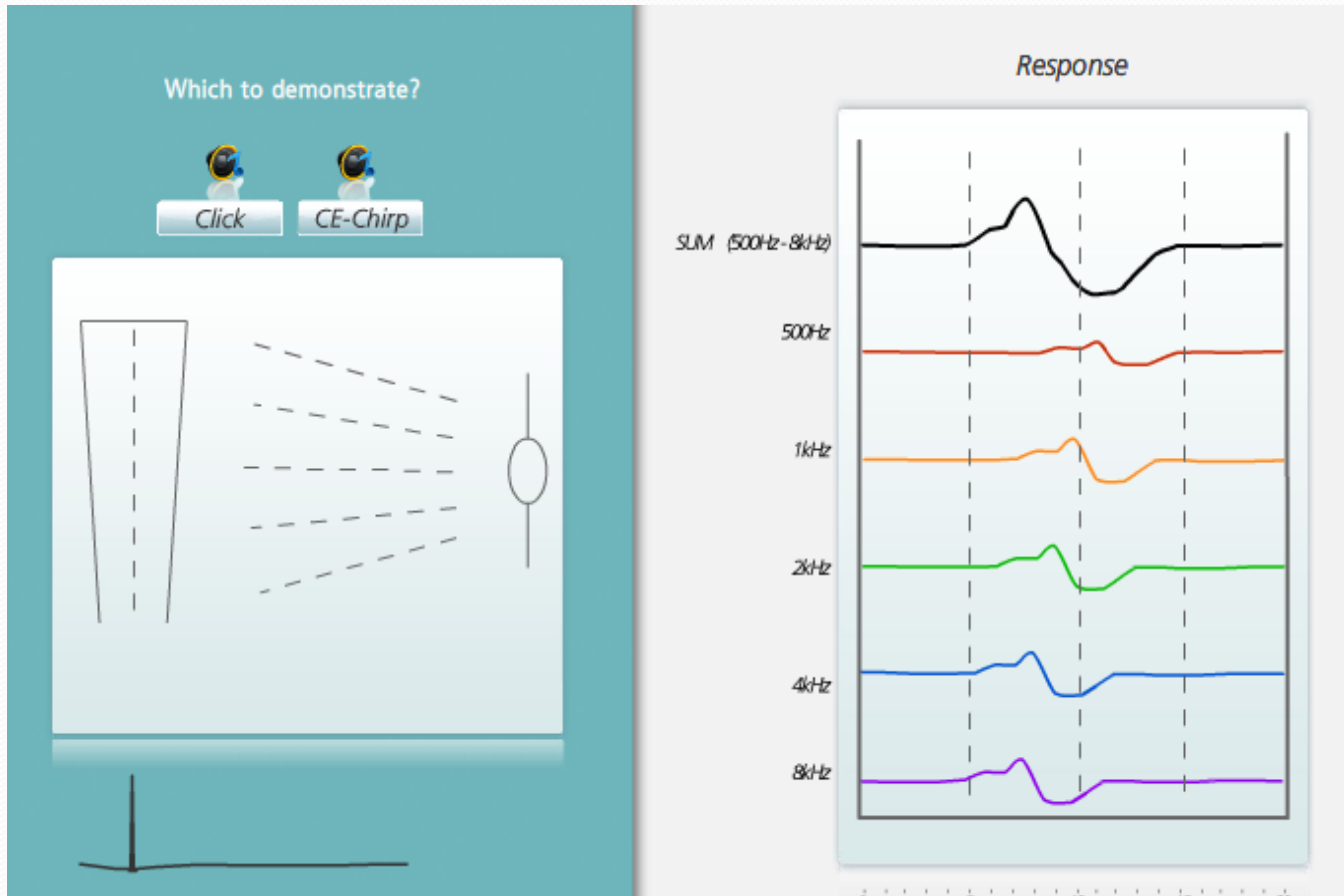
Realización Práctica

- × El estímulo que se emplea más frecuentemente y que proporciona mejores registros es el clic de rarefacción, presentado de forma ipsilateral a intensidad descendente, con un ritmo de repetición de unos 20 estímulos/segundo y con unas 2000 repeticiones.

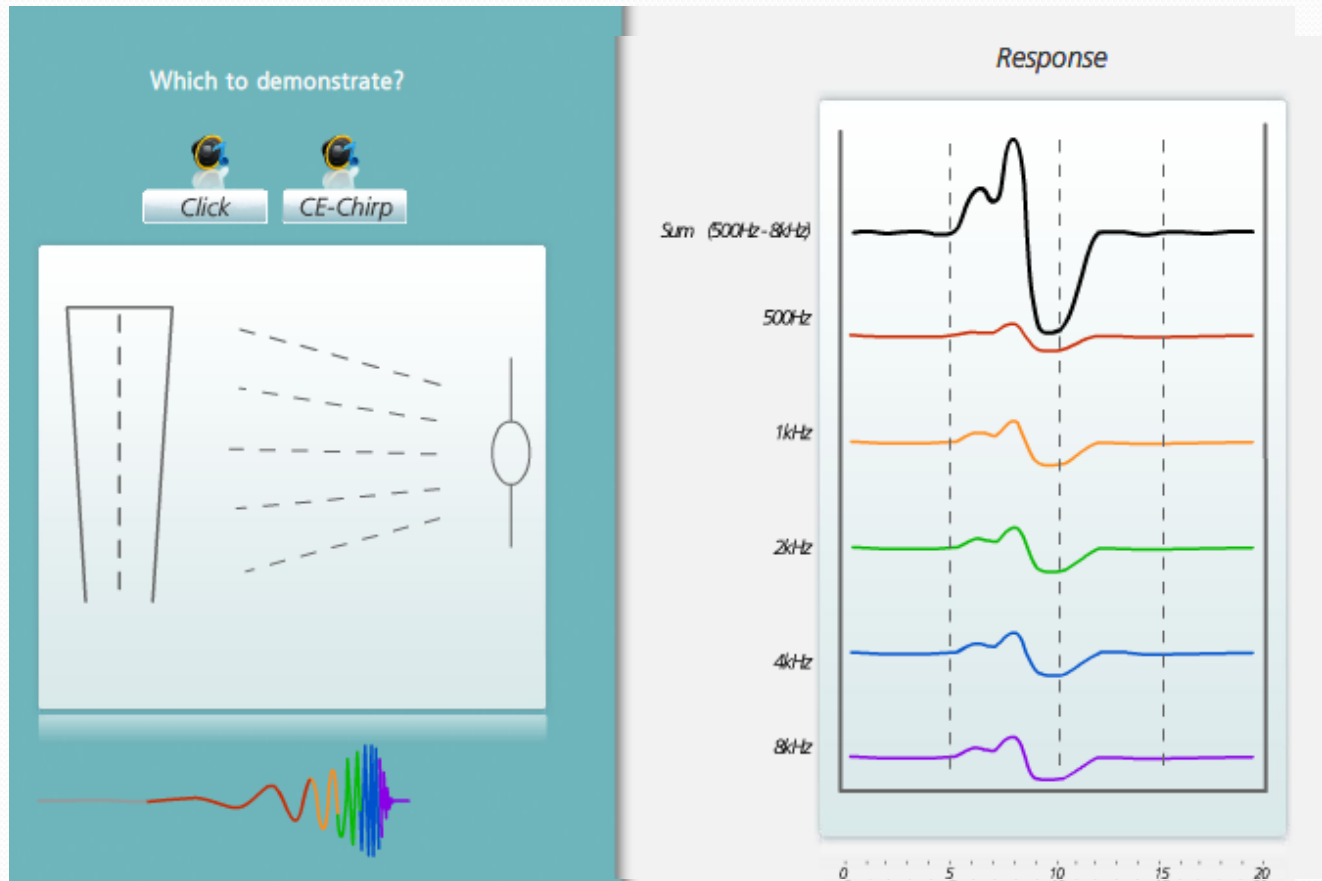
Efecto del ritmo de presentación de los estímulos



