TEMA 8:

"VOZ Y AUDICIÓN HUMANAS"

Universidad Rey Juan Carlos

Roberto San Millán Castillo

voz y audición humanas

Objetivos:

- Caracterización acústica de la señal de voz humana.
- Análisis del proceso de audición humana.
- Comprensión del concepto de "Sonoridad".
- Comprensión del concepto de "Enmascaramiento".

Universidad Rey Juan Carlos

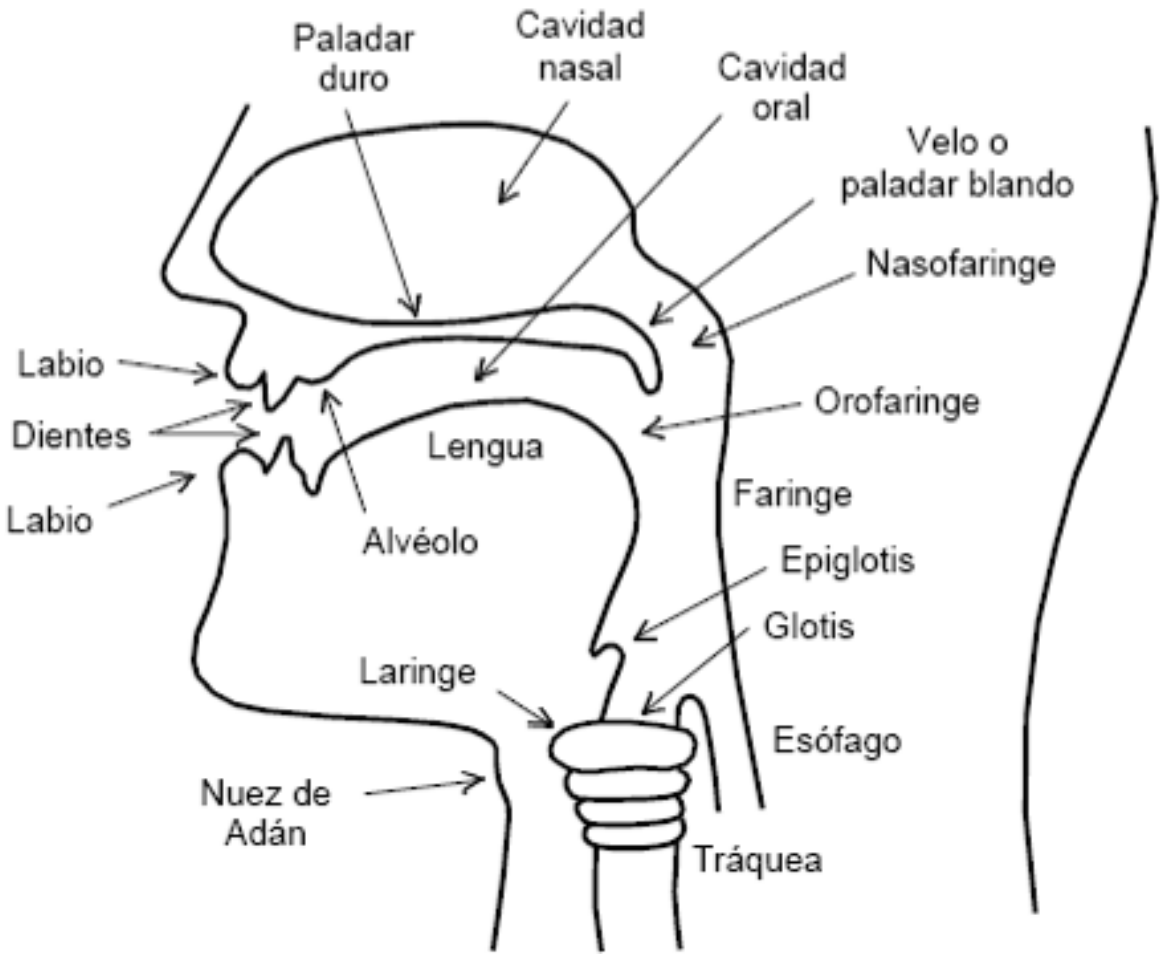
voz y audición humanas

Contenido:

1. Fisiología del aparato fonador humano.
2. Características de la señal de voz.
3. Fisiología del oído.
4. Enmascaramiento.
5. Sonoridad.

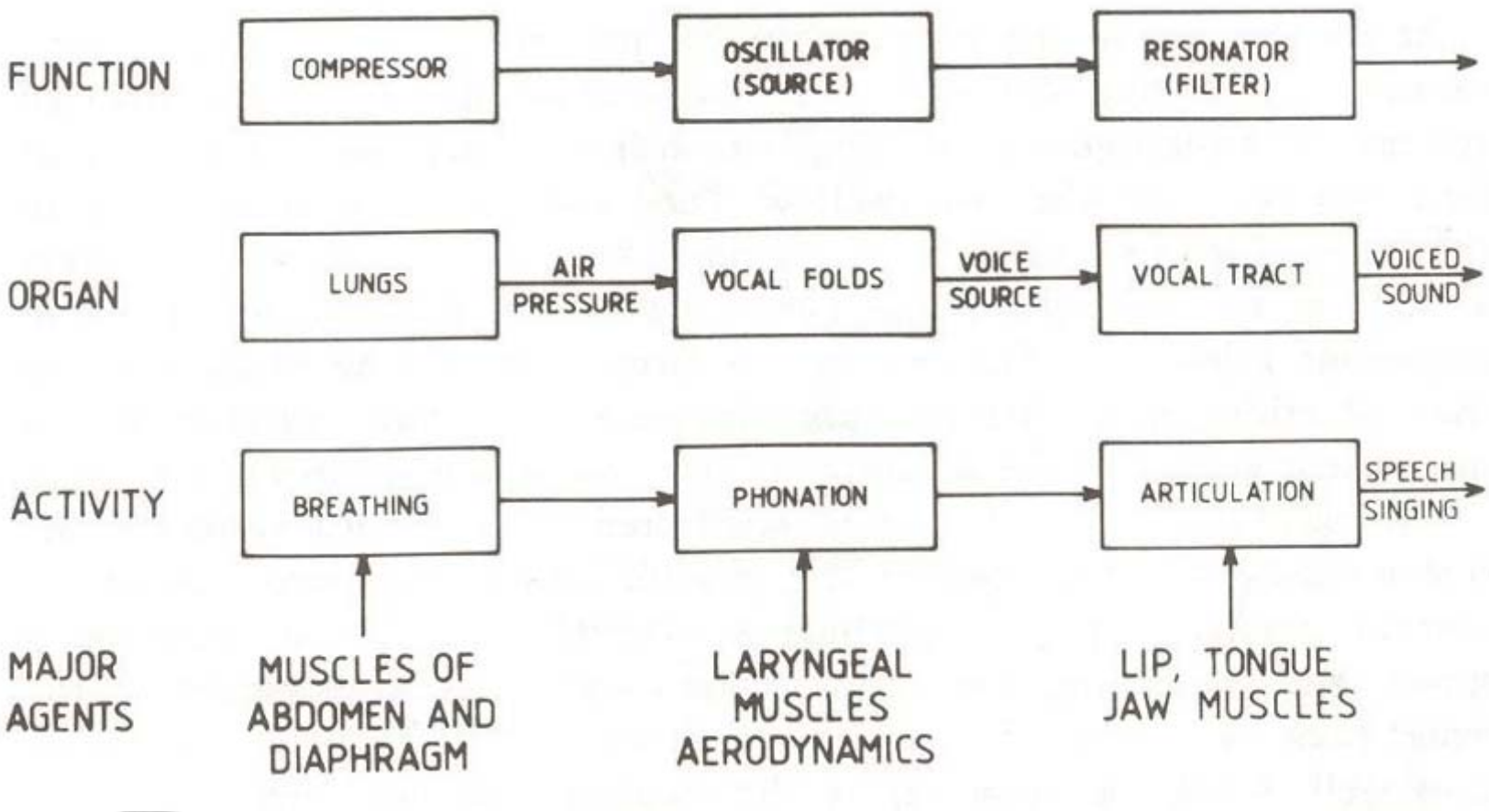
Universidad Rey Juan Carlos

voz y audición humanas



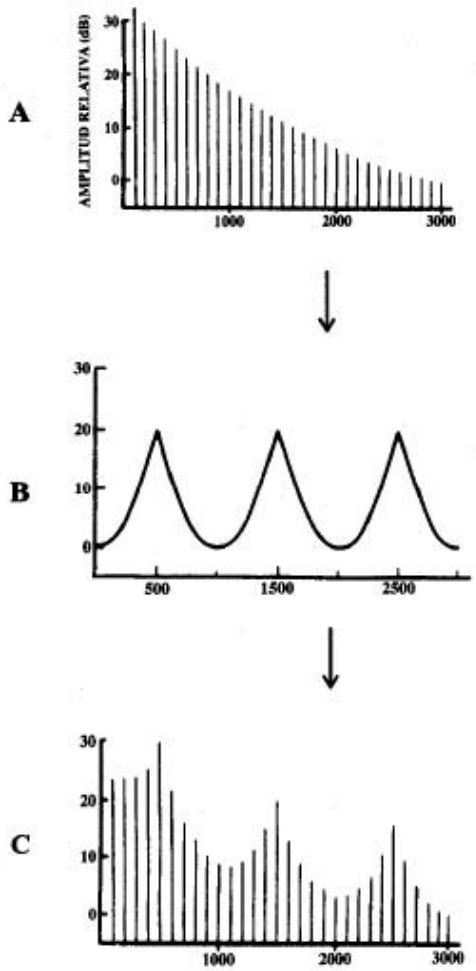
Fuente: "La voz humana", Federico Miyara

voz y audición humanas



Fuente: Sandra Gilabert, Universidad Pompeu t Fabra

voz y audición humanas



A: Onda laríngea

B: Onda a su paso por las cavidades supraglóticas

C: Onda sonora final

Fuente: Milka Villayandre, Universidad de León

voz y audición humanas

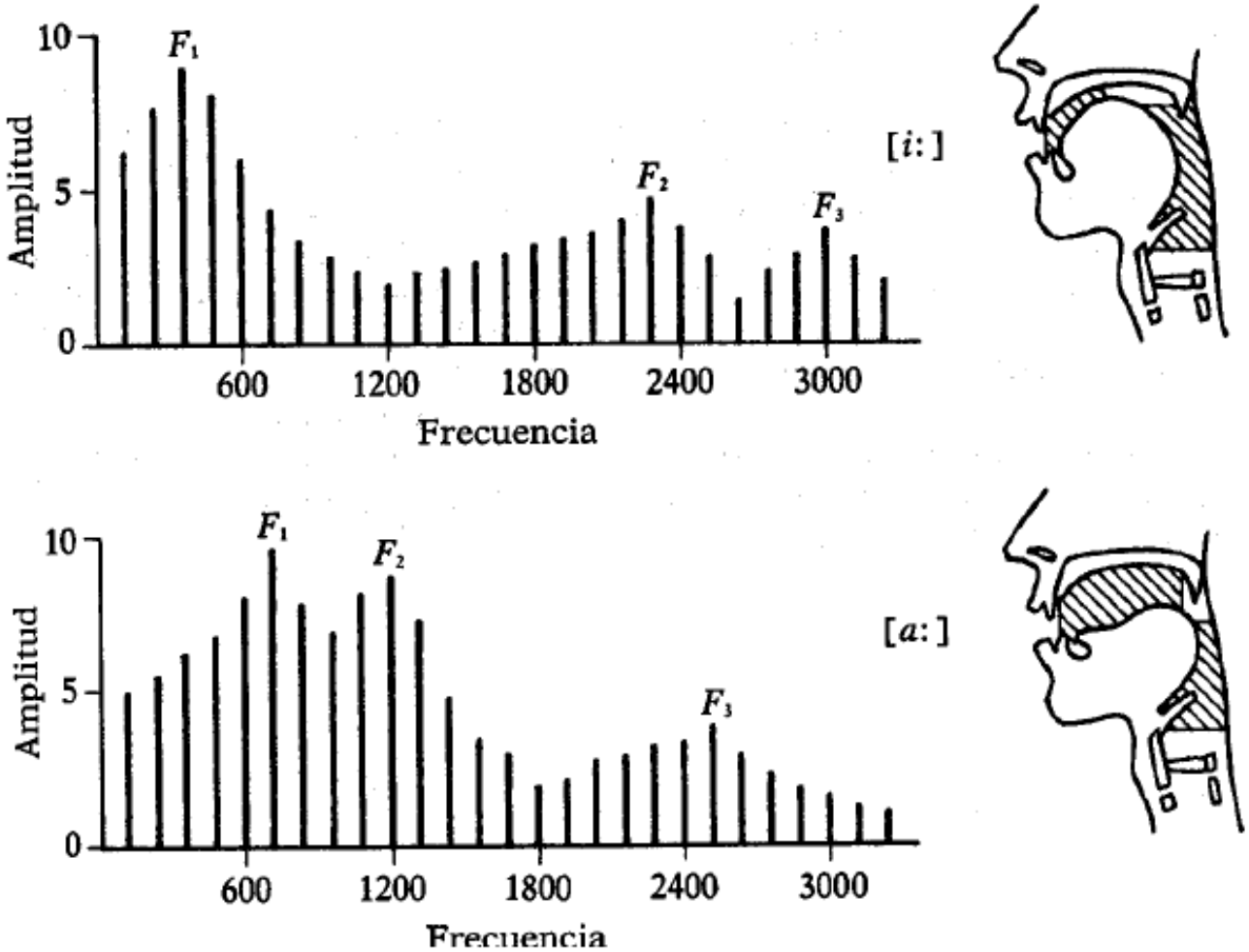
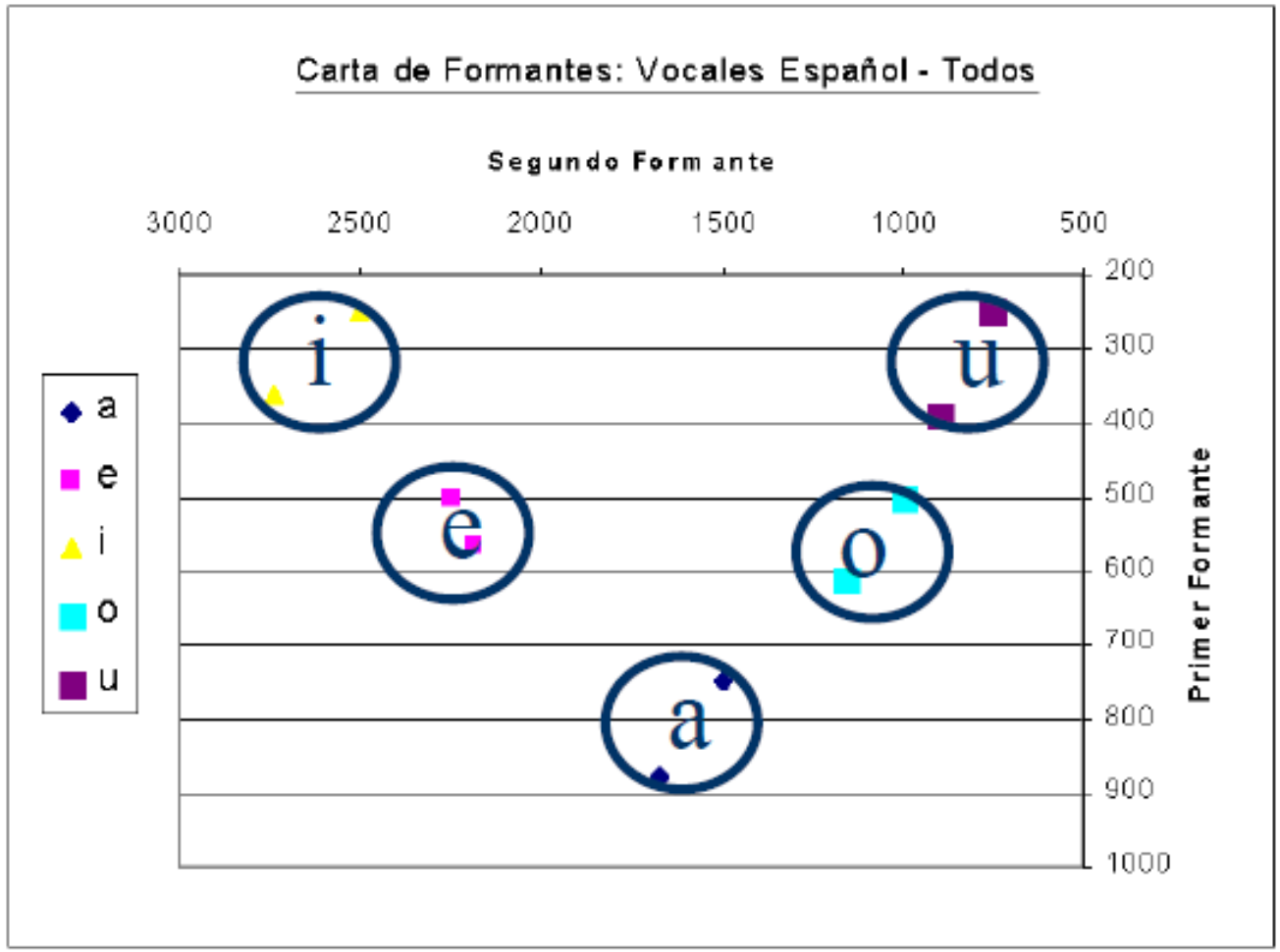


