

TEMA 1:

“SEÑALES Y SISTEMAS ACÚSTICOS”

Universidad
Rey Juan Carlos

Roberto San Millán Castillo

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

señales y sistemas acústicos

□ Objetivos:

- Comprensión del fenómeno de la onda sonora.
- Conocimiento de los parámetros básicos de las ondas sonoras.
- Análisis en frecuencia de señales acústicas.
- Aprender a operar con ondas sonoras y sus parámetros de caracterización.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

señales y sistemas acústicos

□ Contenido:

1. Generación del sonido.
2. Parámetros básicos caracterizadores del sonido.
3. Análisis en frecuencia de señales acústicas.
4. Niveles Acústicos
5. Filtros.
6. Señales acústicas básicas.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

señales y sistemas acústicos

□ Generación del sonido

- **¿Qué es el sonido?:**
- Onda mecánica...
- Perturbación de presión...

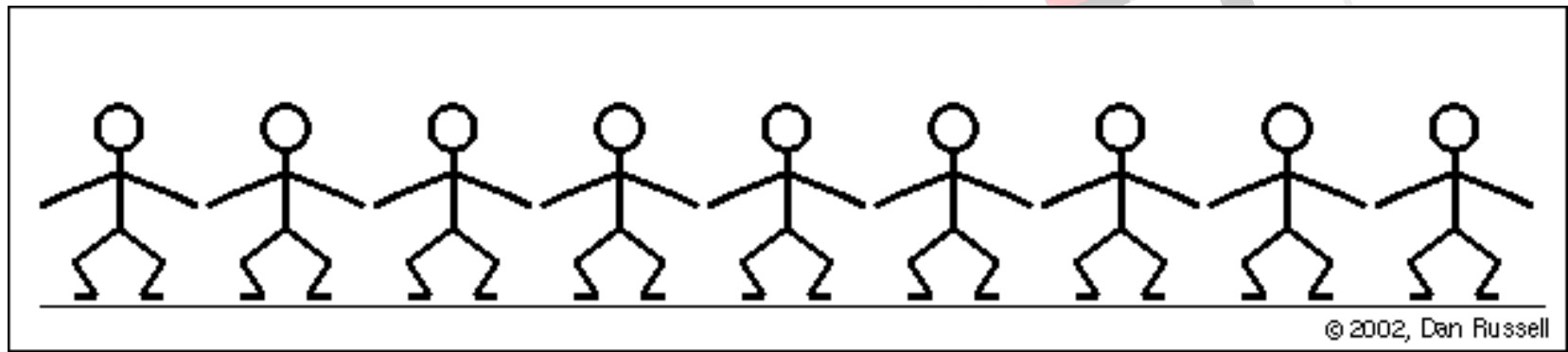


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

señales y sistemas acústicos



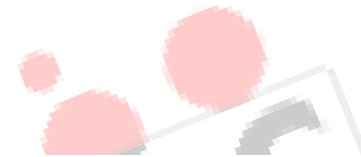
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Animation courtesy of Dr. Dan Russell, Grad. Prog. Acoustics, Penn State

señales y sistemas acústicos



©2002, Dan Russell

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Animation courtesy of Dr. Dan Russell, Grad. Prog. Acoustics, Penn State

señales y sistemas acústicos

□ ¿Qué es el sonido?:

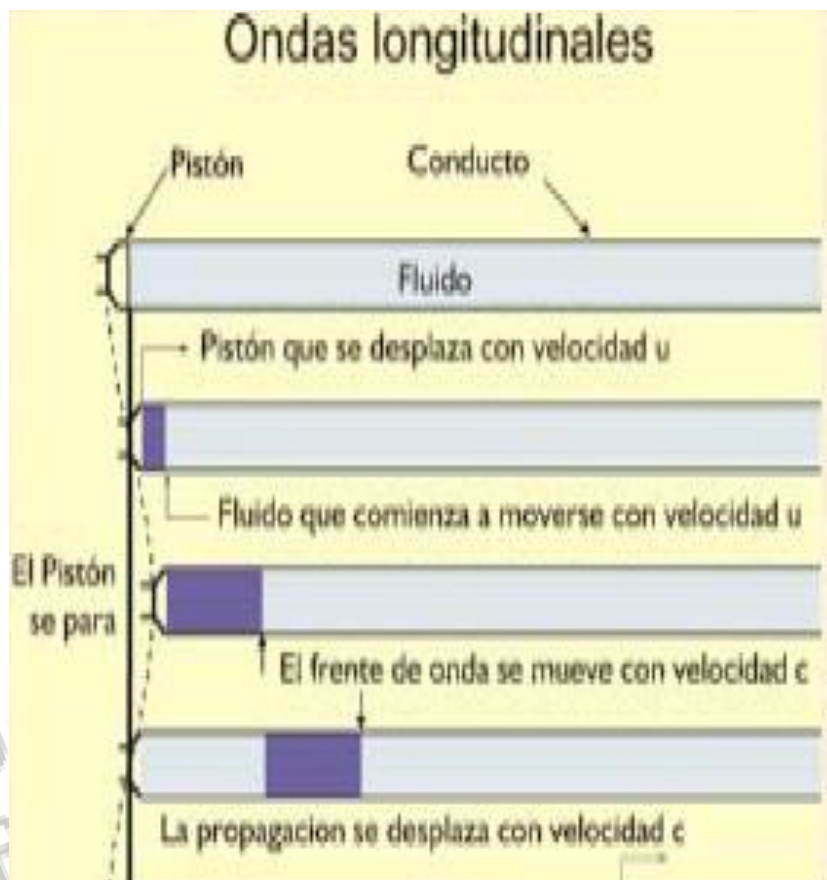
- Onda **mecánica**...
- **Perturbación de presión**...
- ...que se propaga en un **medio** elástico...
 - “Una odisea en el espacio”...¿Qué ocurre con las explosiones?
 - Inercia, transferencia de perturbación. Masa.