Estímulo por Clics



Estímulo por Chirps



dB	I	III	V
80	1.73	3.91	5.93
70	1.94	4.07	5.93
60	2.41	4.43	6.37
50	2.71	4.83	6.72
40	3.18	5.25	7.15
30	3.57	5.76	7.71

Ejemplo de tabla de tiempos de latencia de las curvas I, III y V en adultos (mSeg) con estímulo por Clics

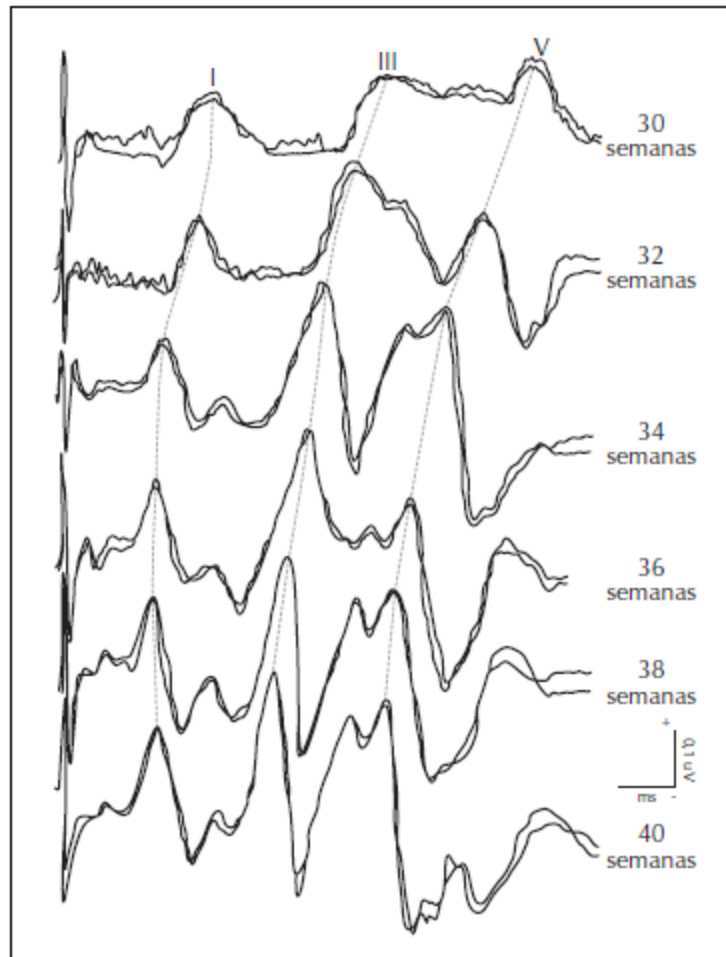
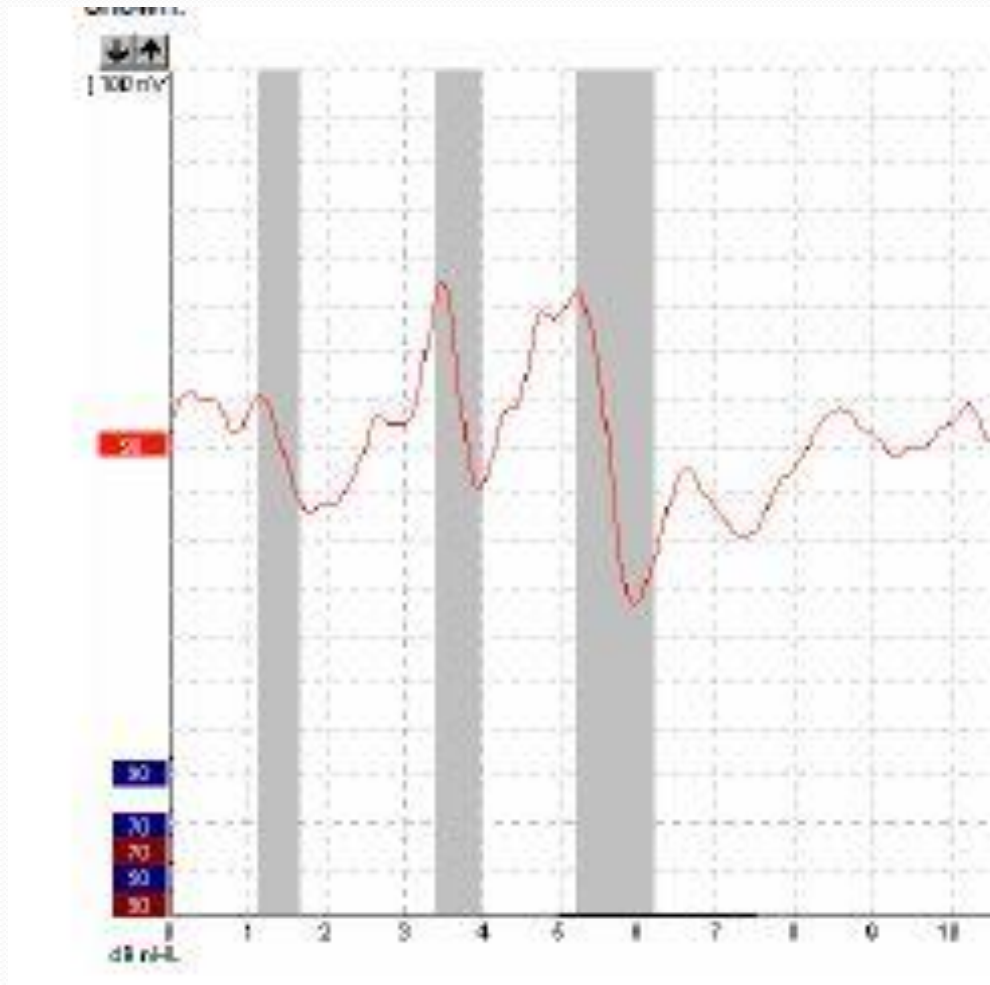
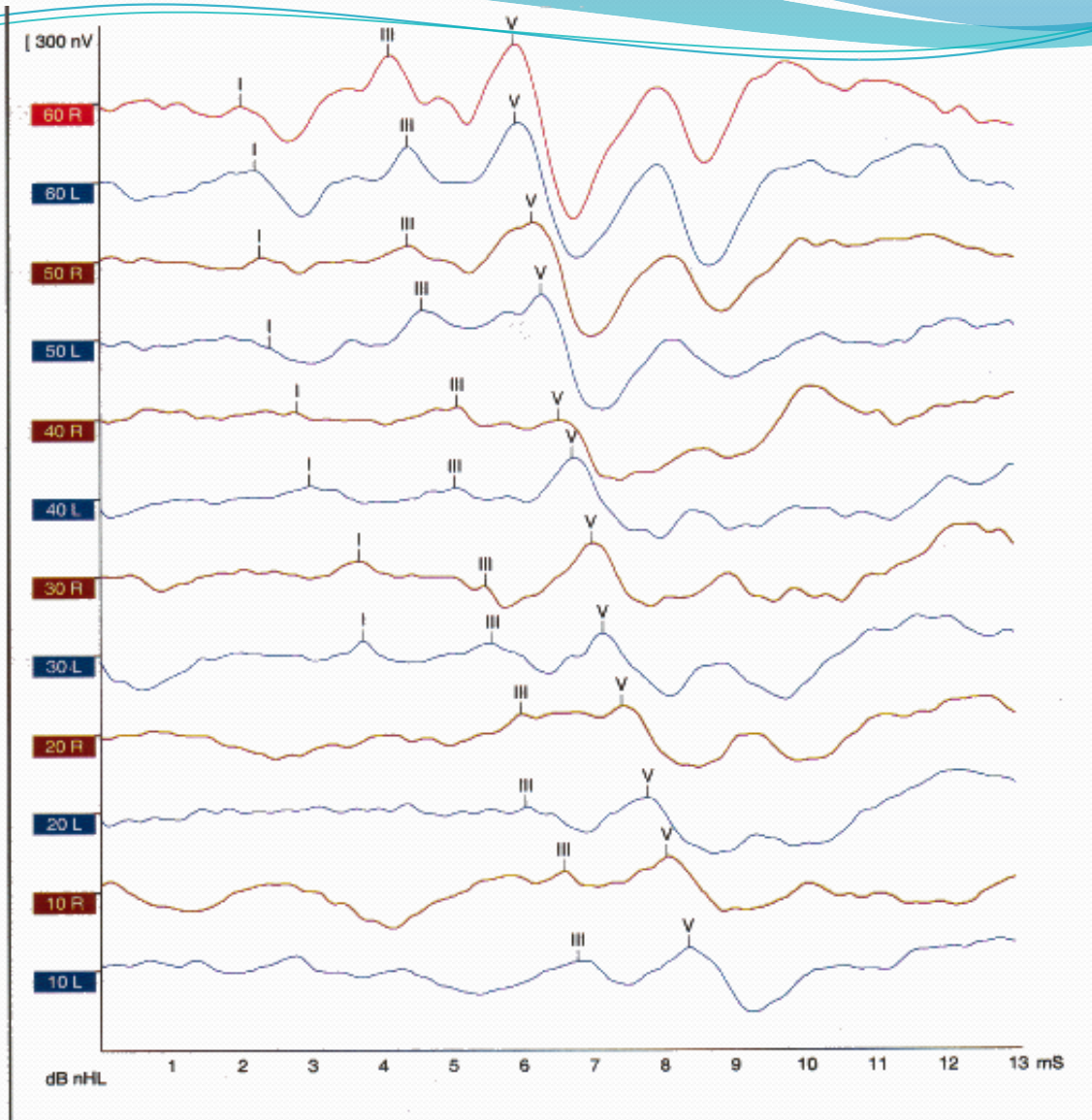