Gráfico tomado de Martínez Celdrán (1984:87)

voz y audición humanas



Fuente: Matías Zañartu, Universidad Pérez Rosales

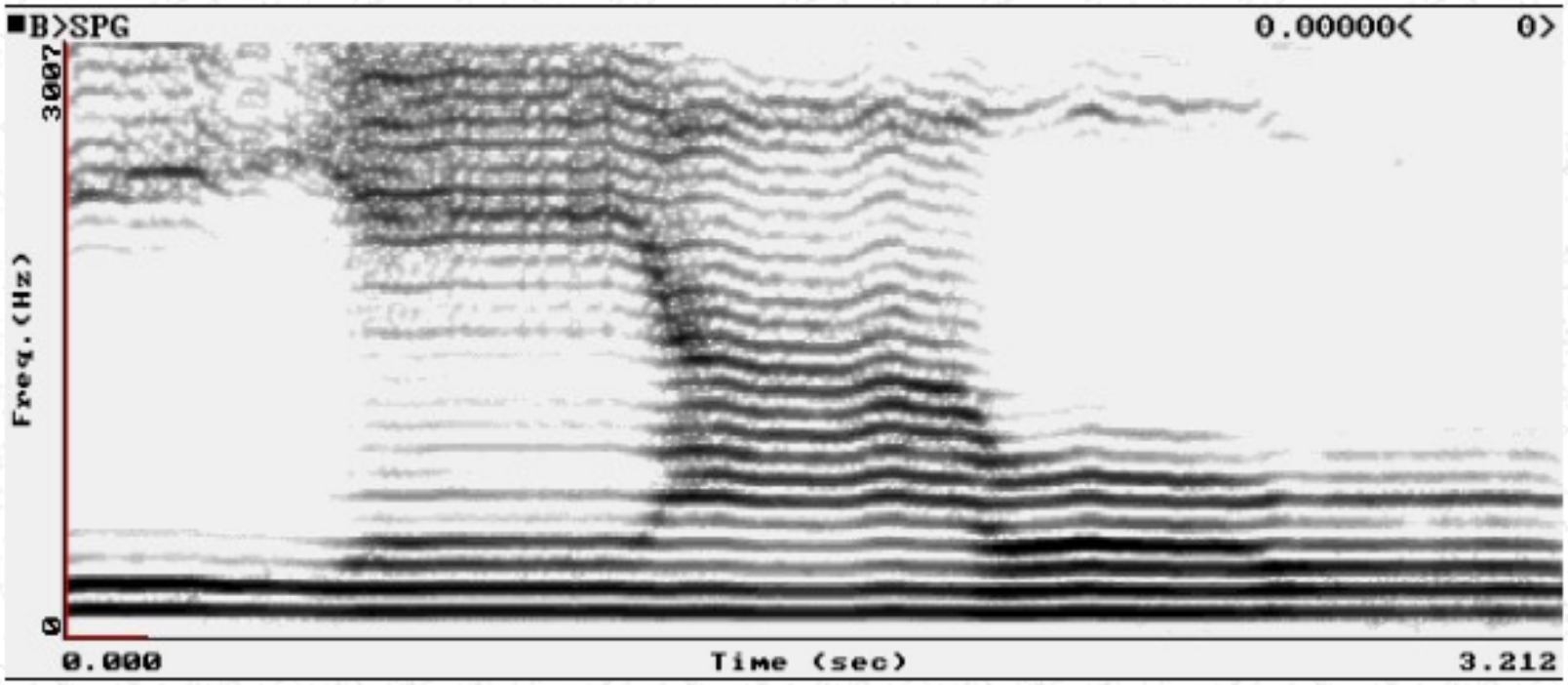
voz y audición humanas

Tabla 2. Clasificación de las consonantes de la lengua castellana según el lugar y el modo de articulación y la sonoridad.

Lugar de articulación	Modo de articulación								
	Oral								Nasal
	Oclusiva		Fricativa		Africada	Lateral	Vibrante	Aproximante	
	Sorda	Sonora	Sorda	Sonora	Sorda	Sonora	Sonora	Sonora	Sonora
Bilabial	p	b, v		b, v				w	m
Labiodental			f						
Linguodental			z	d					
Alveolar	t	d	s	y	ch	l	r, rr		n
Palatal				(y)	(ch)	ll		i	ñ
Velar	k	g	j	g					
Glotal			h						

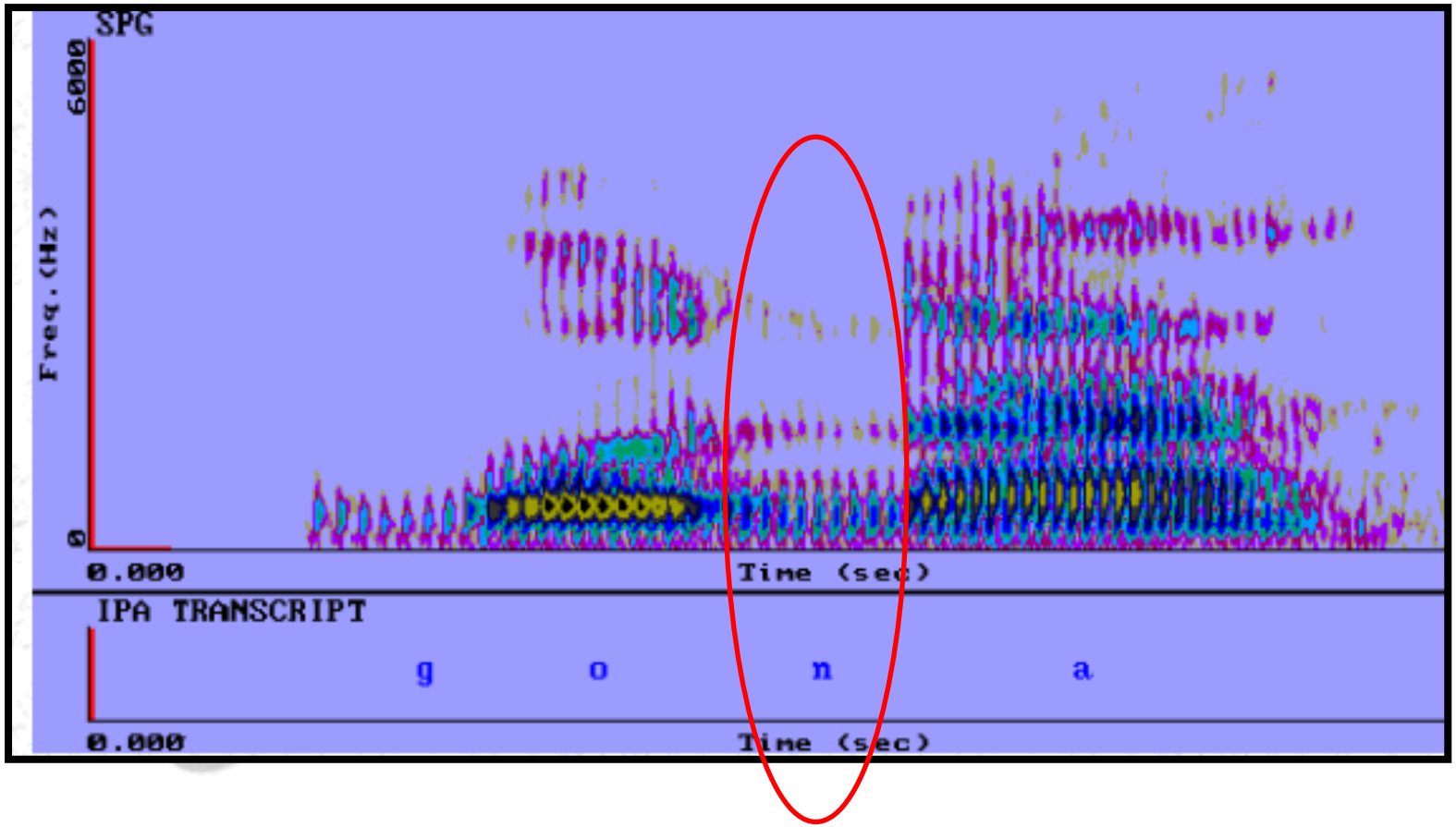
Fuente: "La voz humana", Federico Miyara

voz y audición humanas



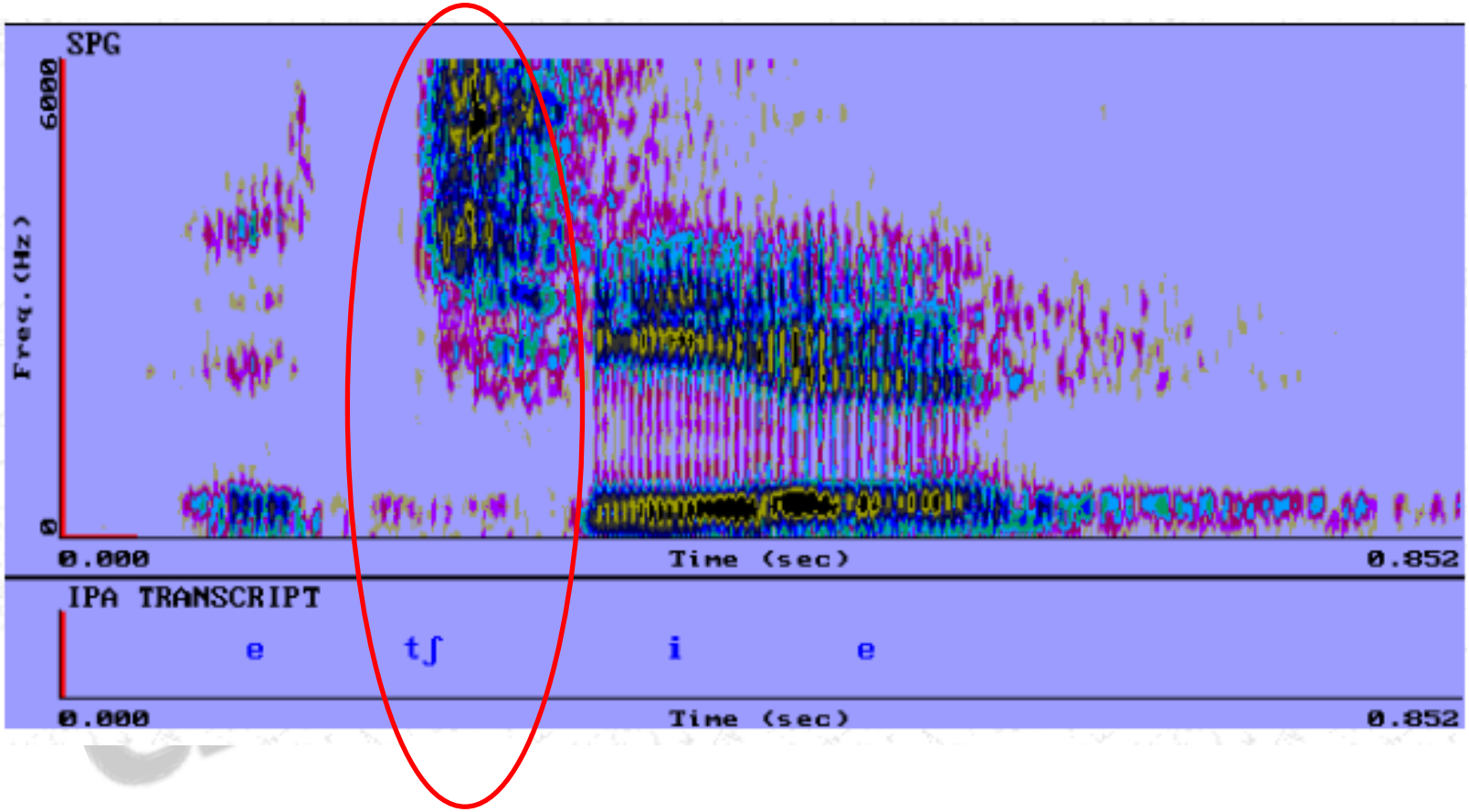
Fuente: *http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Apuntes/06.html* Véase el espectro de la secuencia [i e a o u]

voz y audición humanas



Fuente: http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Apuntes/06.html consonante nasal

voz y audición humanas



Fuente: http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Apuntes/06.html consonante africada