 - Elasticidad, tendencia al regreso a posición inicial.
- **Progresiva**...

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

señales y sistemas acústicos



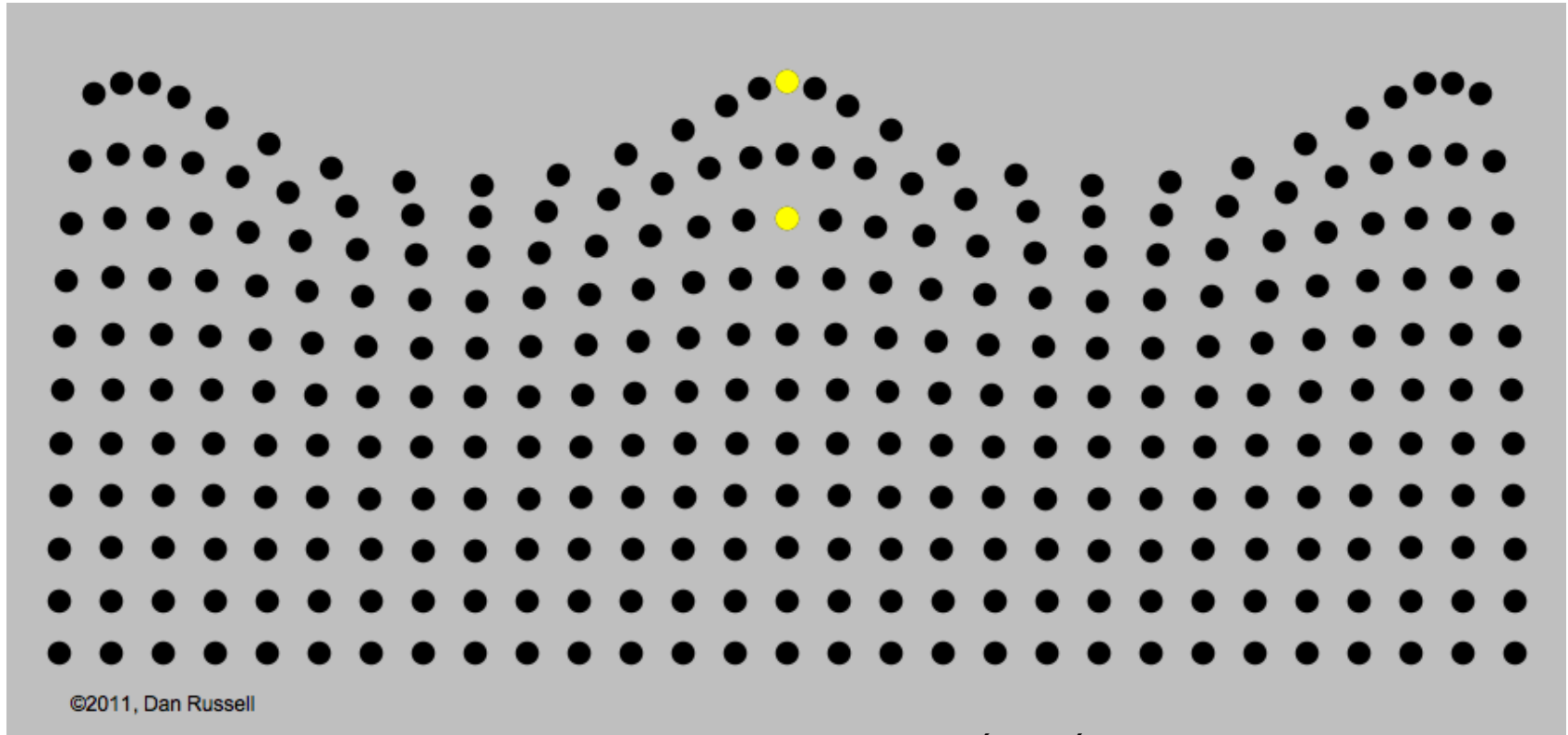
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Fuente: D^a Teresa Bravo, CAEND-CSIC-UPM