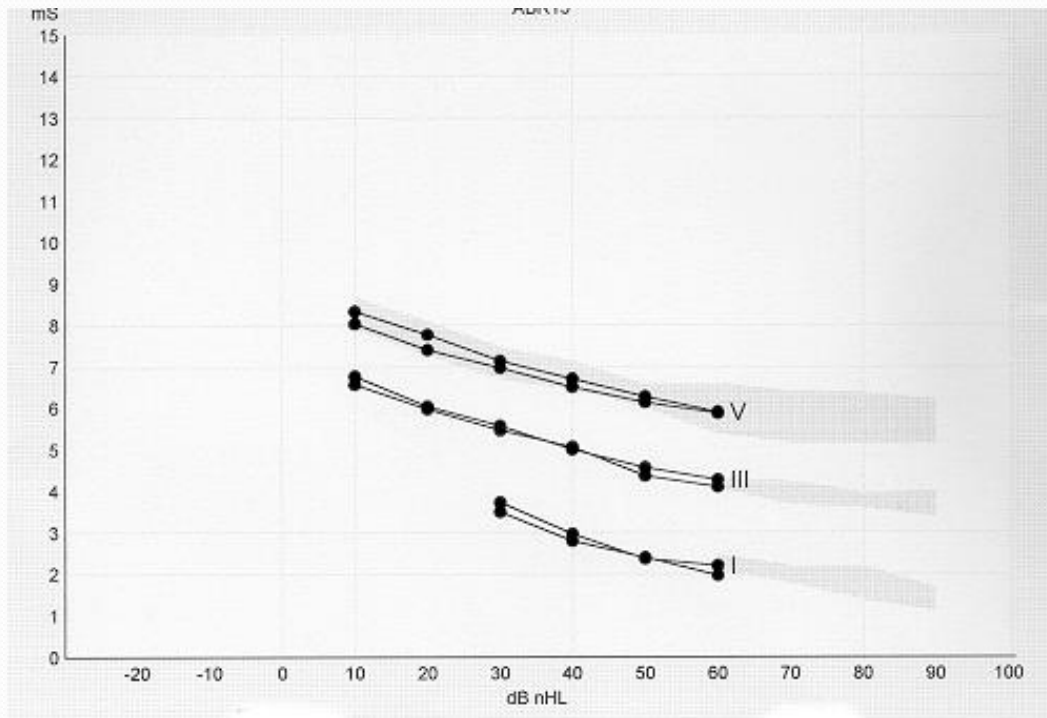
Figura 19. Serie de PEATC en prematuros a distintas edades gestacionales (Krumholz y cols.¹⁸⁰).