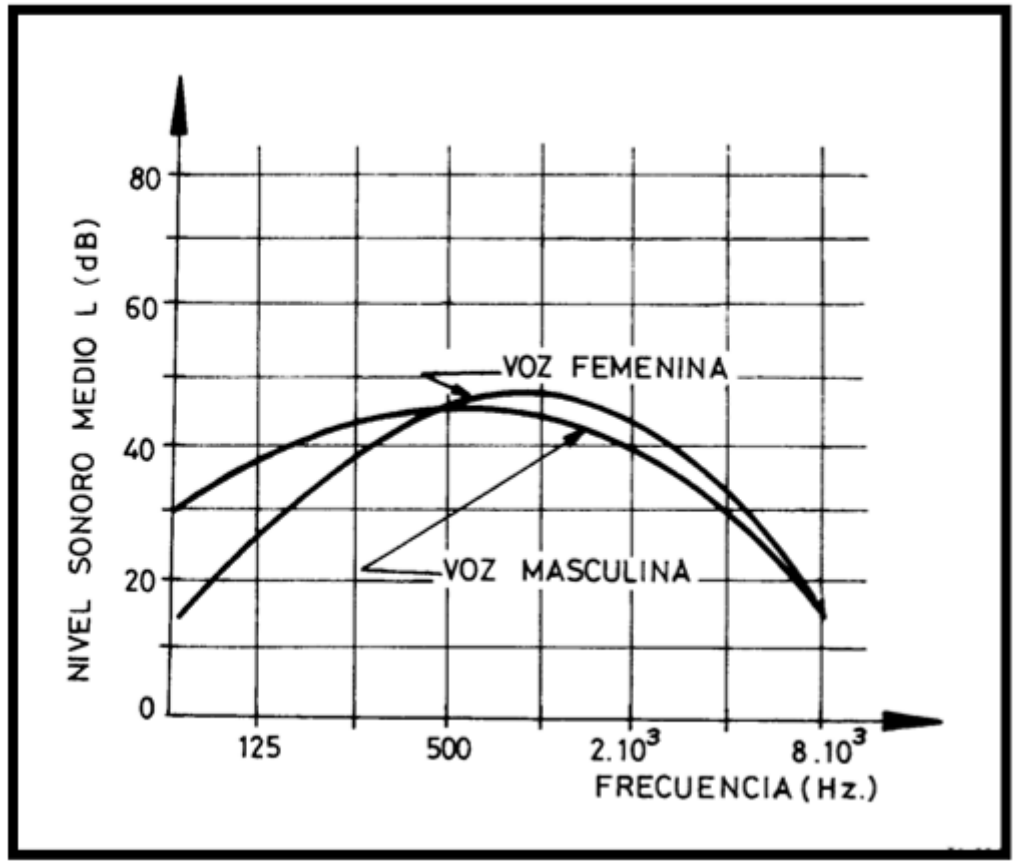
voz y audición humanas

Rango en frecuencia de diferentes voces cantadas.

Instrumentos	Límite inferior		Límite superior	
	Nota musical	Frecuencia (Hz)	Nota musical	Frecuencia (Hz)
Soprano	DO_3	261,62	DO_5	1.046,50
Mezzosoprano	LA_2	220,00	LA_4	879,98
Contralto	FA_2	174,61	MI_4	659,25
Tenor	RE_2	146,68	DO_4	523,25
Barítono	SI_1	123,47	LA_3	440,00
Bajo	MI_4	82,40	RE_3	293,66
Voz femenina	-	164,80	-	9.399,00
Voz masculina	-	98,00	-	8.372,00

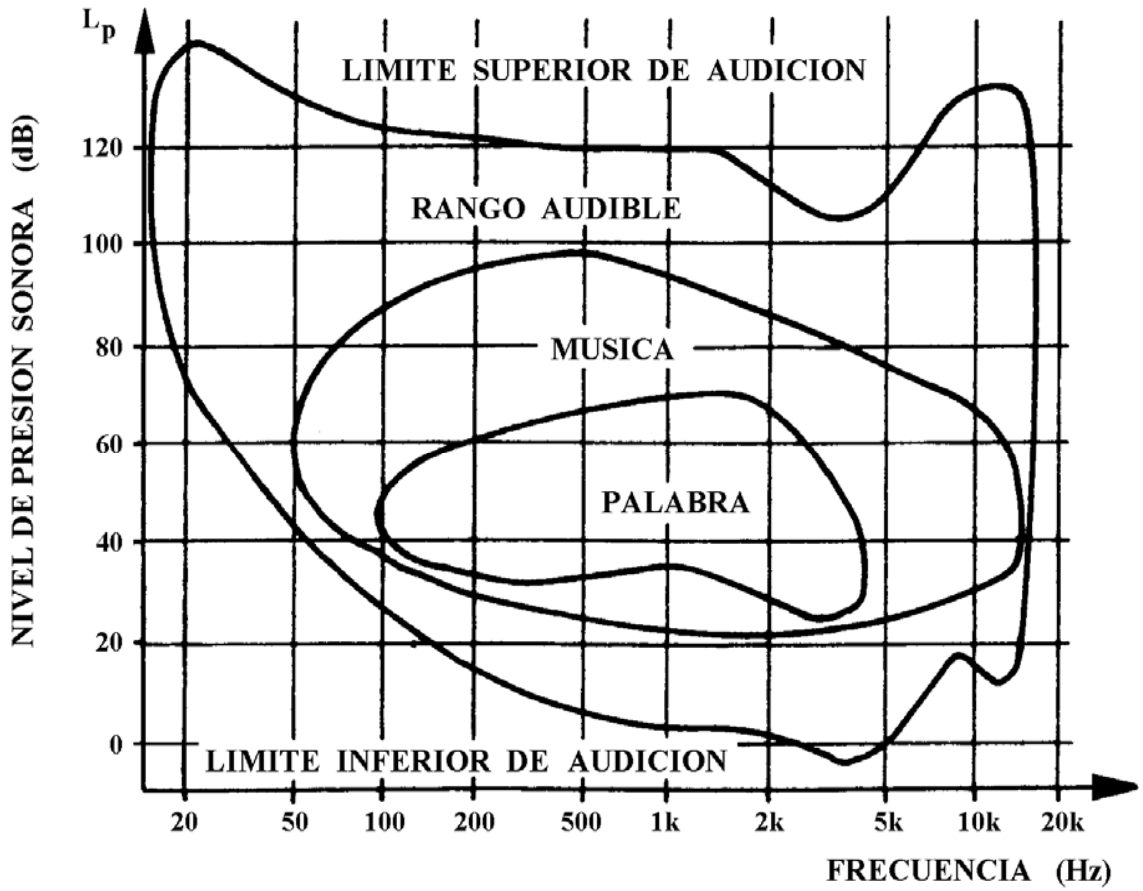
Fuente: "Ingeniería Acústica", Manuel Recuero

voz y audición humanas



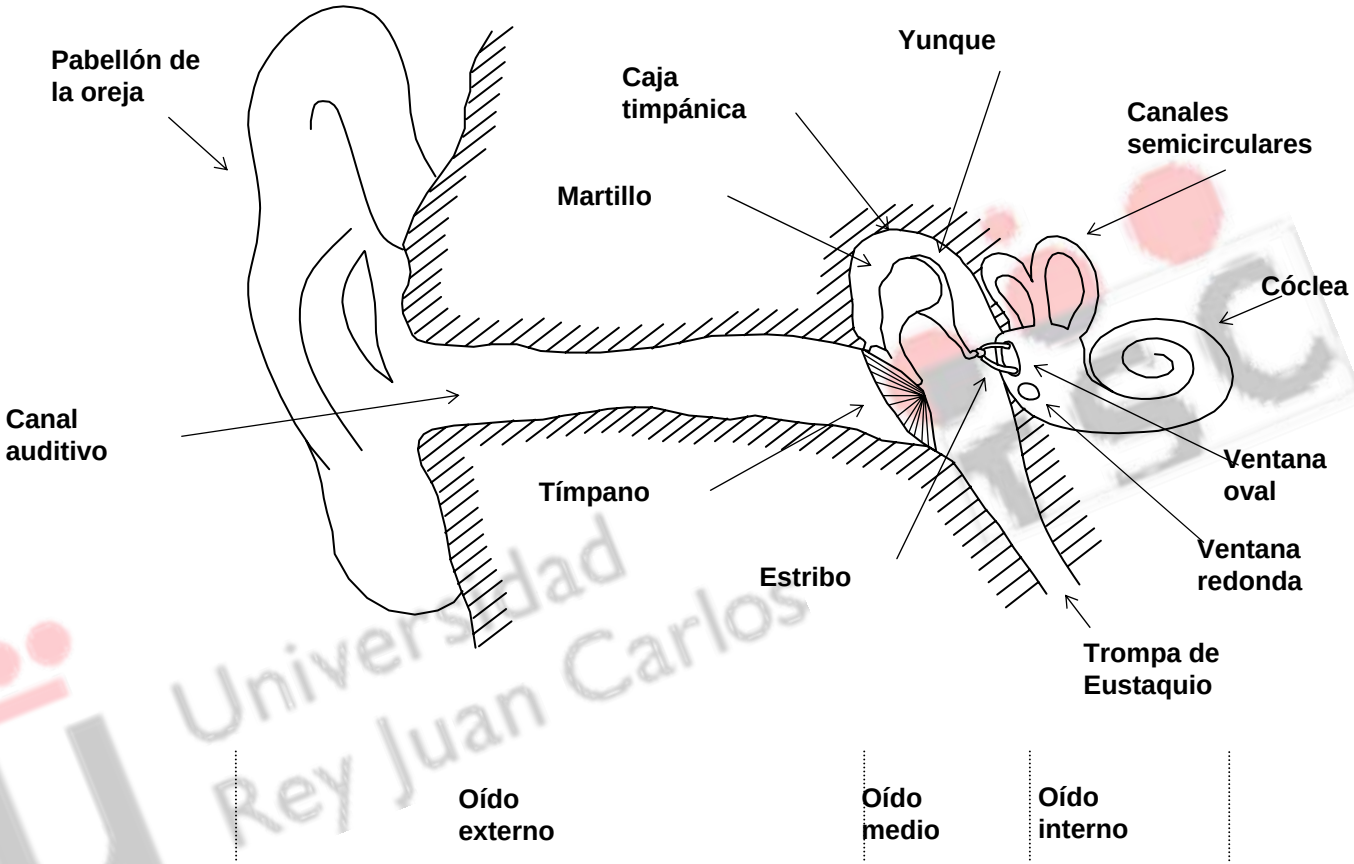
Fuente: "Ingeniería Acústica", Manuel Recuero