Cartagena99

señales y sistemas acústicos



©2011, Dan Russell

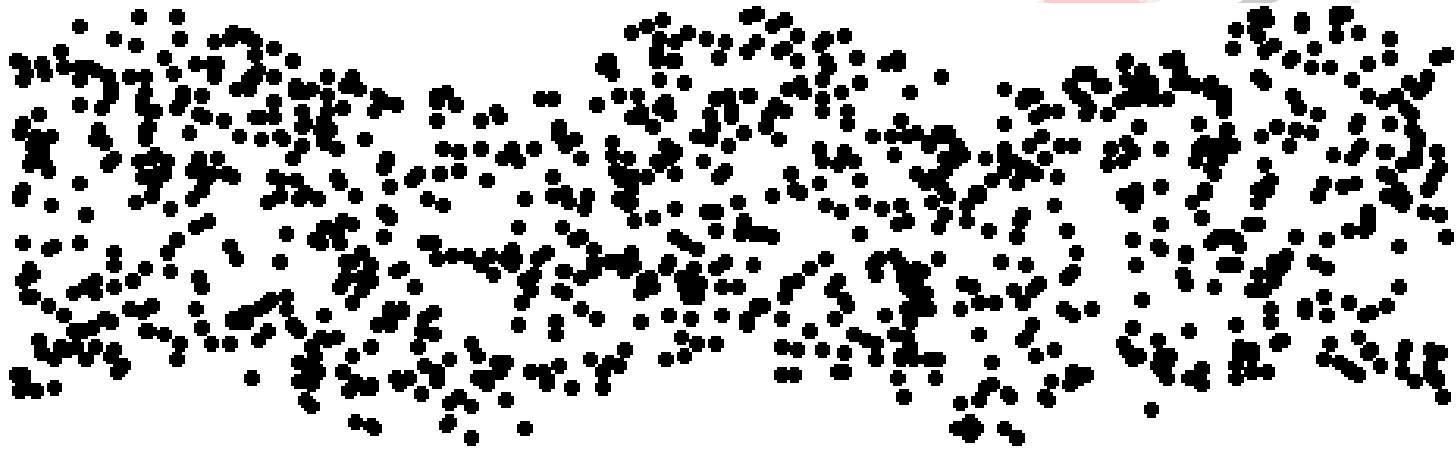
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Animation courtesy of Dr. Dan Russell, Grad. Prog. Acoustics, Penn State