Marcado de las ondas





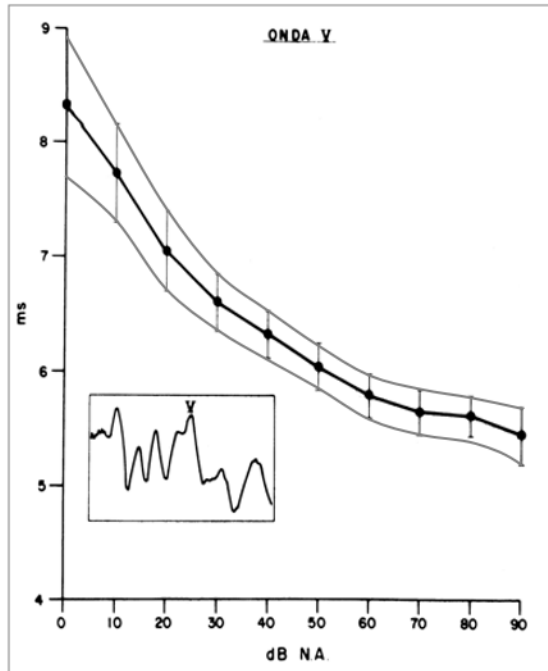
Registro de un normoyente



Curvas de latencia/intensidad del registro anterior

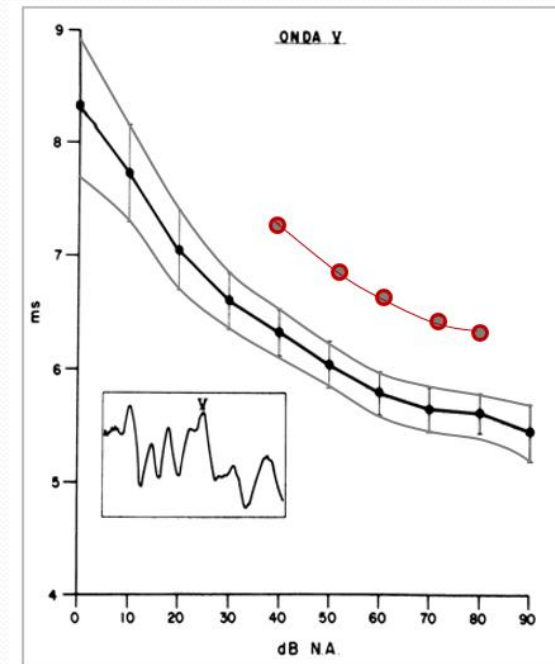
Valoración de resultados

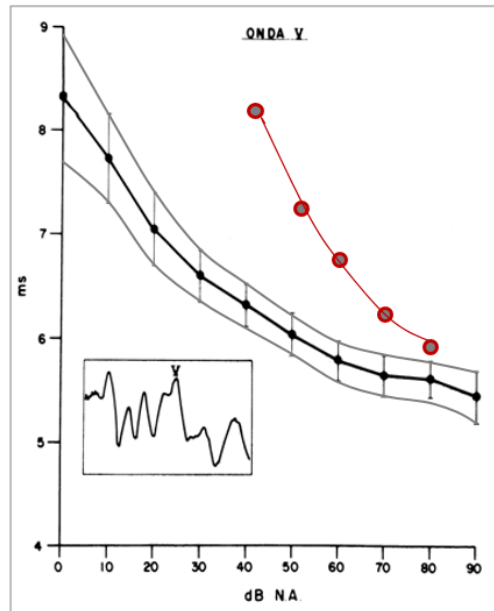
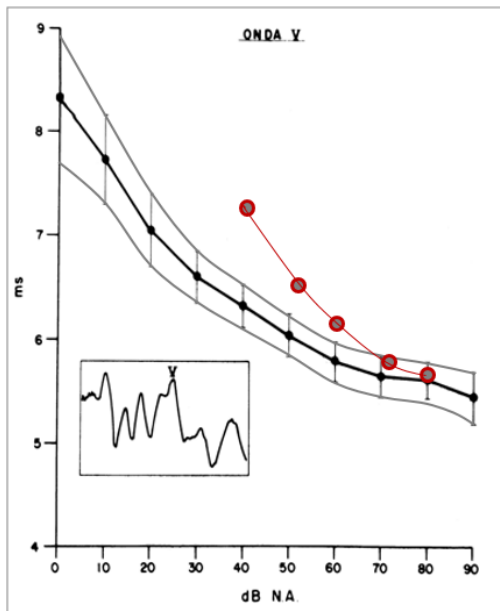
- × De la comparación de las curvas de latencia / intensidad con el patrón de normalidad se obtiene información sobre la existencia de patología y el tipo de la misma.
- × En el caso de las hipoacusias retrococleares de la comparación de los patrones de latencia absoluta de las curvas y de los valores de interlatencia, se conoce el lugar de la lesión



Curva de latencia/intensidad.
Se muestran los parámetros normales en un normoyente.

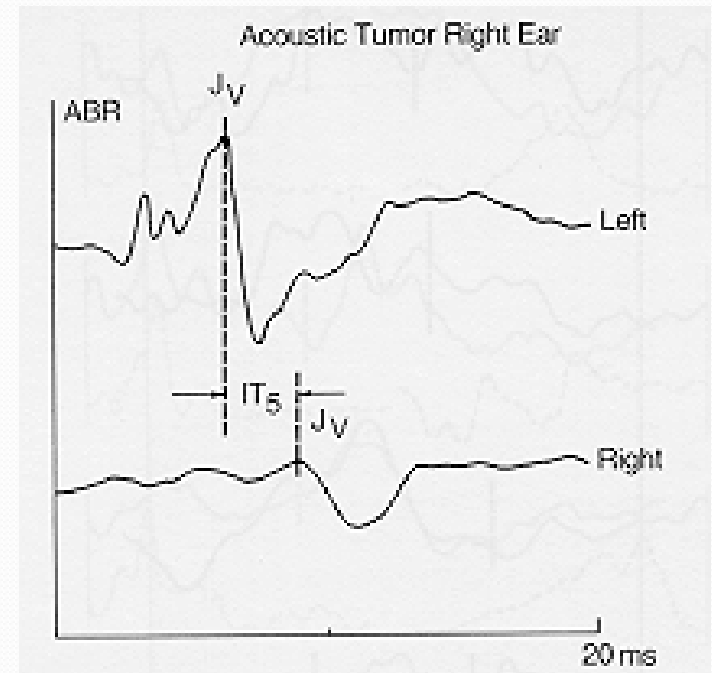
Los puntos obtenidos corresponden al registro de una hipoacusia conductiva





Patología Coclear / Retrococlear

Registro de potenciales de tronco (onda V) en los oídos izquierdo (superior) y derecho (inferior) en un paciente con un tumor en el nervio acústico del oído derecho