voz y audición humanas



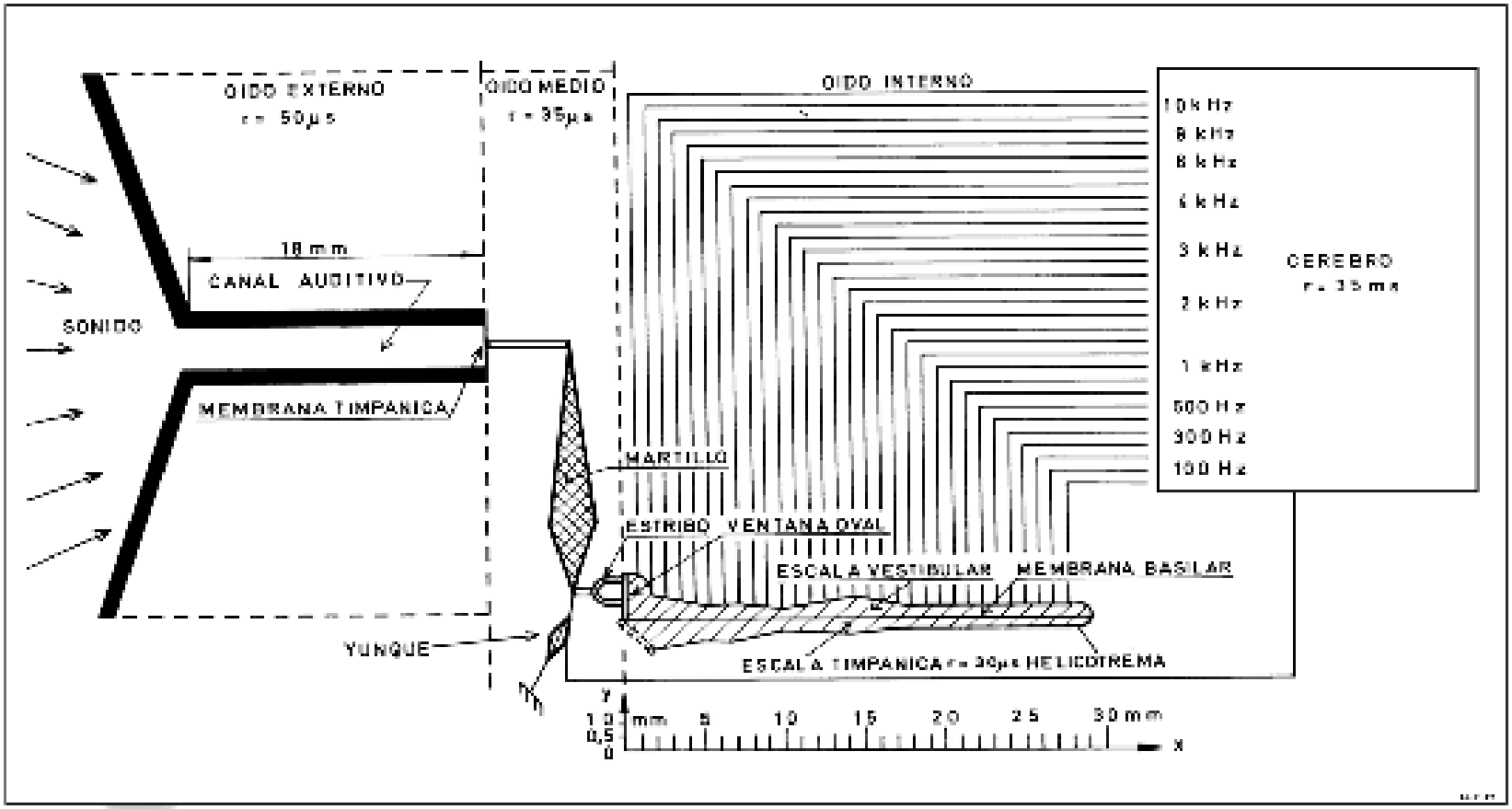
Fuente: "Ingeniería Acústica", Manuel Recuero

voz y audición humanas



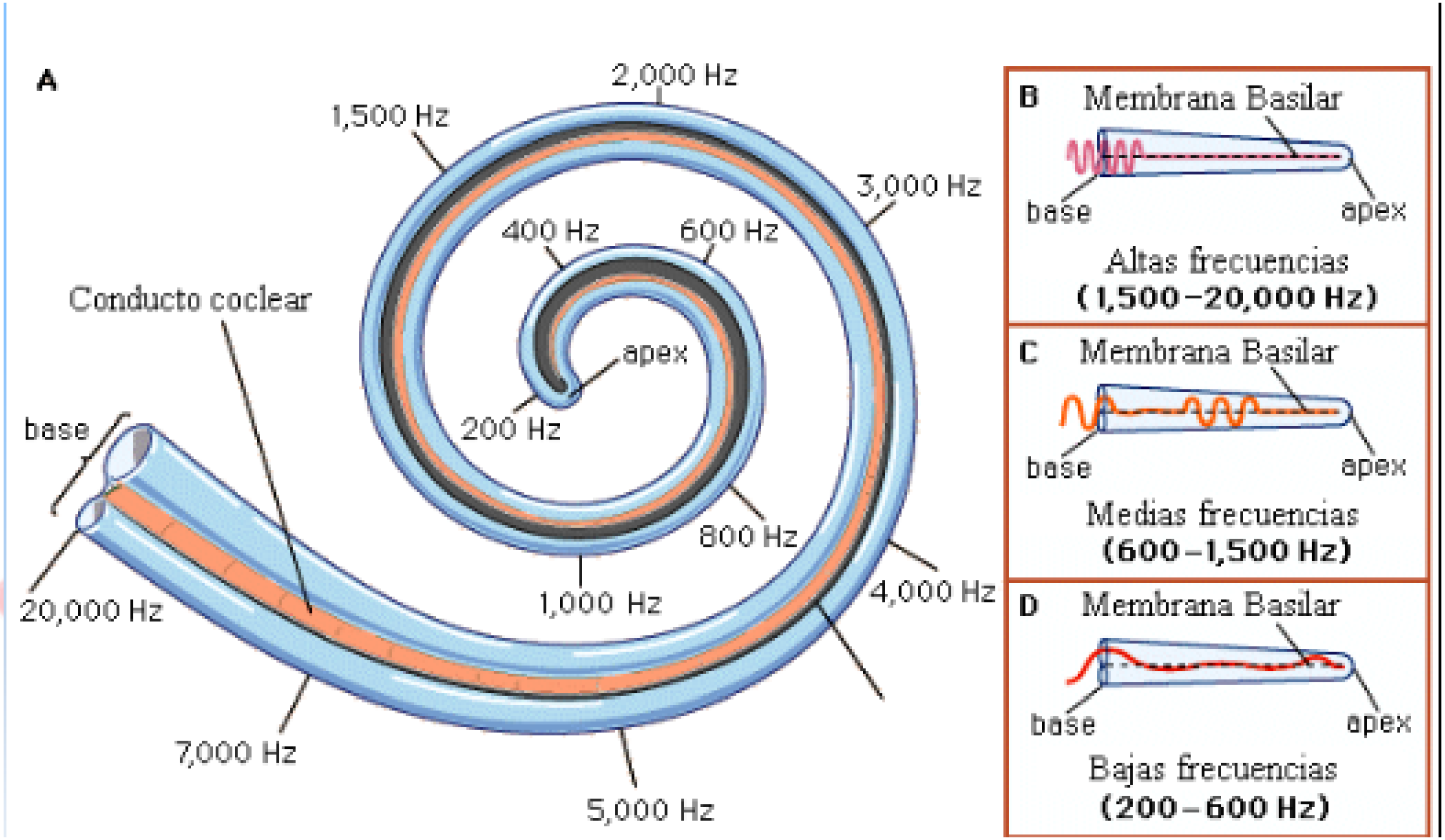
Fuente: Curso Allava Ingenieros, Roberto San Millán&Diego Andrés

voz y audición humanas



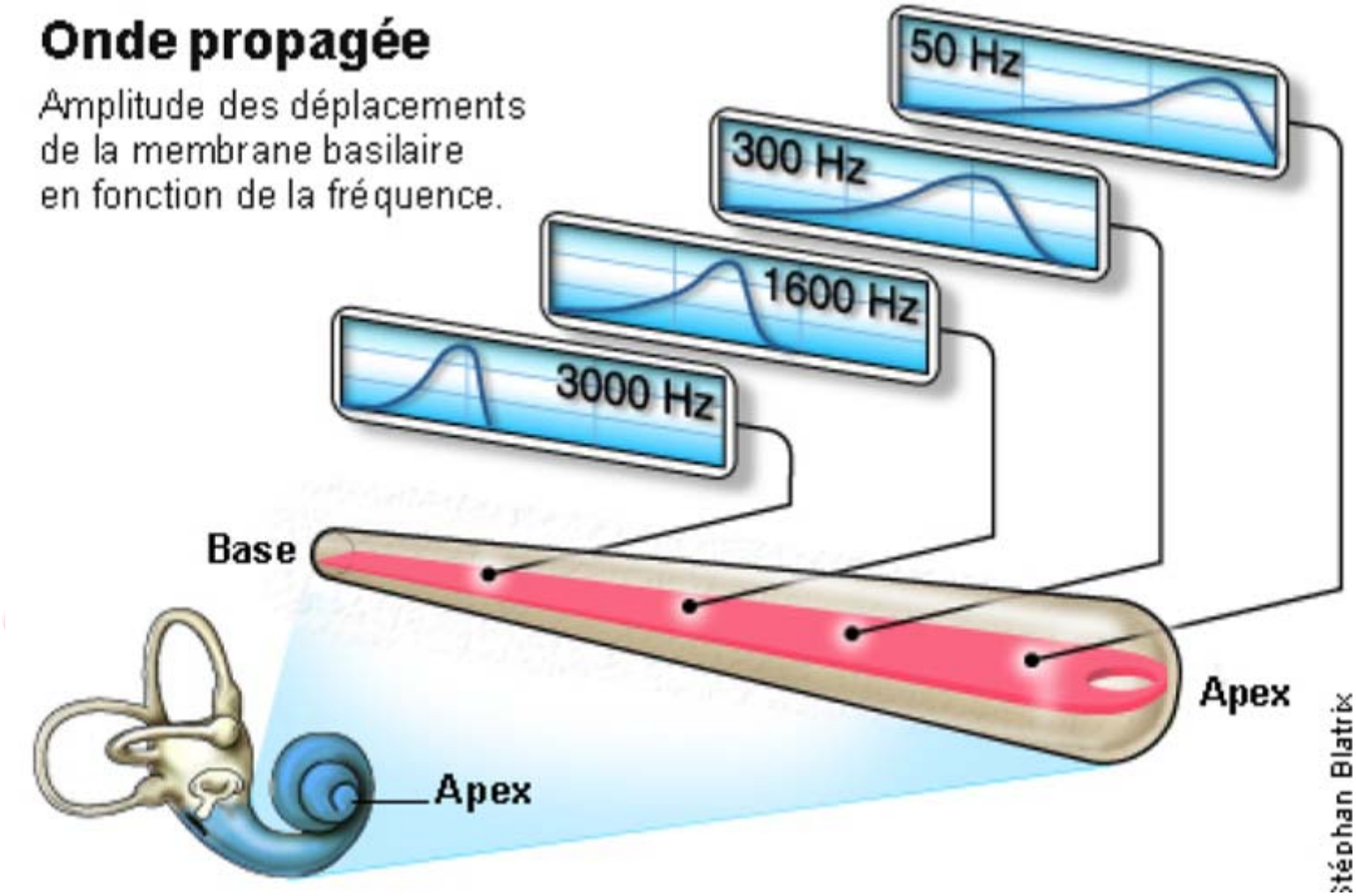
Fuente: "Ingeniería Acústica", Manuel Recuero