señales y sistemas acústicos



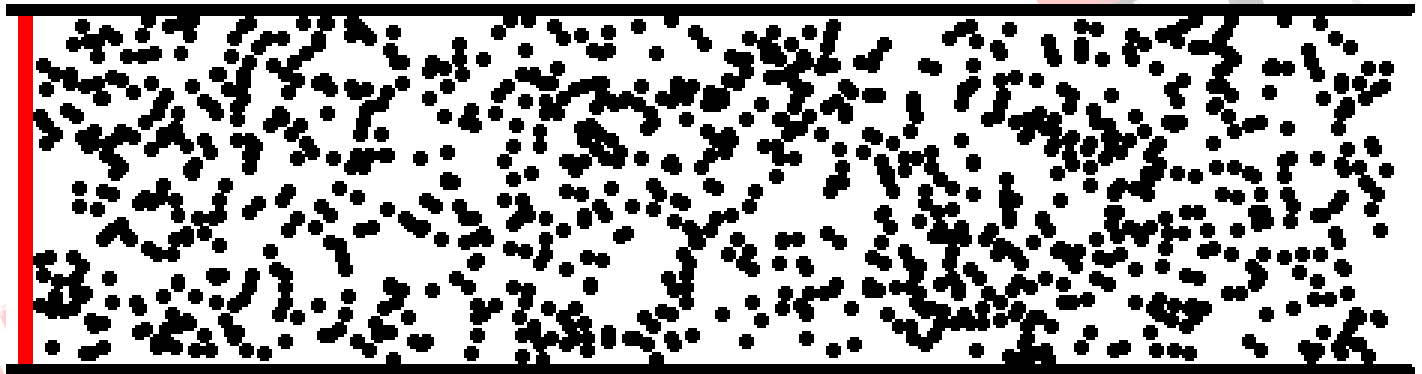
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Animation courtesy of Dr. Dan Russell, Grad. Prog. Acoustics, Penn State

señales y sistemas acústicos



©2002, Dan Russell

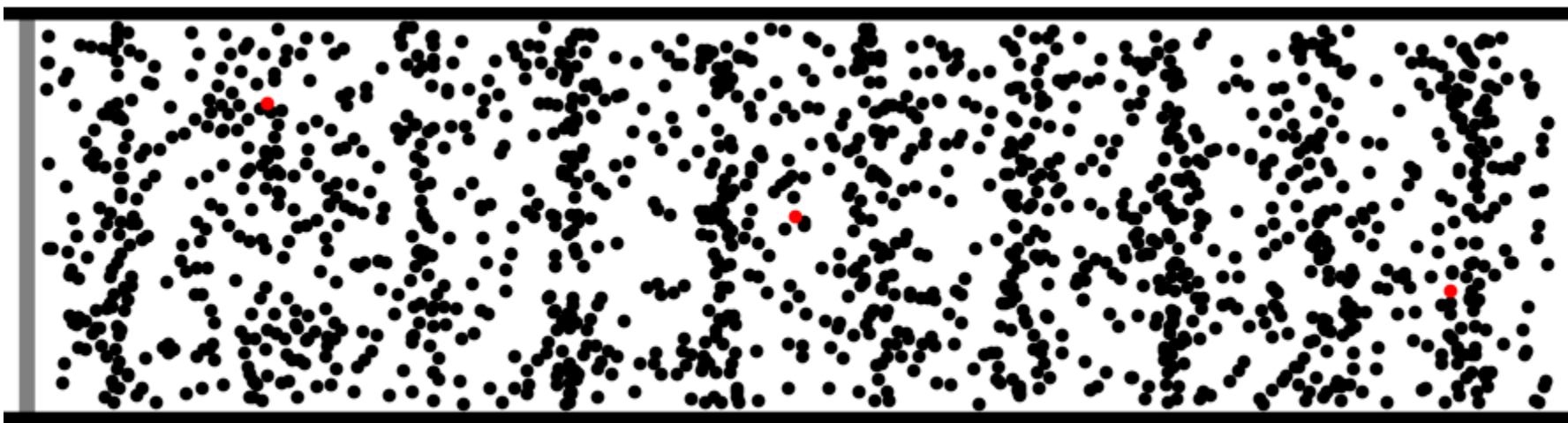
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Animation courtesy of Dr. Dan Russell, Grad. Prog. Acoustics, Penn State

señales y sistemas acústicos



©2011. Dan Russell

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Animation courtesy of Dr. Dan Russell, Grad. Prog. Acoustics, Penn State

señales y sistemas acústicos

□ ¿Qué es el sonido?:

▪ **2 velocidades!!!**

- Velocidad de propagación
- Velocidad de partículas

▪ **Aire** y agua son medios elásticos...

- ¿Tiene masa el aire?
- ¿Tiene elasticidad el aire?