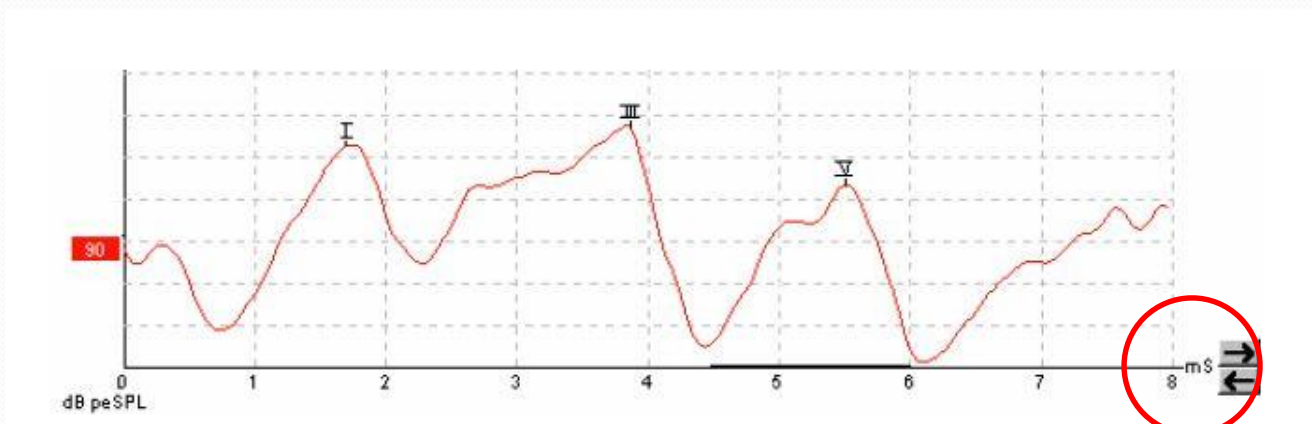


Potenciales de estado estable



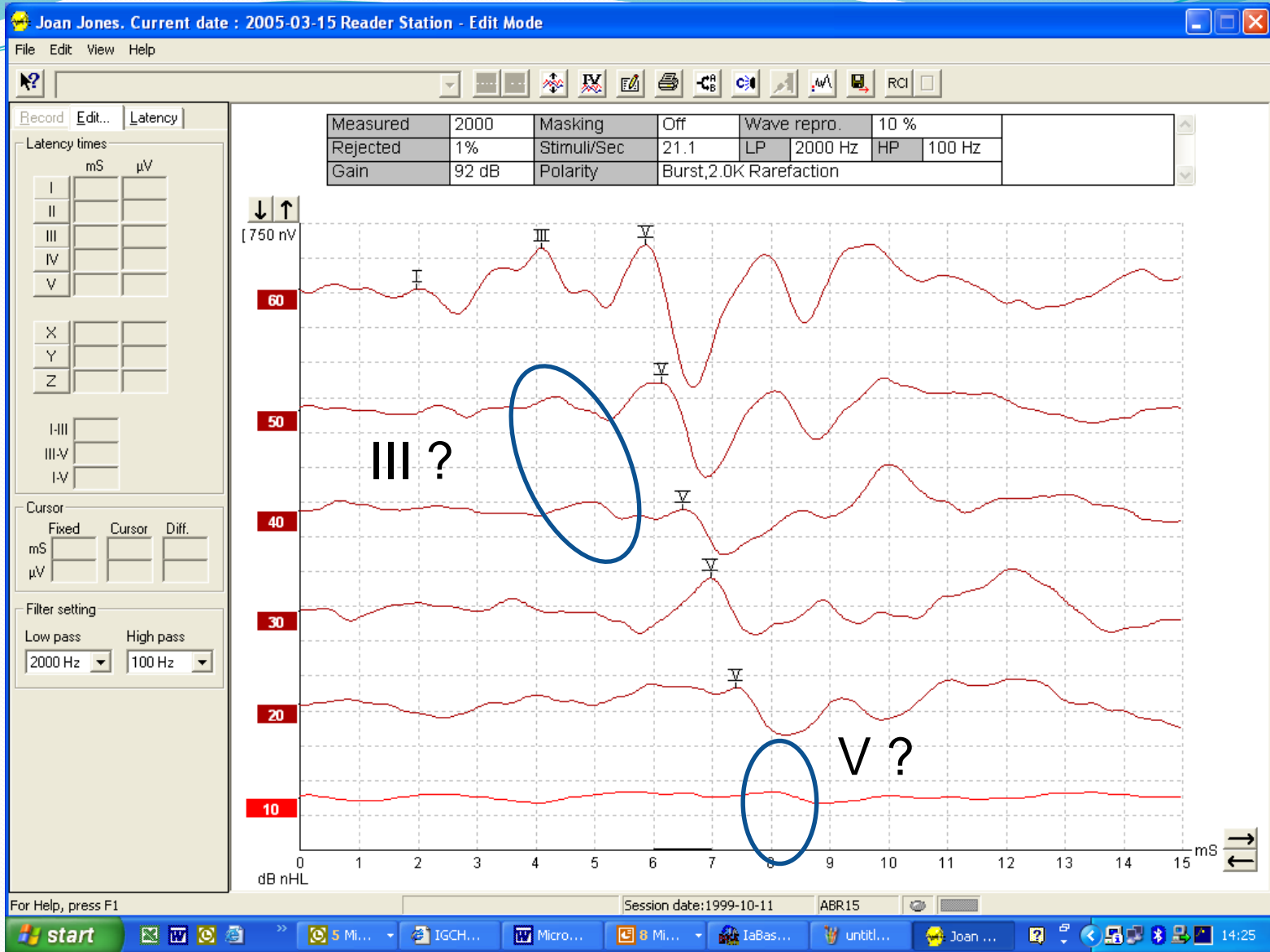
Potenciales de Estado Estable

- Se conocen por las siglas PEAAe o en Inglés ASSR (Auditory Steady State Response)
- Los Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral (PEATC) se analizan en el dominio temporal (Latencia o tiempo de aparición de cada una de las ondas)

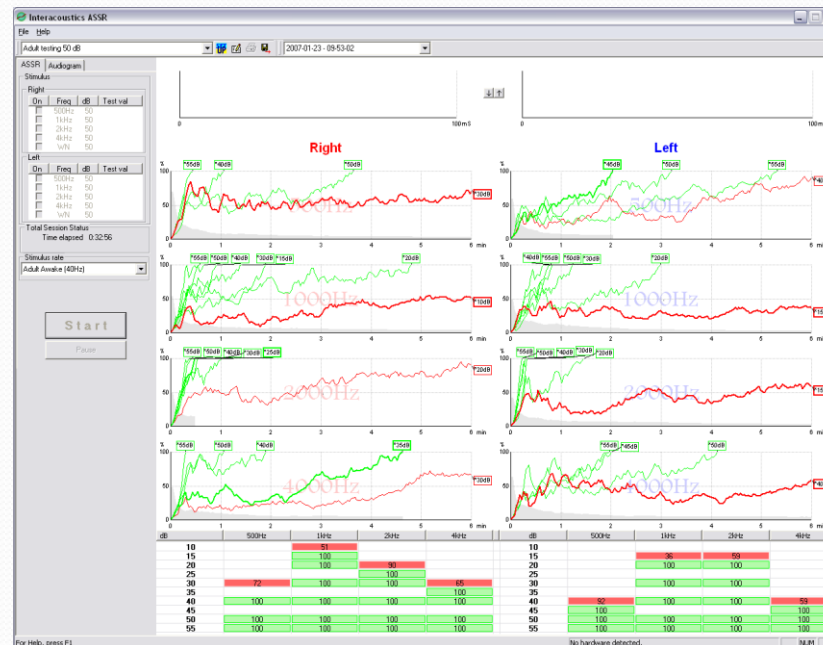


Eje temporal

- × Los PEAA se analizan en el dominio de la frecuencia y no se valoran en función de la forma de la onda sino desde un punto de vista estadístico, de la probabilidad de la respuesta.
- × La evaluación no depende de la habilidad o experiencia del técnico sino de la aplicación de algoritmos para la detección de umbral
- × Elimina un elemento subjetivo en la evaluación.