voz y audición humanas



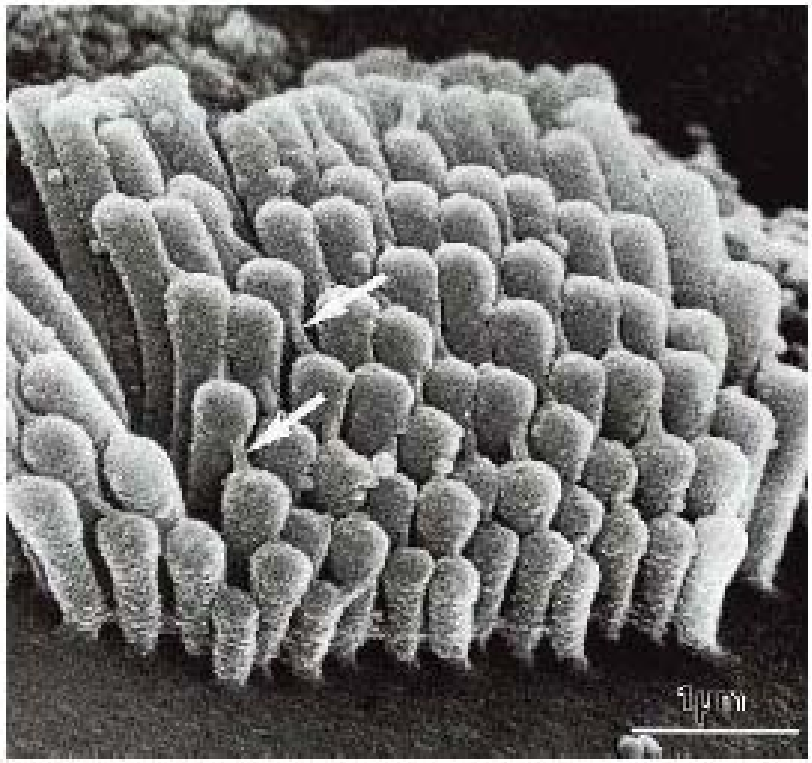
Fuente: www.cochlee.org

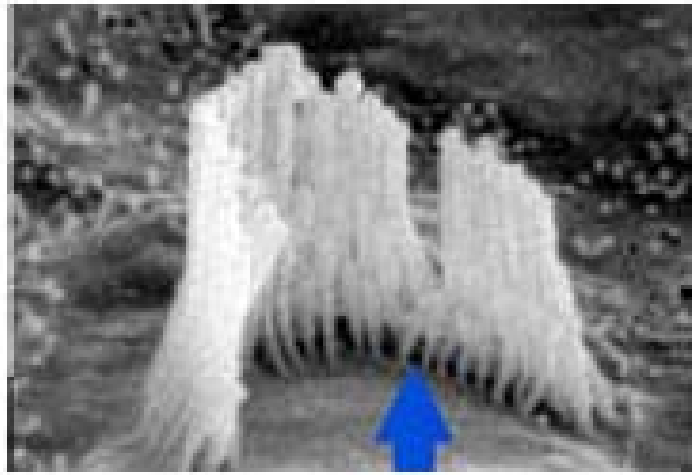
voz y audición humanas



Fuente: www.cochlee.org

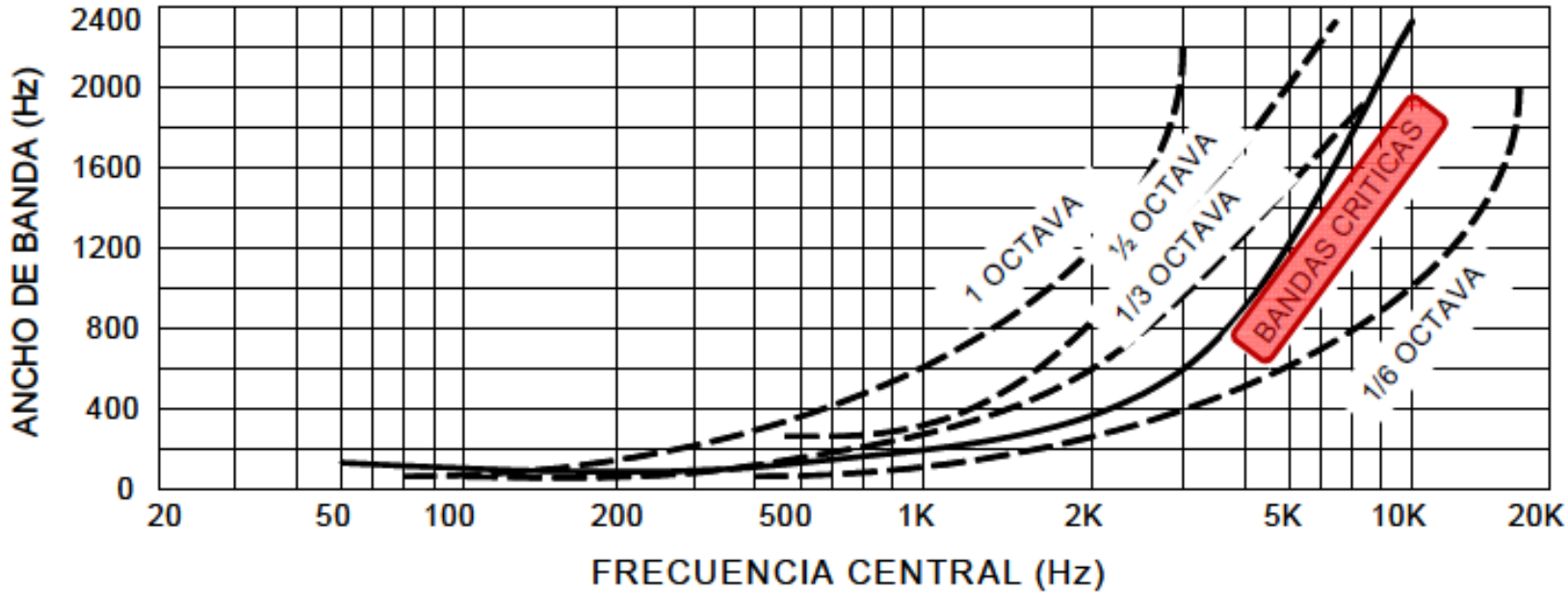
voz y audición humanas





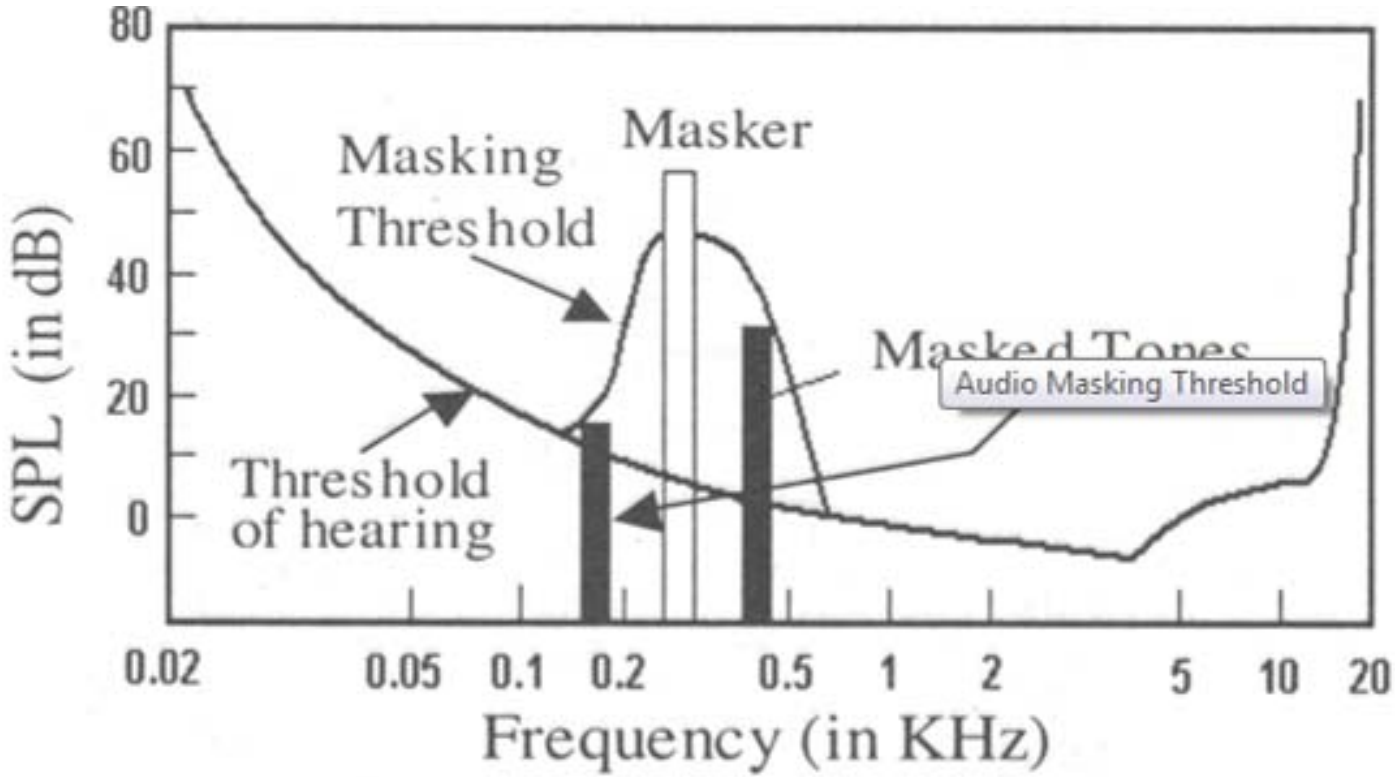
Fuente: "Ruido Industrial y Laboral. Tema 4", Ignacio Pavón, UPM

voz y audición humanas



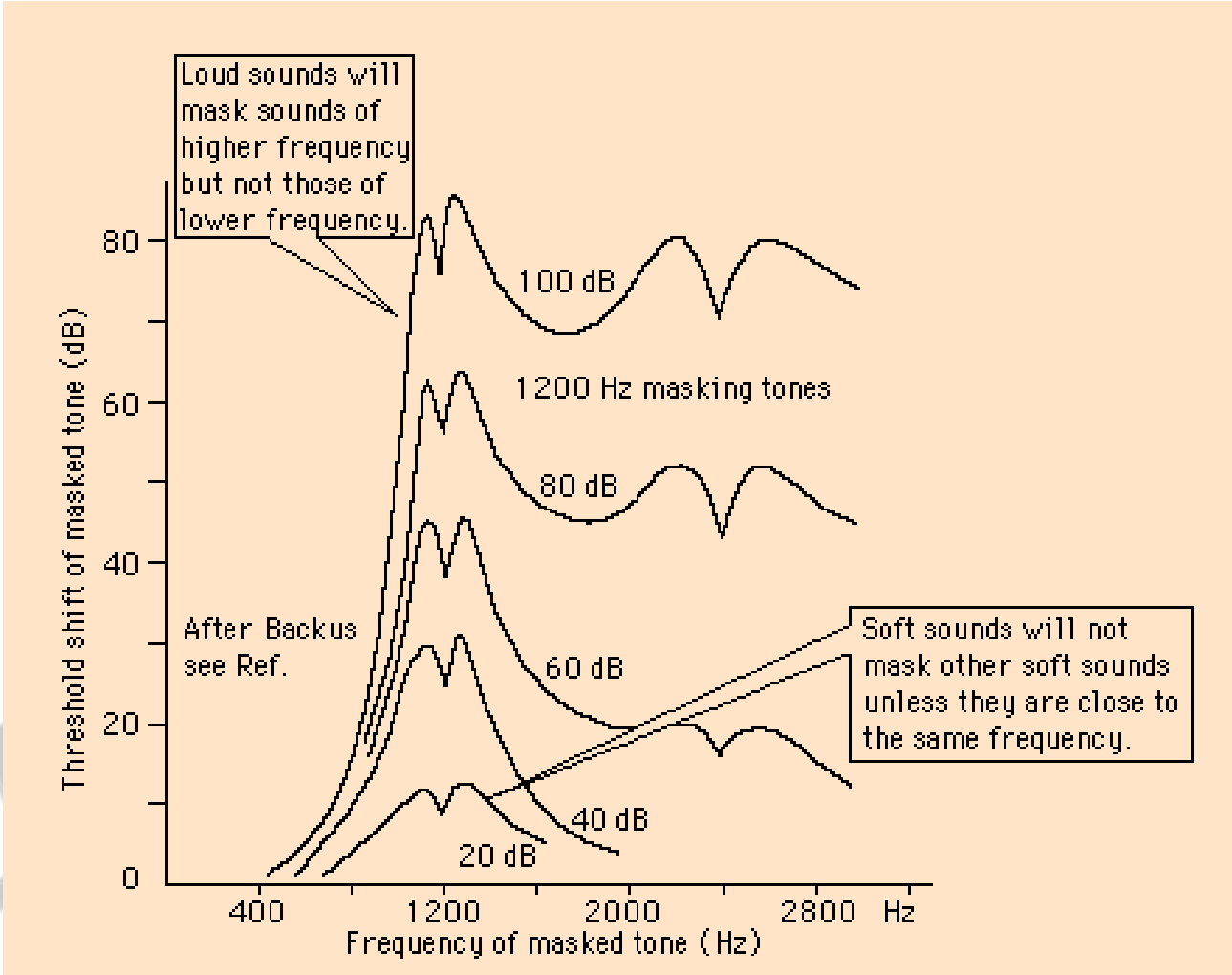
Fuente: "Ingeniería Acústica", Manuel Recuero

voz y audición humanas



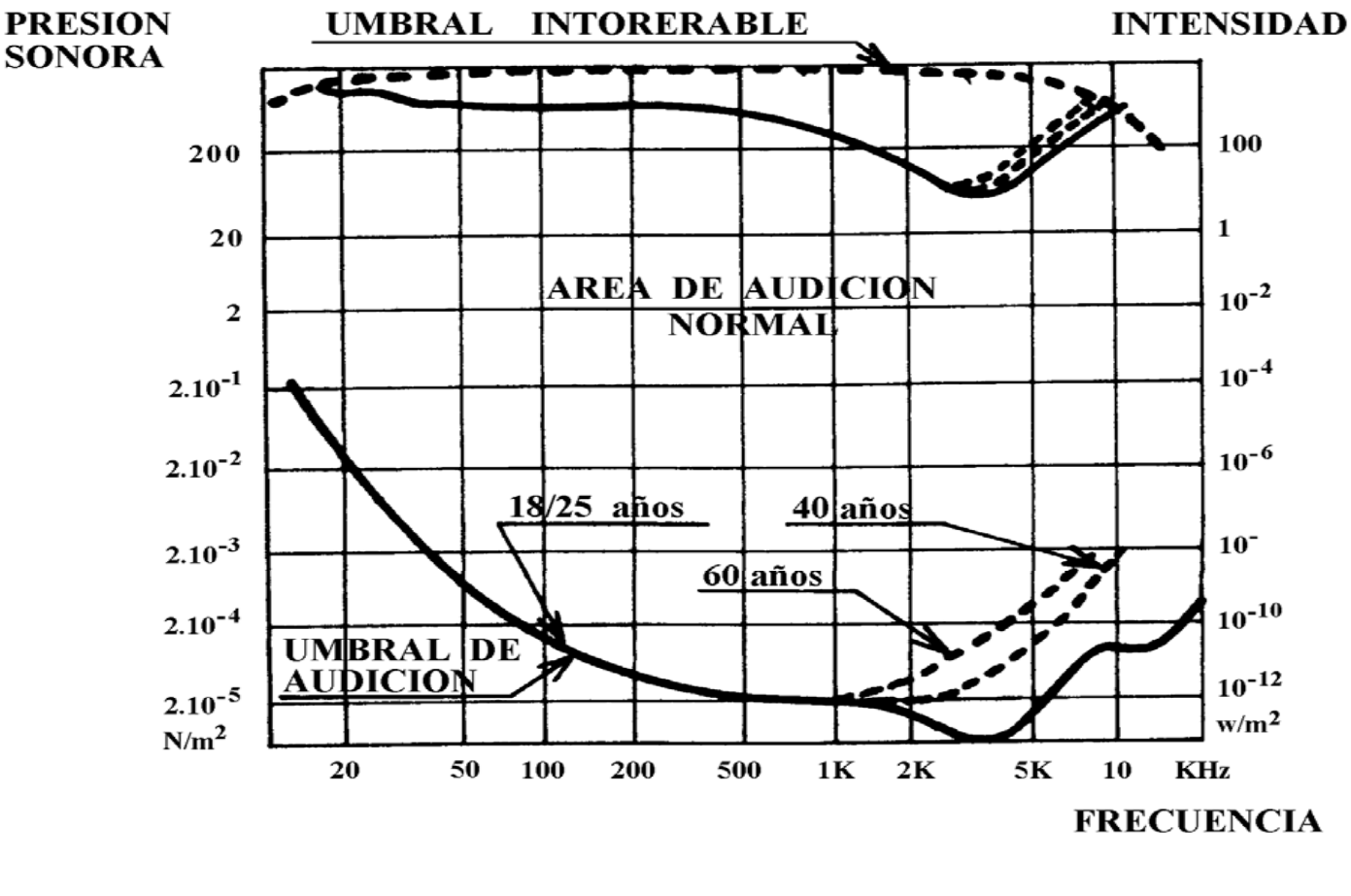
http://cs.uccs.edu/~cs525/audio/audio.html