▪ Hay que escucharlo

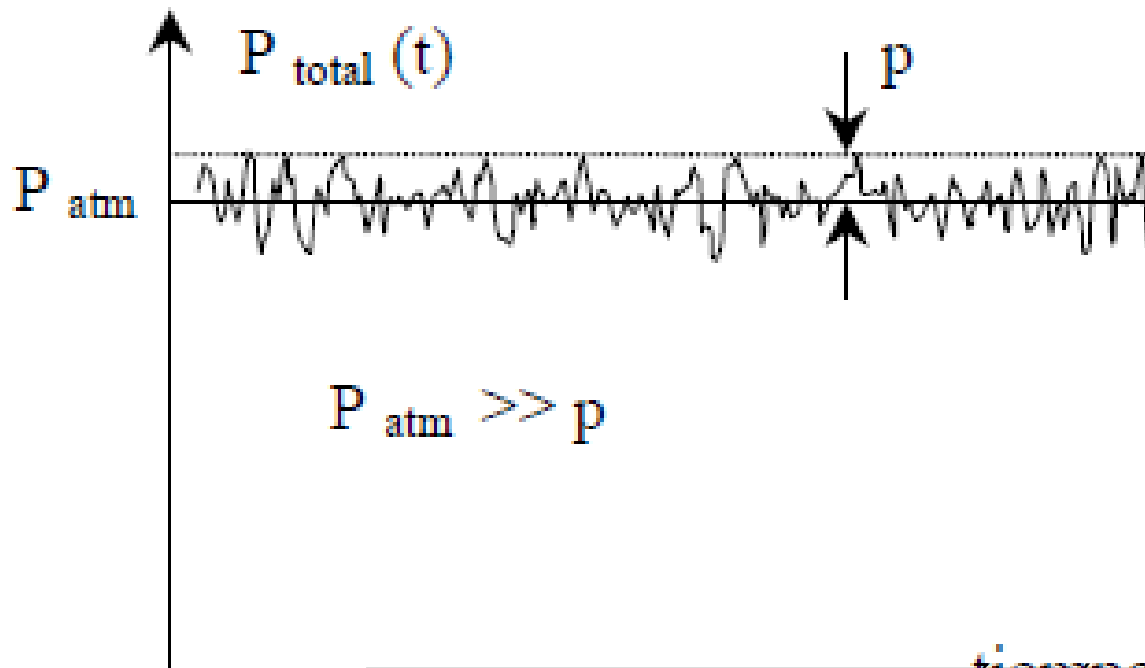
- Margen de frecuencia: **20Hz – 20kHz**

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

señales y sistemas acústicos



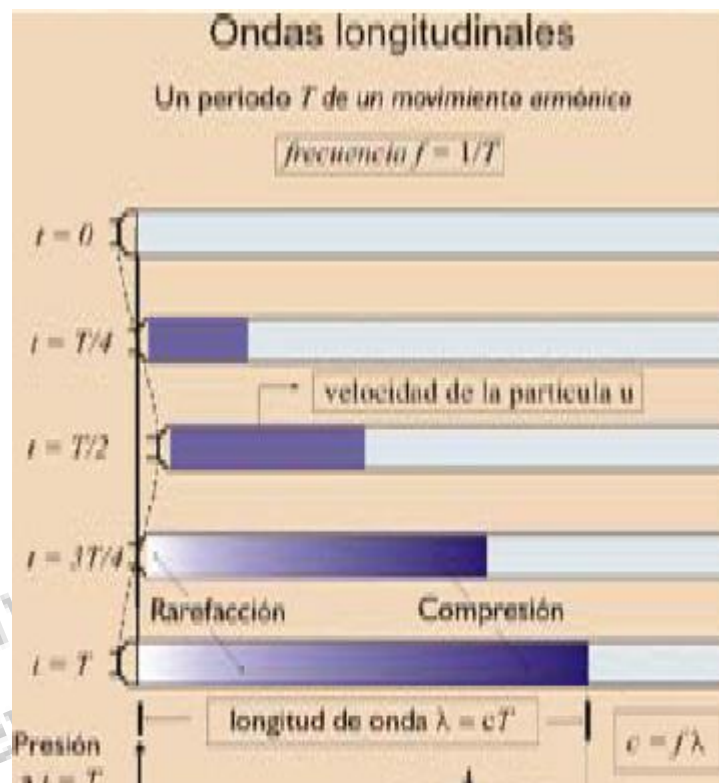
$p_0 = 10^5 \text{ Pa}$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