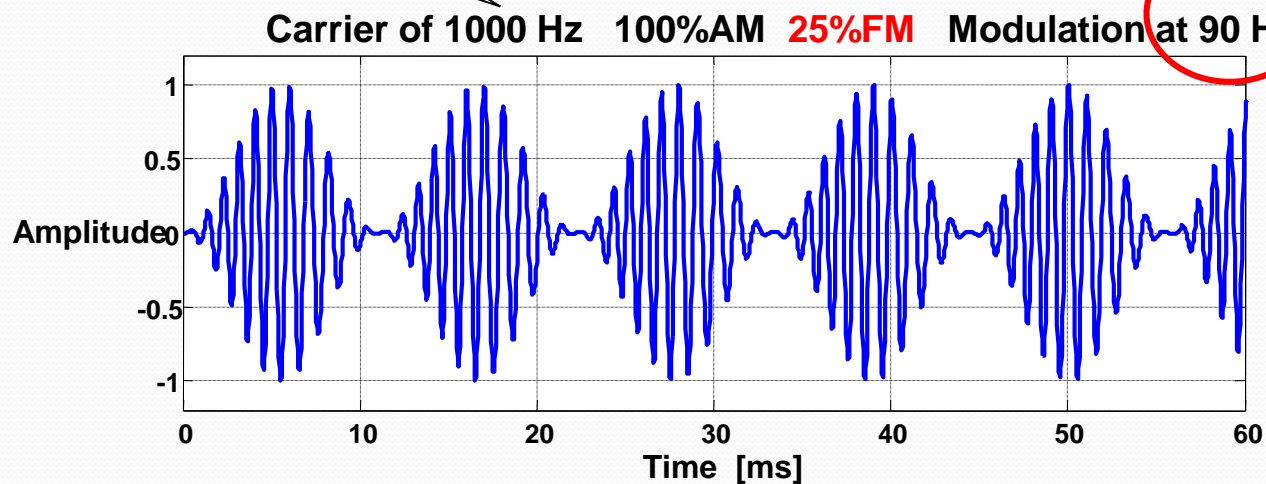
- ✘ El objetivo de los PEE no es el diagnóstico de patología retrococlear sino la detección de umbrales de audición a diferentes frecuencias.
- ✘ Esta es una diferencia importante sobre los PEATC