voz y audición humanas



http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/%E2%80%8Chbase/sound/eqloud.html

voz y audición humanas



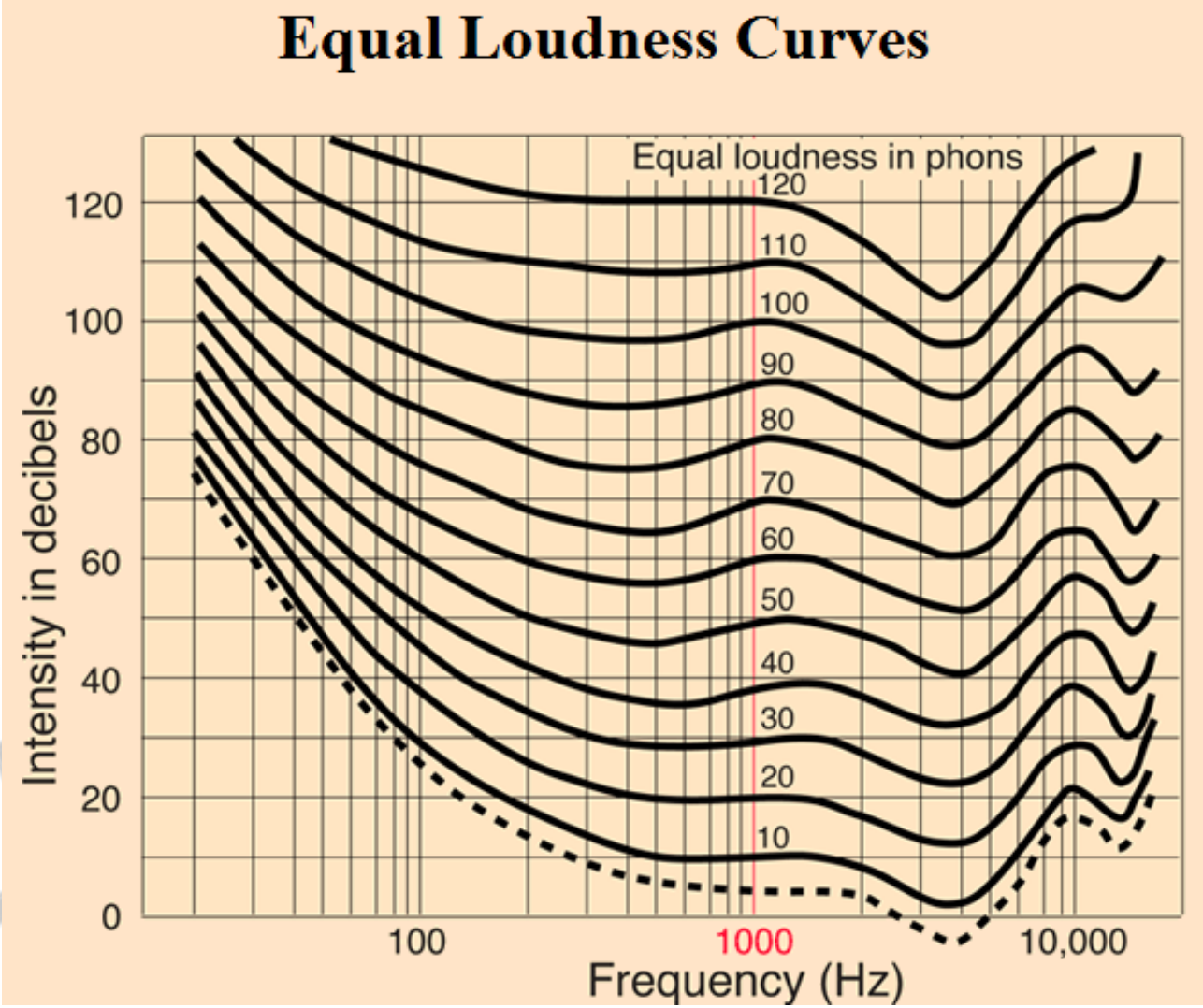
Fuente: "Ingeniería Acústica", Manuel Recuero

voz y audición humanas

– Sonoridad – Método de Fletcher - Munson:
  - Señal: tonos puros.
  - Campo libre ➔ Cámara Anecoica.
  - " Nuevas Unidades **Subjetivas**": **Sonos** y **Fonos**.
  - Referencia @1kHz.
  - Relación con Curvas de ponderación en frecuencia.

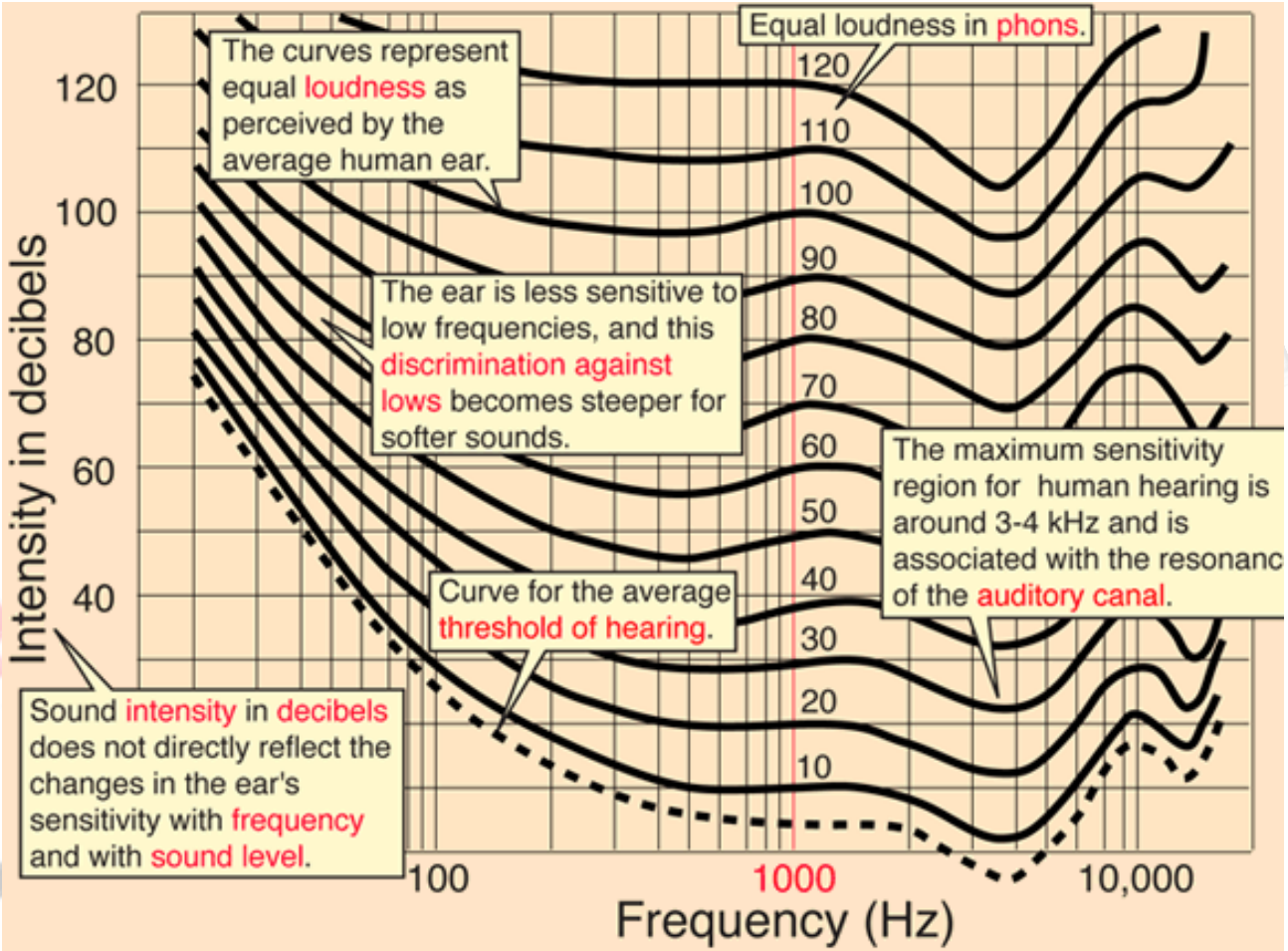
Universidad Rey Juan Carlos

voz y audición humanas



http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/%E2%80%8Chbase/sound/eqloud.html

voz y audición humanas



http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/%E2%80%8Chbase/sound/eqloud.html

voz y audición humanas

- Nivel de Sonoridad:
  - Sensación subjetiva del nivel de presión sonora.
  - Dependencia: frecuencia, nivel, y ancho de banda.
  - Descriptor: Nivel de sonoridad (L_N).
    - Referencia => 1kHz
    - Unidad: fon.
    - => $L_N + L_N \neq L_N + 3dB$
    - => $\mathbf{L_N + L_N = L_N + 10dB}$

Universidad Rey Juan Carlos

voz y audición humanas

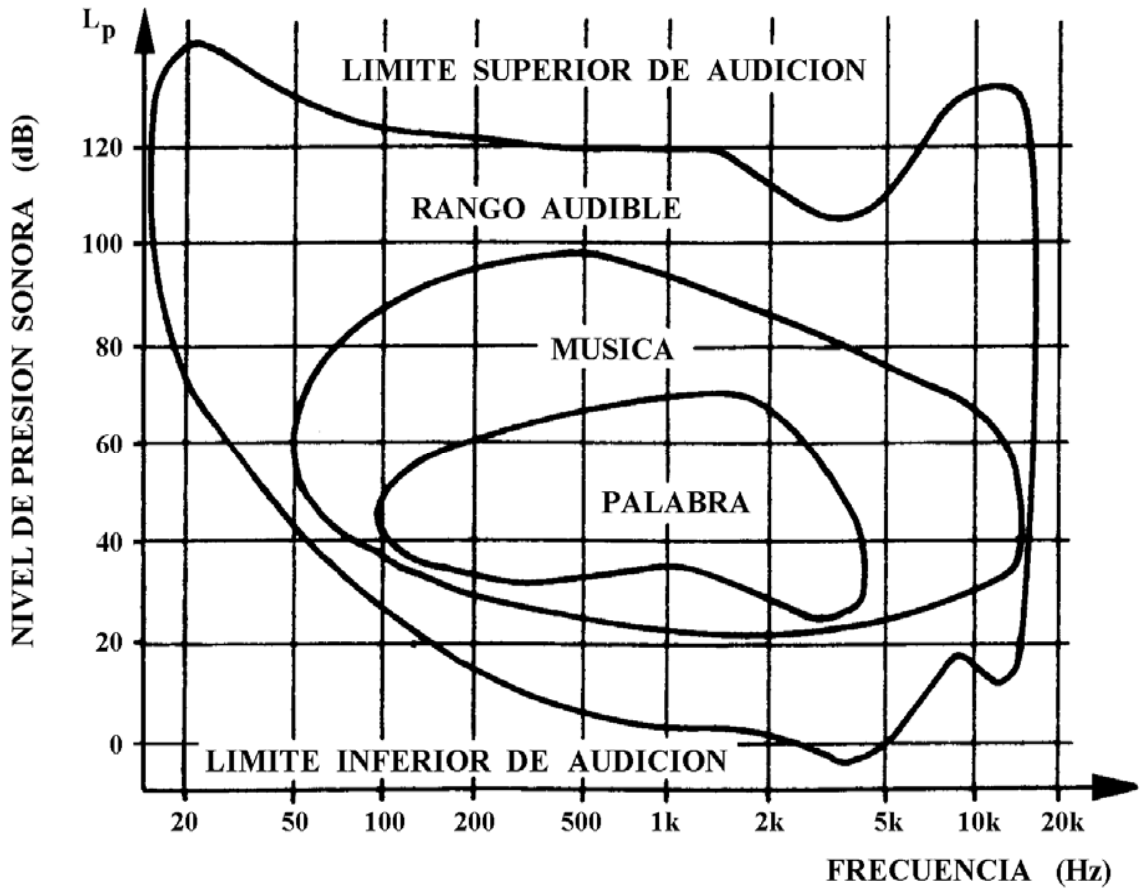
- Sonoridad:
  - Sensación subjetiva de la presión sonora.
  - Dependencia: frecuencia, nivel, y ancho de banda.
  - Descriptor: sonoridad (N).
    - Referencia => 1kHz
    - Unidad: son.
    - Si L_N > 40 fonos =>

$$N = 2^{\left(\frac{L_N - 40}{10}\right)}$$

    - Si L_N < 40 fonos =>

L_N	34	30	24	20	16	12
N	0.5	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02

voz y audición humanas



Fuente: "Ingeniería Acústica", Manuel Recuero

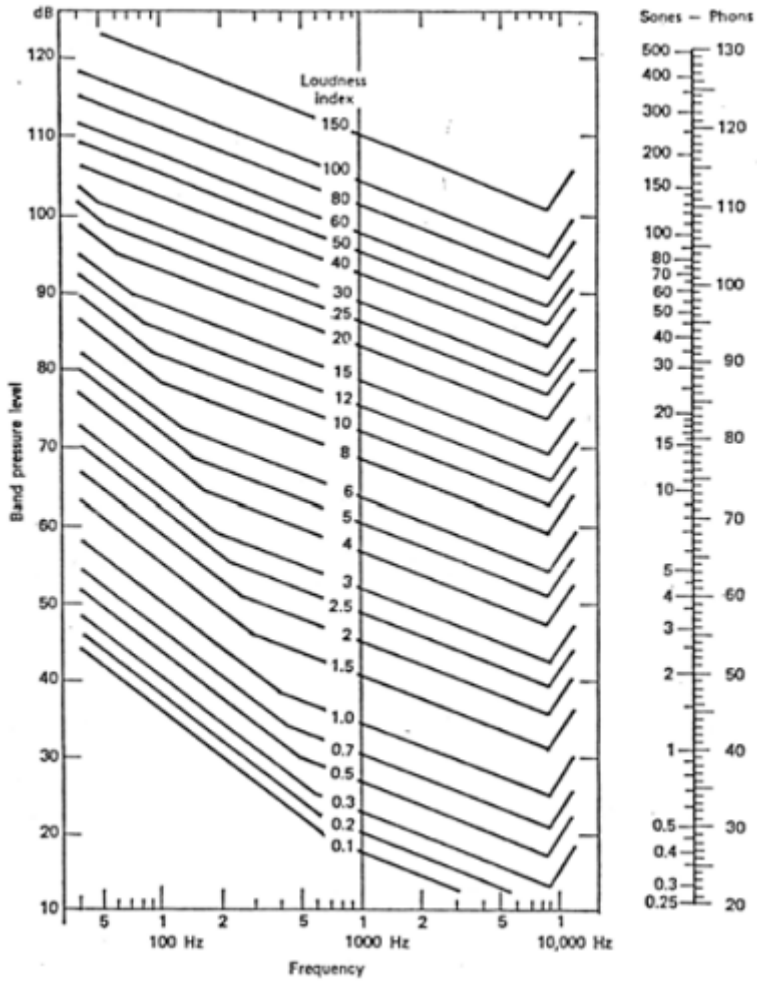
voz y audición humanas

- Sonoridad – Método de Stevens:
  - Señal: ruido en banda ancha.
  - Campo difuso.
  - Mantienen relación de Sonos y Fonos.
  - Evaluación en Octavas (1/1).
  - Obtención de un valor global.