señales y sistemas acústicos



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Fuente: D^a Teresa Bravo, CAEND-CSIC-UPM

señales y sistemas acústicos

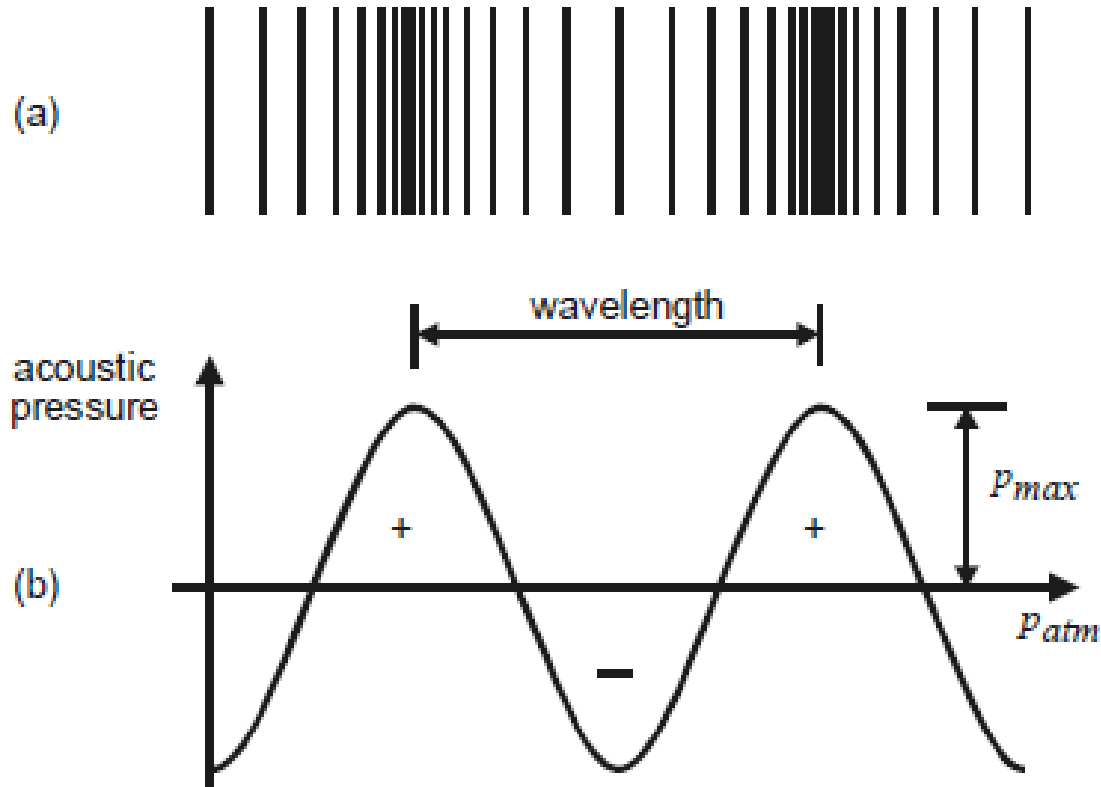


Figure 1.2 Representation of a sound wave: (a) compressions and

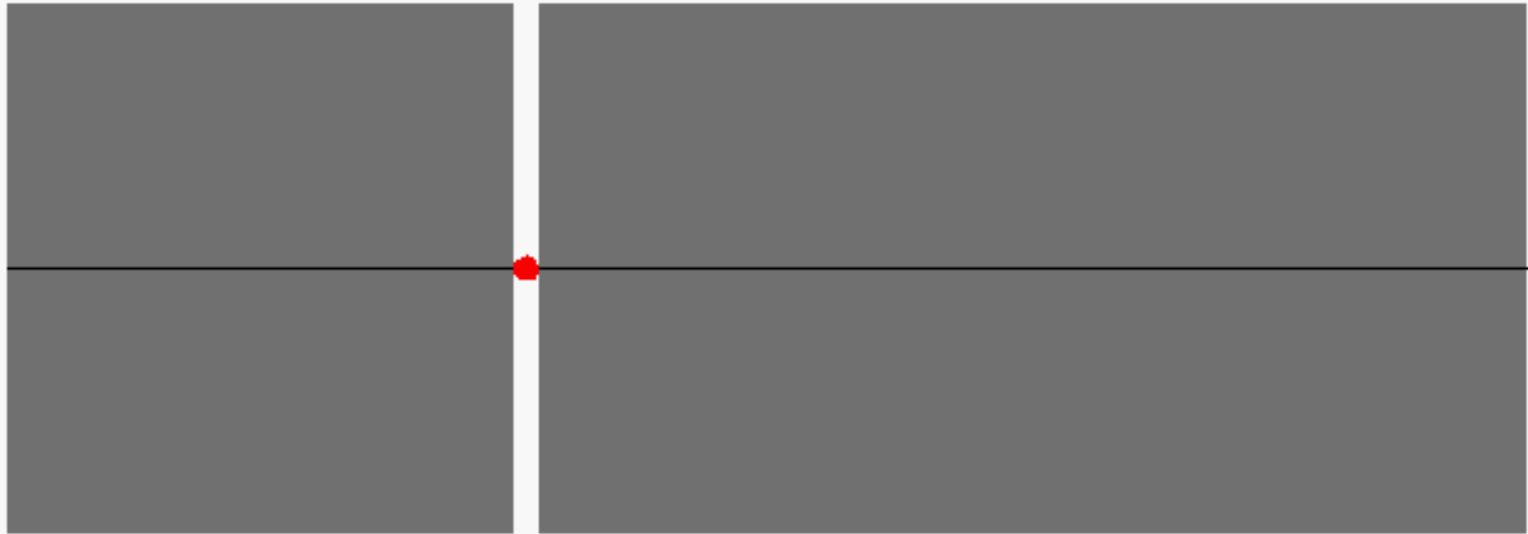
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

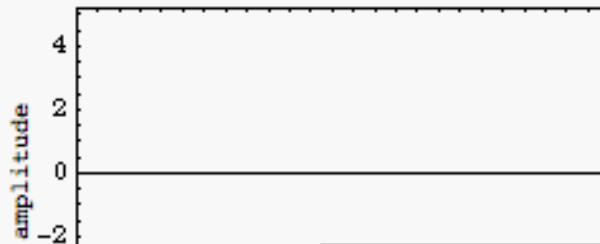
Fuente: *Engineering Noise Control*, Bies&Hansen