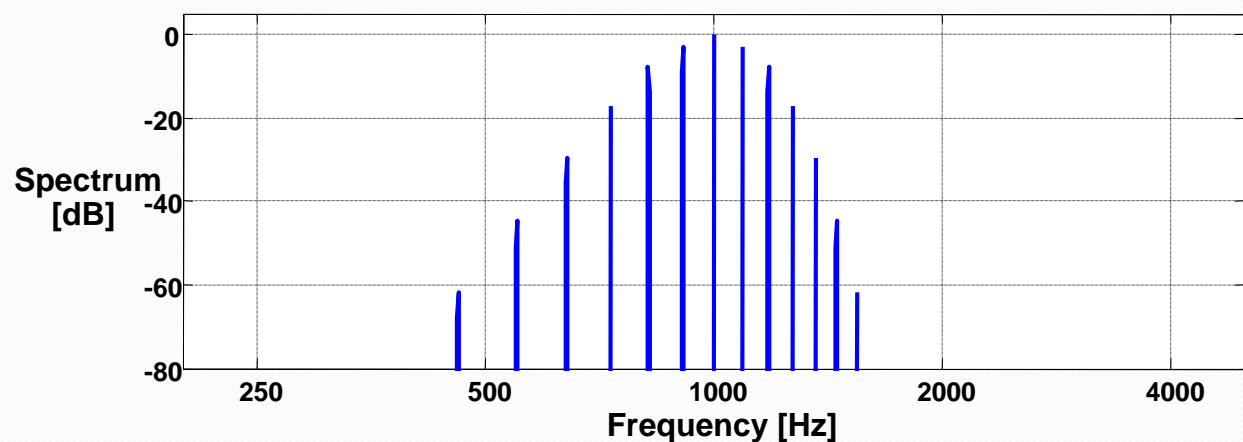
Estímulos

Frecuencia para el audiograma

La frecuencia de presentación del estímulo

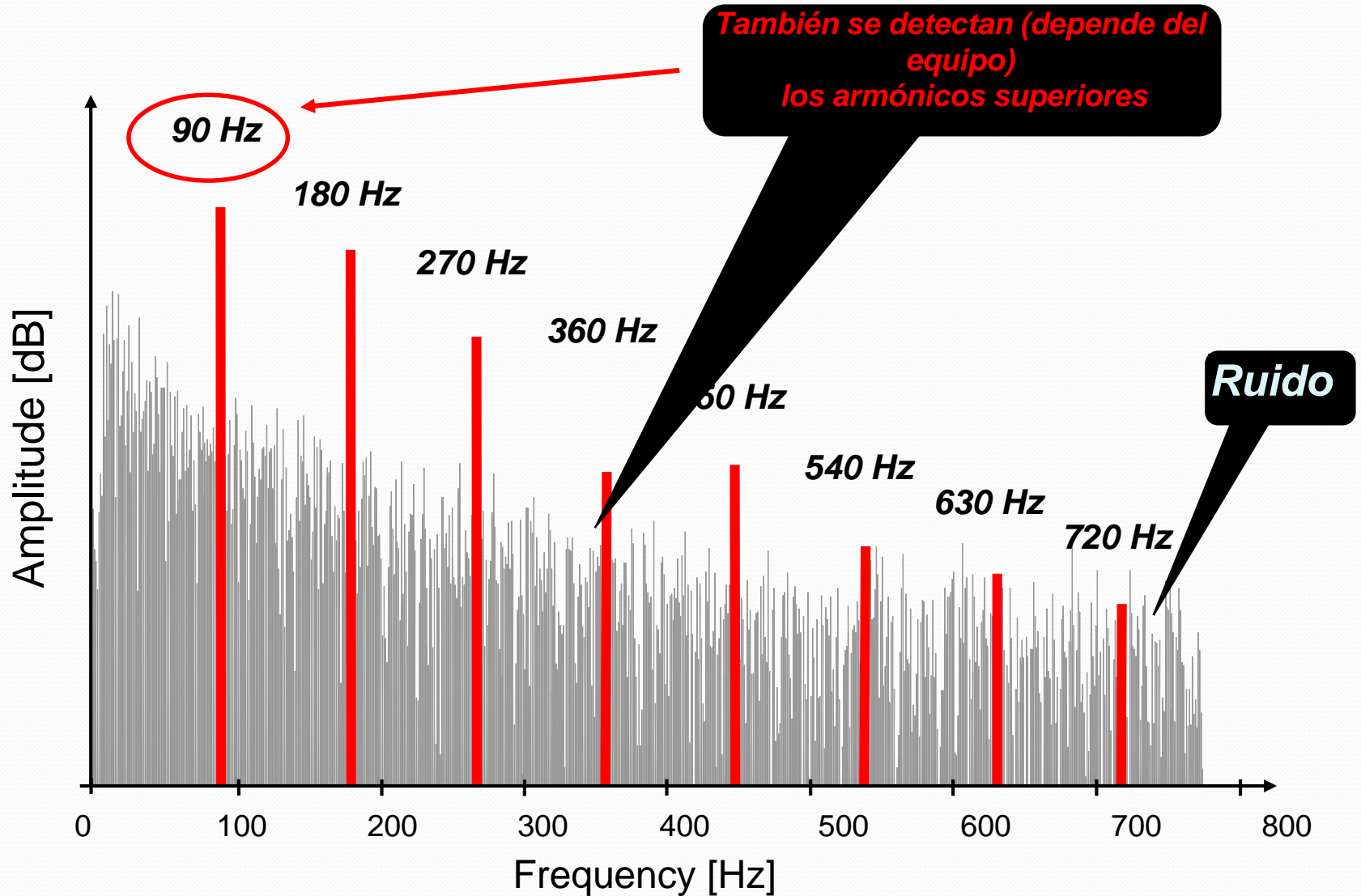


Portadora modulada en AM y FM = secuencia de tonos bursts

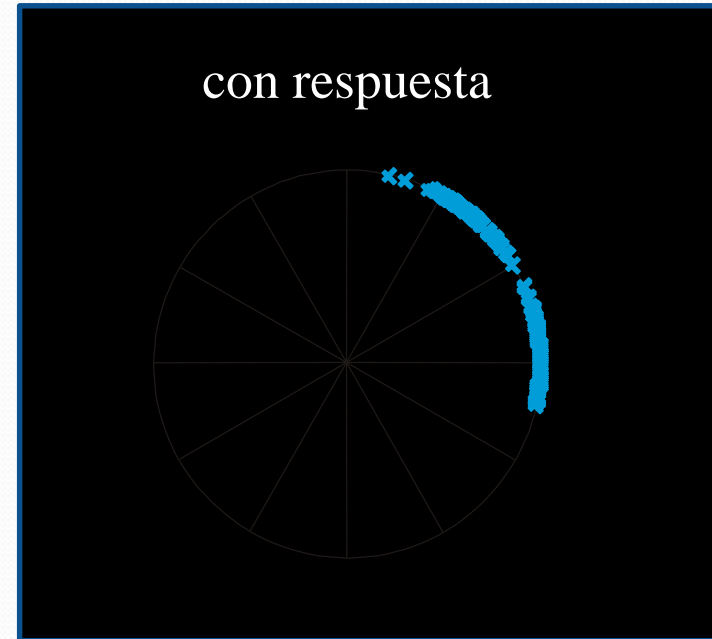
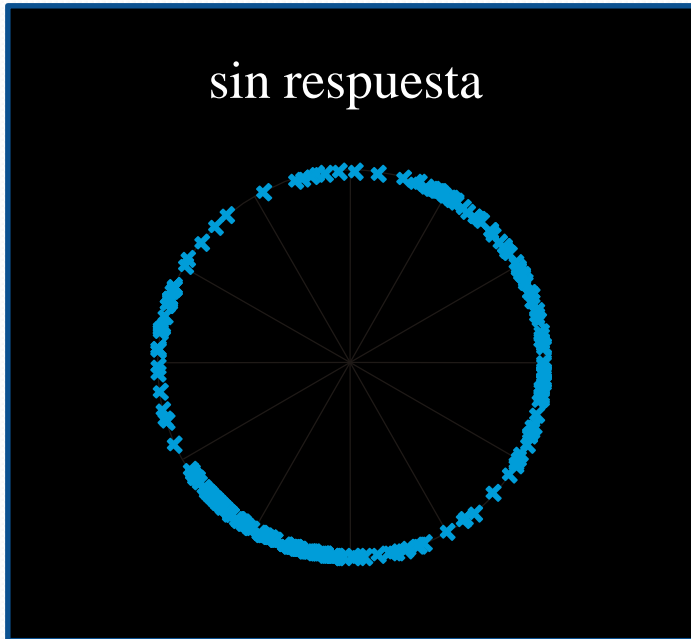