Universidad Rey Juan Carlos

voz y audición humanas

– Sonoridad – Método de Stevens:



$$s_t = s_m + F\left[\sum_{i=1}^{nbands} s_i - s_m\right]$$

where: s_t = the total loudness in sones

s_m = the greatest of the partial loudness values (in sones)

$nbands$ = number of octave or 1/3 octave bands used

F = fractional loudness contribution factor reflecting masking effects. It is equal to 0.15 for 1/3 octaves.

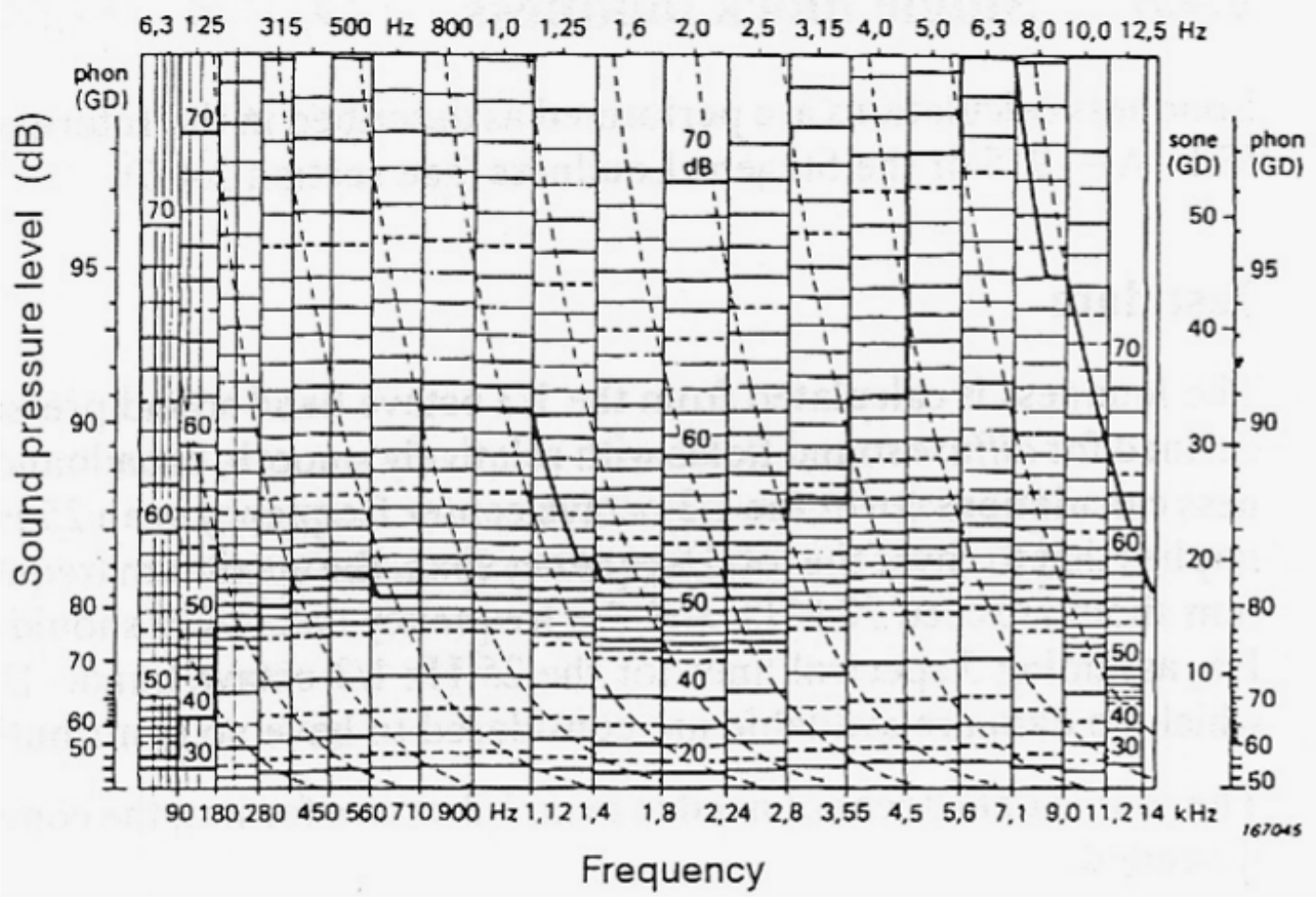
voz y audición humanas

– Sonoridad – Método de Zwicker:

- Basado en el modelado teórico del oído,
- Relevancia mayor del **enmascaramiento**.
- Campo difuso.
- Mantienen relación de Sonos y Fonos.
- Evaluación en tercios de Octavas (1/3).
- Método gráfico con curvas de Zwicker.
- Resultados "ad hoc" en función del contenido en frecuencia de la señal.
- Ampliamente empleado en Calidad Acústica (p.e. NVH)

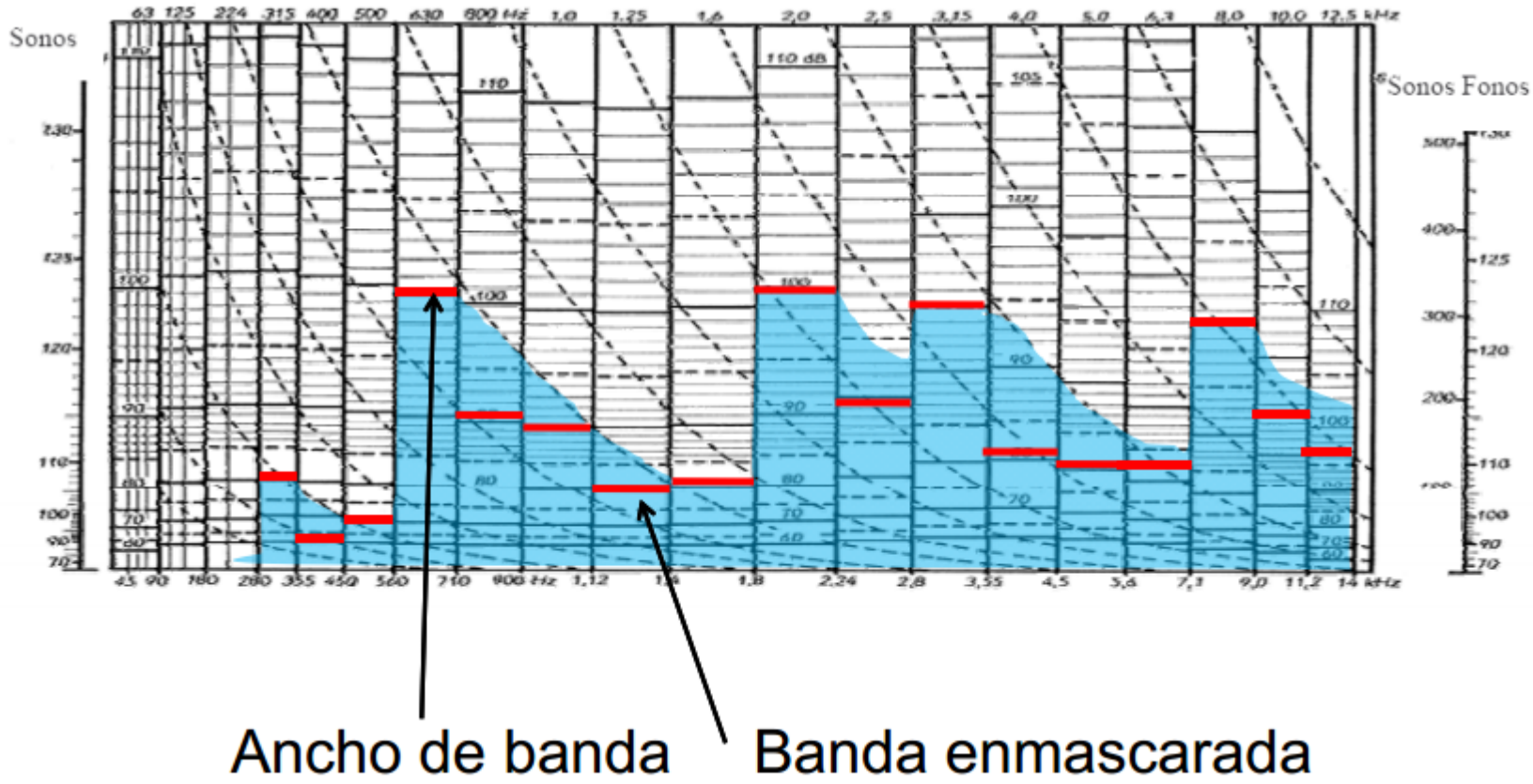
voz y audición humanas

– Sonoridad – Método de Zwicker:



voz y audición humanas

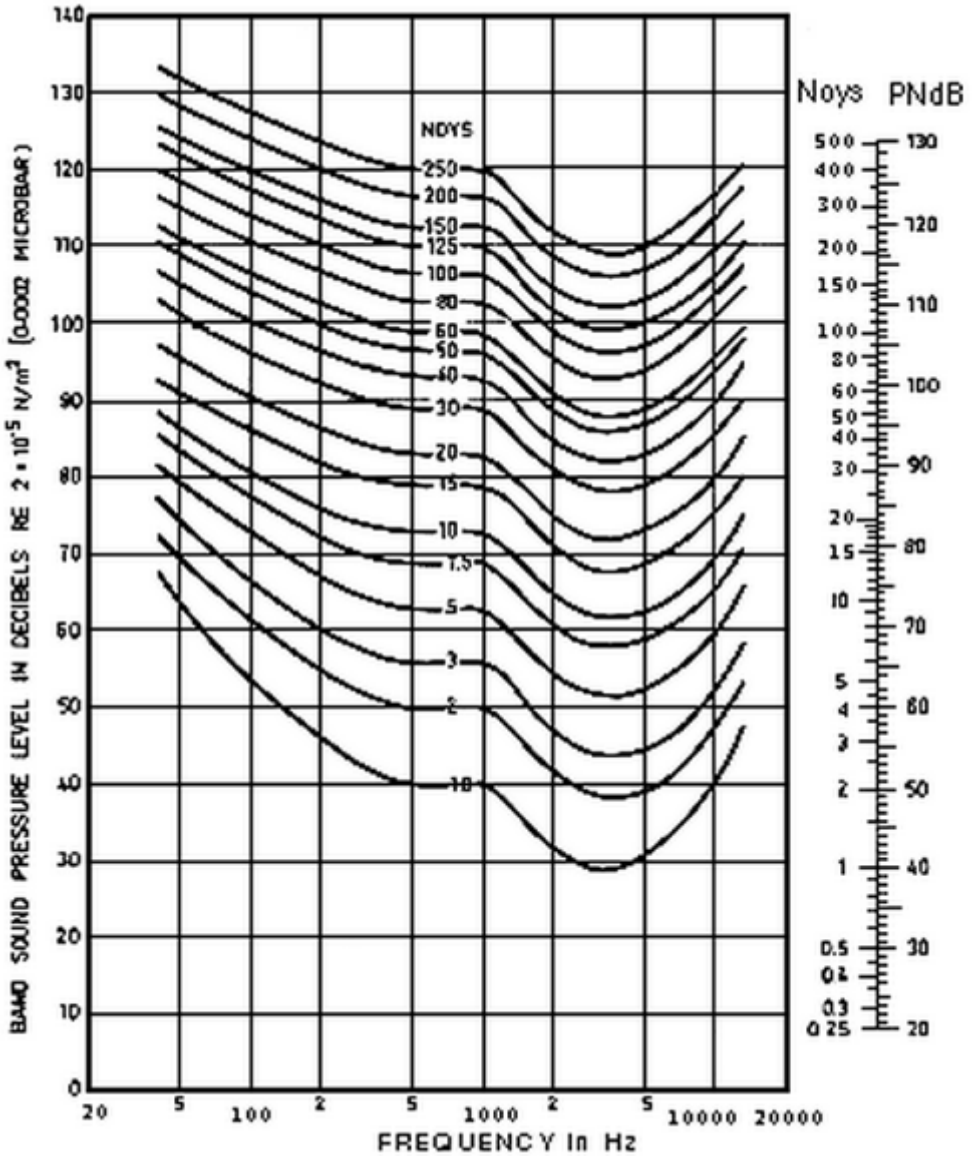
– Sonoridad – Método de Zwicker:



voz y audición humanas

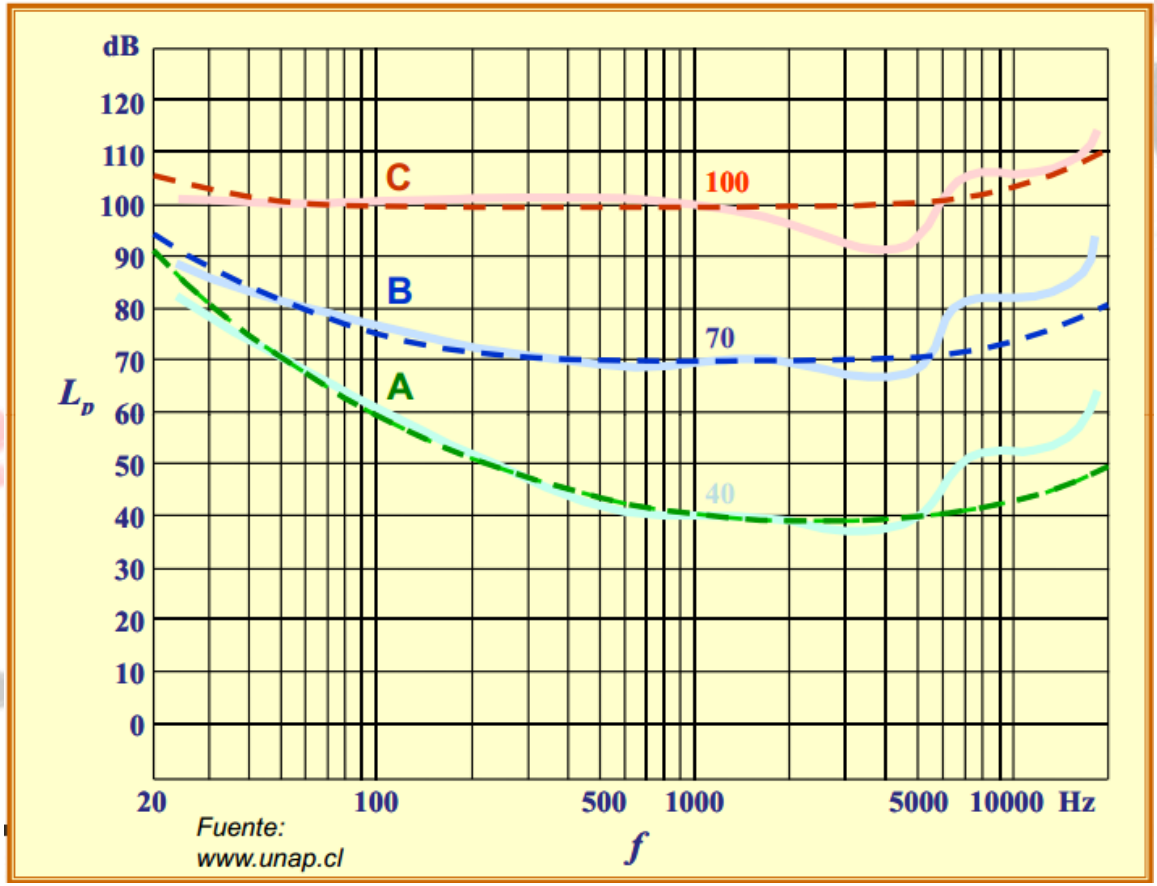
- "Noiseness" – Método de Kryter (p.e.)
  - Concepto cercano, pero distinto a la sonoridad.
  - ➔ Sonoridad + **circunstancias**.
  - Kryter, asociado a molestia por operaciones aeroportuarias en las inmediaciones de infraestructuras.
  - …otra Unidad nueva …**NOYS**…Sonos
  - …otra Unidad nueva …**PNL** ("Perceived Noise Level")…Fonos
  - Cálculo igual que Stevens.

voz y audición humanas



voz y audición humanas

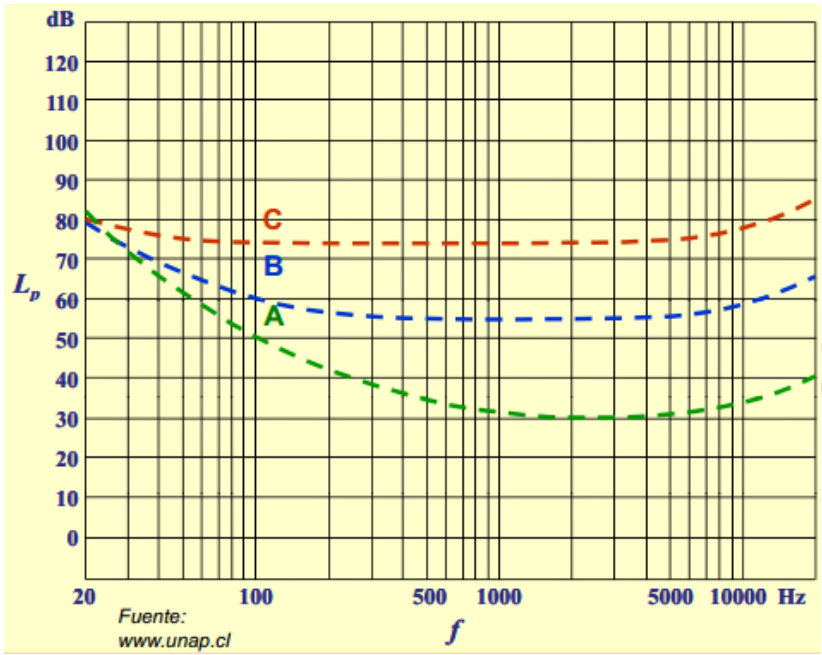
– Curvas de Ponderación en Frecuencia
  - Parten de las curvas isófonas:

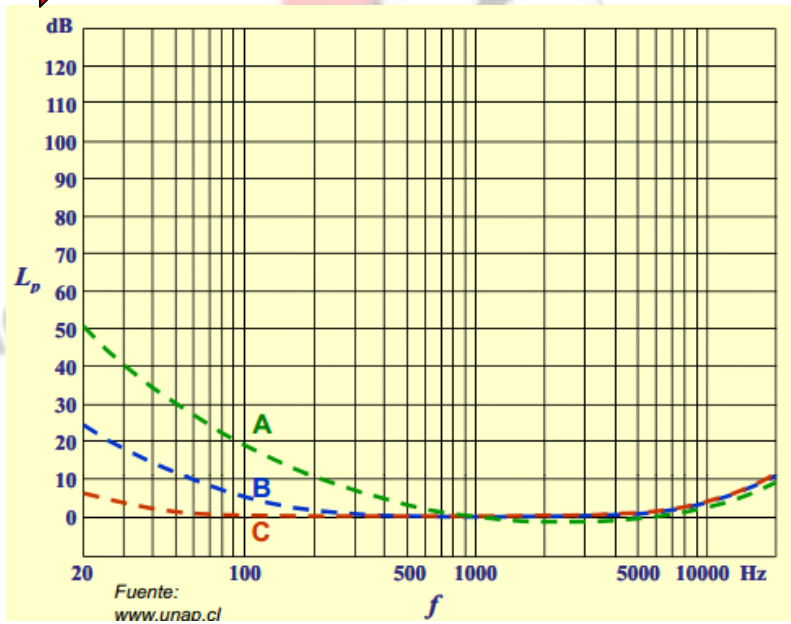


voz y audición humanas

– Curvas de Ponderación en Frecuencia

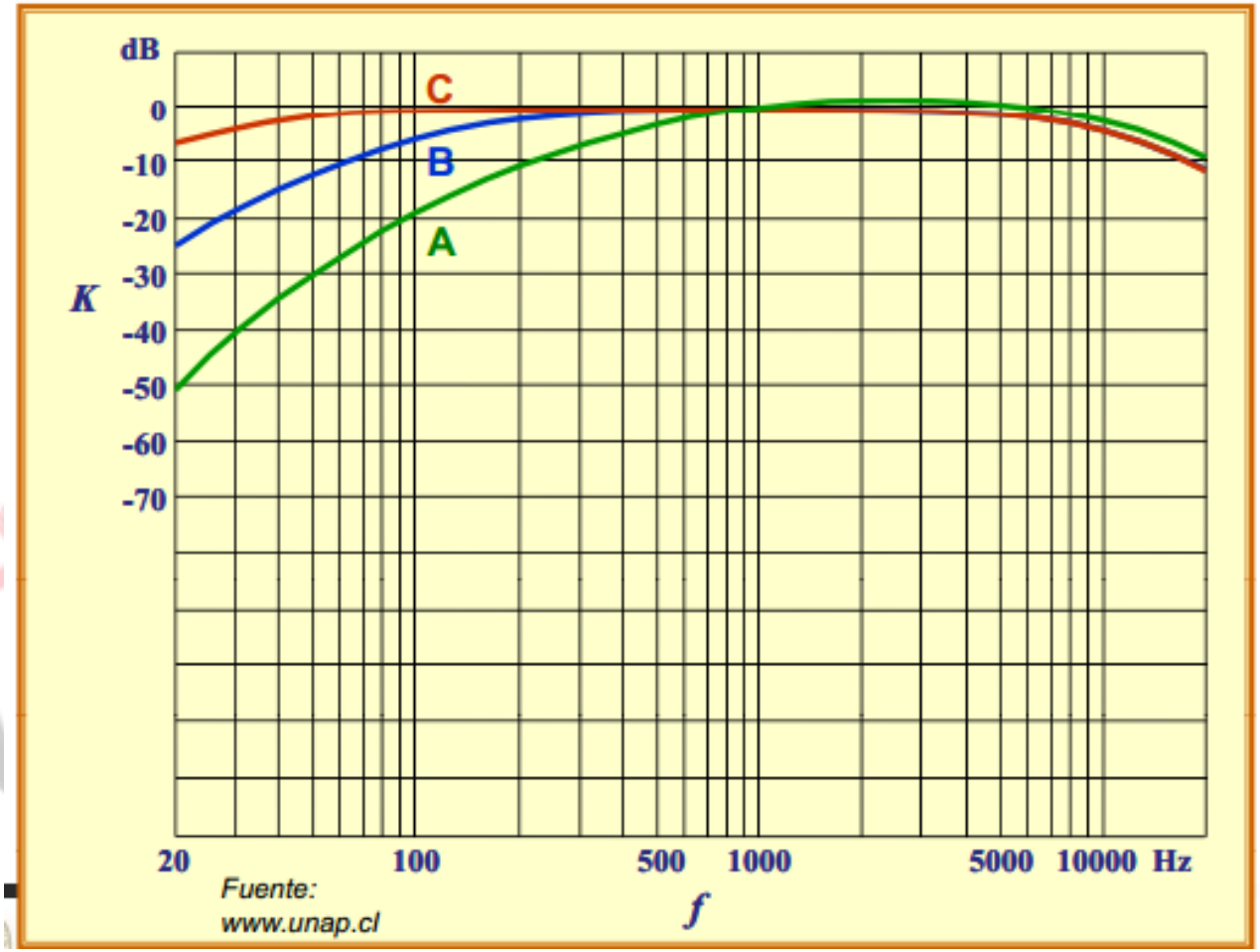
- Parten de las curvas isófonas:





voz y audición humanas

– Curvas de Ponderación en Frecuencia



voz y audición humanas

– Varios vídeos de divulgación:

Voz castellano, regular
http://www.youtube.com/watch?v=H_zlJZWk-mQ
National Geographic en castellano, voz y oído, muy bueno
http://www.youtube.com/watch?v=D5vfcuIhvYU
Oído humano, castellano, excelente
http://www.youtube.com/watch?v=rd6_zrvwk7U
Oído humano, inglés, Universidad California,
http://www.youtube.com/watch?v=J56g1U50EcU
Oído humano, focalizado en órgano de Corti, inglés, excelente
http://www.youtube.com/watch?v=1JE8WduJKV4
Transducción auditiva, inglés con subtítulos, excelente
http://www.youtube.com/watch?v=eV_DnD3eIRw

voz y audición humanas

Resumen:

- Voz humana:
  - Generación de señal.
  - Sistema Fonador.
  - Sistema articulador.
- Señal de Voz:
  - Frecuencia fundamental.
  - Formantes, señales sonoras.
  - Ruido en banda, señales sordas.
  - F.P. Bajo.
  - Limitada en frecuencia.
  - Limitada en rango dinámico.

voz y audición humanas

Resumen:

- Audición Humana:
  - Oído externo.
  - Oído medio.
  - Oído interno.
- Enmascaramiento:
  - Desplazamiento del umbral de audición.
- Sonoridad:
  - Percepción subjetiva de nivel sonoro.
  - Curvas isófononas.
  - Fonos / Sonos.

Universidad Rey Juan Carlos

- Referencias presentación:
  - "Ingeniería Acústica", Recuero, M.
  - "Noise Control Engineering", Beranek, L.
  - "La voz humana", Miyara, F.
  - http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/%E2%80%8Chbase/sound/eqloud.html
  - *www.cochlee.org*
  - *http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Apuntes/06.html*
  - *http://www.sfu.ca/sonic-studio/*
  - "Apuntes Acústica", EUITT-UPM.
  - "Apuntes Ingeniería Acústica", EUITT-UPM.
  - "Apuntes Ruido industrial y laboral", Doctorado Ing. Acústica – UPM.
  - Varios Internet sin clasificar.

Universidad Rey Juan Carlos