Espectro del estímulo

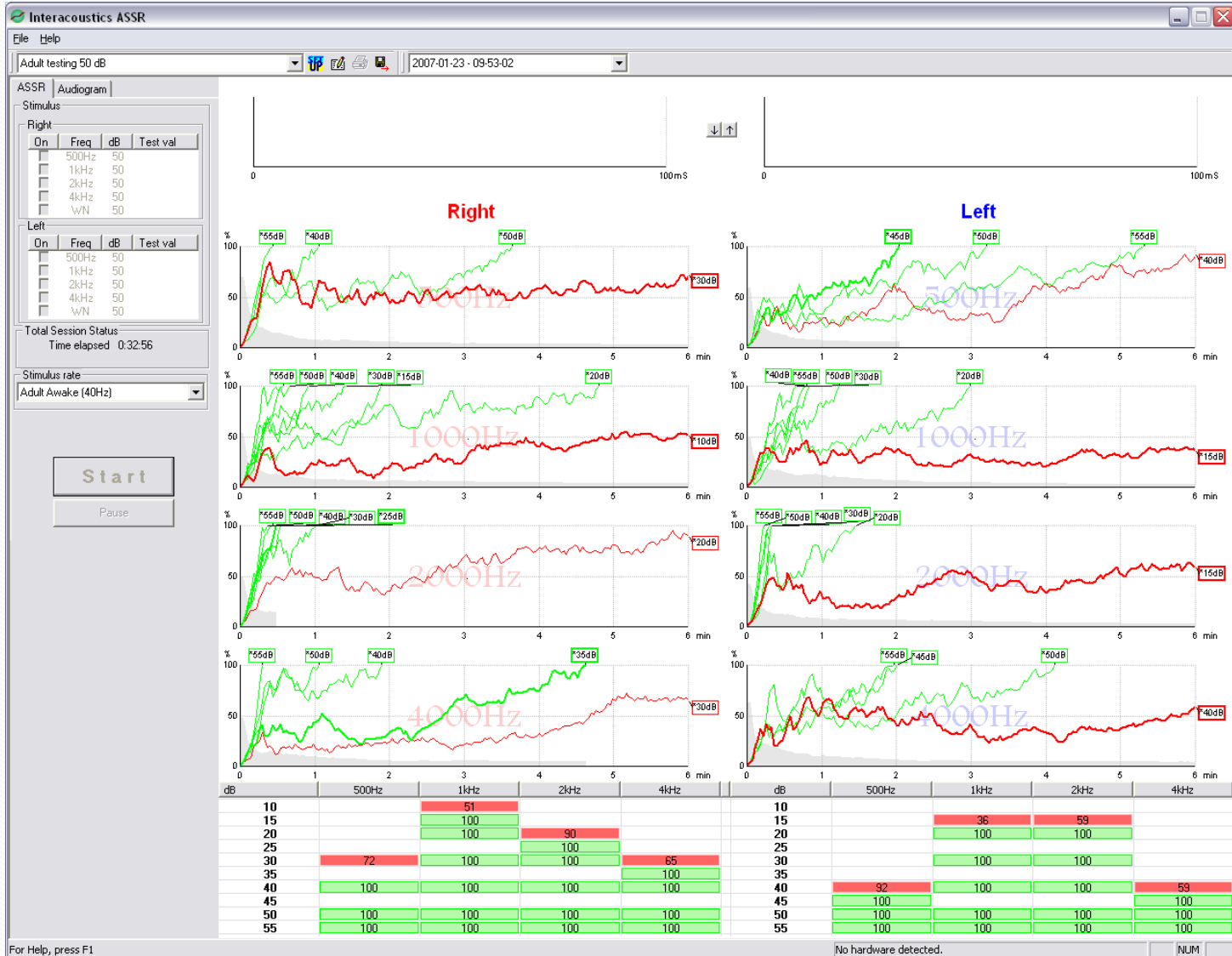
Detección de los armónicos



También se detecta la fase del estímulo



La fase indica el seguimiento de la respuesta al estímulo. Si hay seguimiento se ha percibido el estímulo.



Interacoustics ASSR
File Help

Adult testing 50 dB 2007-01-23 - 09:53:02

ASSR Audiogram

Stimulus

Right

On	Freq	dB	Test val
<input type="checkbox"/>	500Hz	50	
<input type="checkbox"/>	1kHz	50	
<input type="checkbox"/>	2kHz	50	
<input type="checkbox"/>	4kHz	50	
<input type="checkbox"/>	WN	50	

Left

On	Freq	dB	Test val
<input type="checkbox"/>	500Hz	50	
<input type="checkbox"/>	1kHz	50	
<input type="checkbox"/>	2kHz	50	
<input type="checkbox"/>	4kHz	50	
<input type="checkbox"/>	WN	50	

Total Session Status
Time elapsed: 0:32:56

Stimulus rate
Adult Awake (40Hz)

Start
Pause

dB	500Hz	1kHz
10		51
15		100
20		100
25		
30	72	100
35		
40	100	100
45		
50	100	100
55	100	100

For Help, press F1

Interacoustics ASSR
File View Help

Awake Adult 2008-12-25 - 12:54:33

ASSR Audiogram

Stimulus

Right

On	Freq	dB	Test val
<input type="checkbox"/>	500Hz		
<input type="checkbox"/>	1kHz		
<input type="checkbox"/>	2kHz		
<input type="checkbox"/>	4kHz		
<input type="checkbox"/>	WN		

Left

On	Freq	dB	Test val
<input type="checkbox"/>	500Hz		
<input type="checkbox"/>	1kHz		
<input type="checkbox"/>	2kHz		
<input type="checkbox"/>	4kHz		
<input type="checkbox"/>	WN		

Total Session Status
Time elapsed: 0:46:17
Rejected: 0%
Stimulus rate: Awake adult Ages 10 years (40Hz)
Selected Connection Factor: <No Name Available>

Start
Pause

Estimated Audiogram

A = ASSR result
O = Estimated Threshold Right (Final)
O = Estimated Threshold Right (Default)
X = Estimated Threshold Left (Final)
X = Estimated Threshold Left (Default)

Frequency (kHz)	Right Ear Threshold (dB)	Left Ear Threshold (dB)
0.5	15	35
1.0	10	20
2.0	10	25
4.0	25	40

For session comments !!!!!

No hardware detected.

Tener en cuenta las diferentes valoraciones del dB

dB HL

ISO 8253



dB nHL



dB SPL

ANSI S3.22-1996



ABRIS

Potenciales evocados auditivos de screening

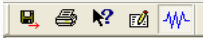
ABRIS

- × Es un método de screening neonatal de la audición basado en la conducción del estímulo nervioso producido por un estímulo auditivo.
- × Por lo tanto estamos midiendo un potencial auditivo

- × Al ser un método de screening sólo nos indica si pasa o no la prueba y por lo tanto no necesita de interpretación de los resultados
- × Se utilizan clicks como estímulo con un ritmo rápido de presentación y analiza la respuesta en base a:
 - × Intensidad de la respuesta
 - × Fase de la respuesta

Sinnet Kristensen, Current date : 2003-09-04 - Edit Mode

File Edit View Help



Stimulus
Level: 40 dB nHL
Output: EAR 3A

Test Status
Recording time : 16 sec.
Pass criteria : 102 %

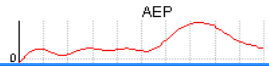
Ear
Right Left

Start

Pause

±160 µV

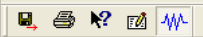
± 40



Remarks

Sinnet Kristensen, Current date : 2003-09-04 - Edit Mode

File Edit View Help



Stimulus
Level: 40 dB nHL
Output: EAR 3A

Test Status
Recording time : 120 sec.
Pass criteria : 43 %

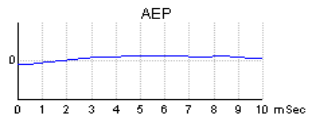
Ear
Right Left

Start

Pause

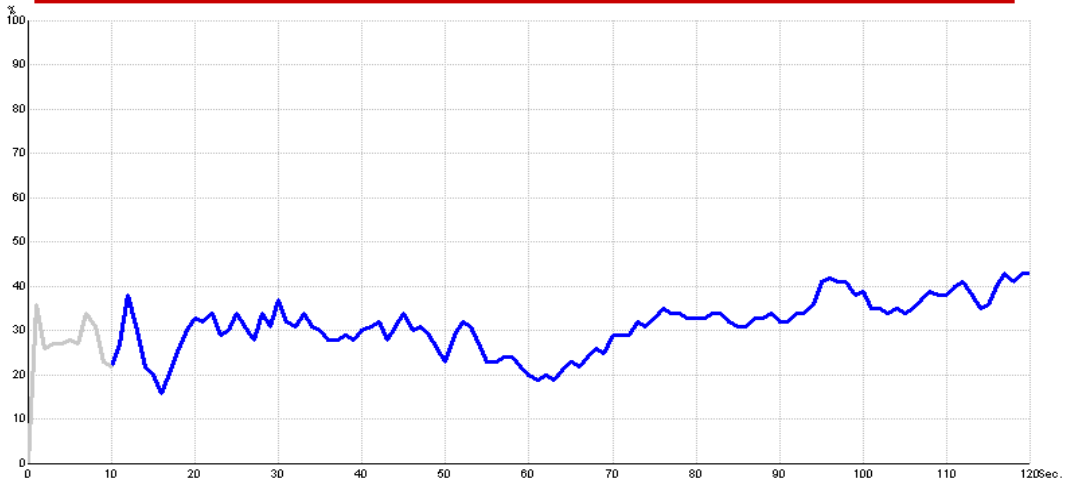
±160 µV

± 80



Remarks

REFERRED



Session date:2003-08-25 00.50 F55