Cartagena99

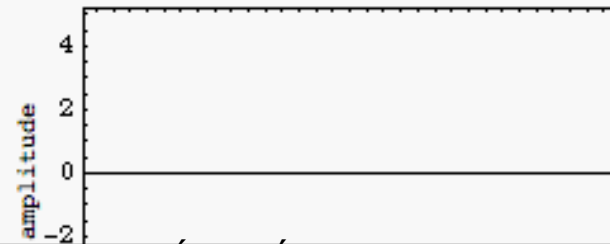
señales y sistemas acústicos



Time behavior at $x=10.25$



Snapshot of wave at $t=27s$



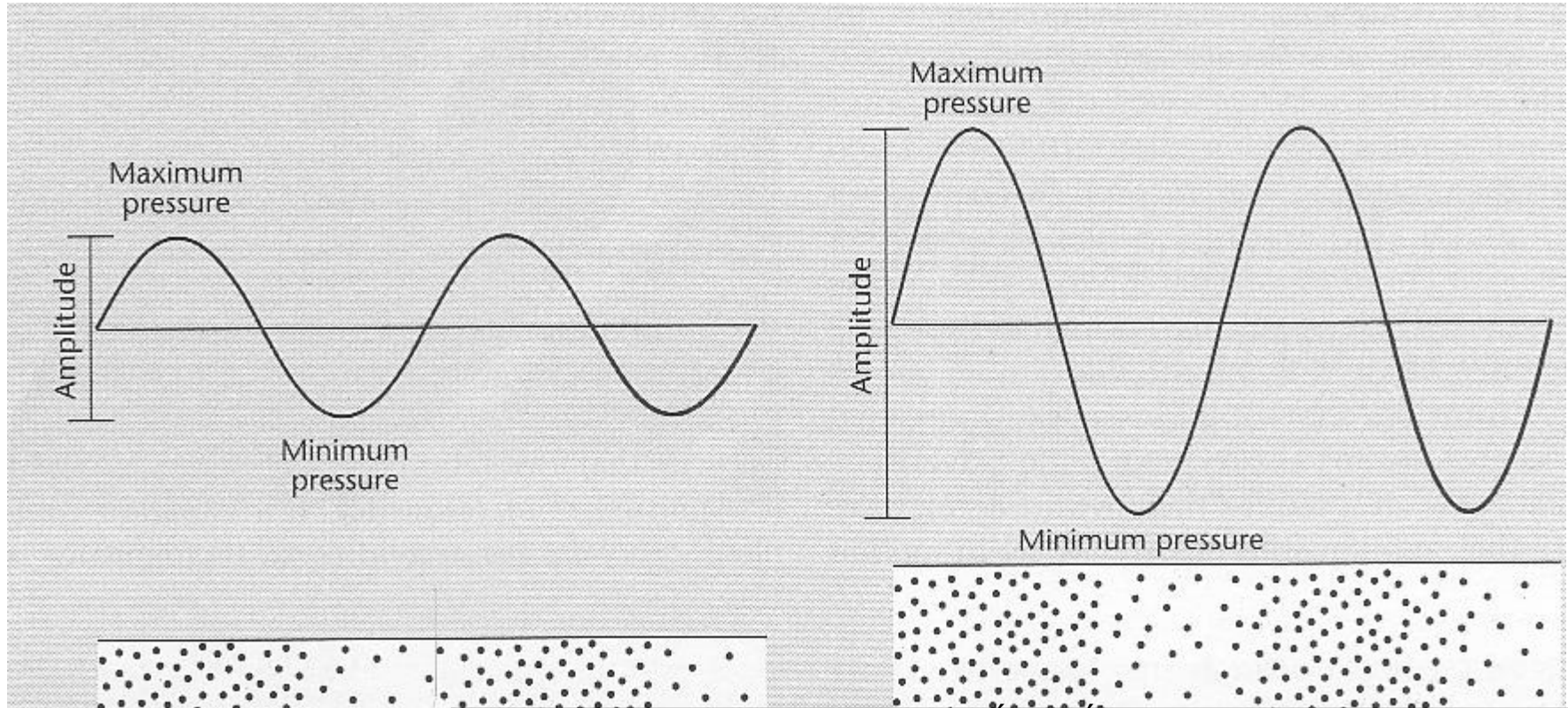
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Animation courtesy of Dr. Dan Russell, Grad. Prog. Acoustics, Penn State

señales y sistemas acústicos



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

□ Velocidad de propagación del sonido

$$c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

donde $\gamma = C_p/C_v = 1,4$ para gases *diatómicos* (como el aire).

$R = 8,31 \text{ J/mol}\cdot^\circ\text{K}$,

$M = \text{masa de 1 mol en kg/mol} = 0,0288 \text{ kg/mol}$ para el aire,

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Fuente: Federico Miyara

señales y sistemas acústicos

□ Parámetros básicos caracterizadores de sonido.

- **Velocidad de propagación del sonido**
 - Aproximación en el aire, para temperaturas de referencia:

$$c = 332 + 0,608 \cdot t$$

Cartagena99

Fuente: Federico Miyara

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

señales y sistemas acústicos

□ Velocidad de propagación del sonido

- El sonido se propaga también sólidos, NO sólo en fluidos:

Medio	Velocidad [m/s]
Aire a 0 °C	332
Aire a 20 °C	344
Anhídrido carbónico	260
Hidrógeno	1294
Agua a 20 °C	1482
Alcohol etílico a 20°	1170
Vapor a 100 °C	405
Acero	5200
Aluminio	5000
Bronce	3480
Corcho	500
Hormigón	3500

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Fuente: Federico Miyara

señales y sistemas acústicos

□ Velocidad de propagación vs. Velocidad de partículas

- Propagación \neq desplazamiento

$$\frac{p}{u} = \rho_0 c$$

$$Z_a = \frac{p}{u}$$

donde ρ_0 = densidad del aire en $\text{kg/m}^3 = 1,2 \text{ kg/m}^3$ (a $20 \text{ }^\circ\text{C}$)

c = velocidad de propagación del sonido en $\text{m/s} = 344 \text{ m/s}$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Fuente: Federico Miyara

señales y sistemas acústicos

□ Frecuencia, periodo y longitud de onda:

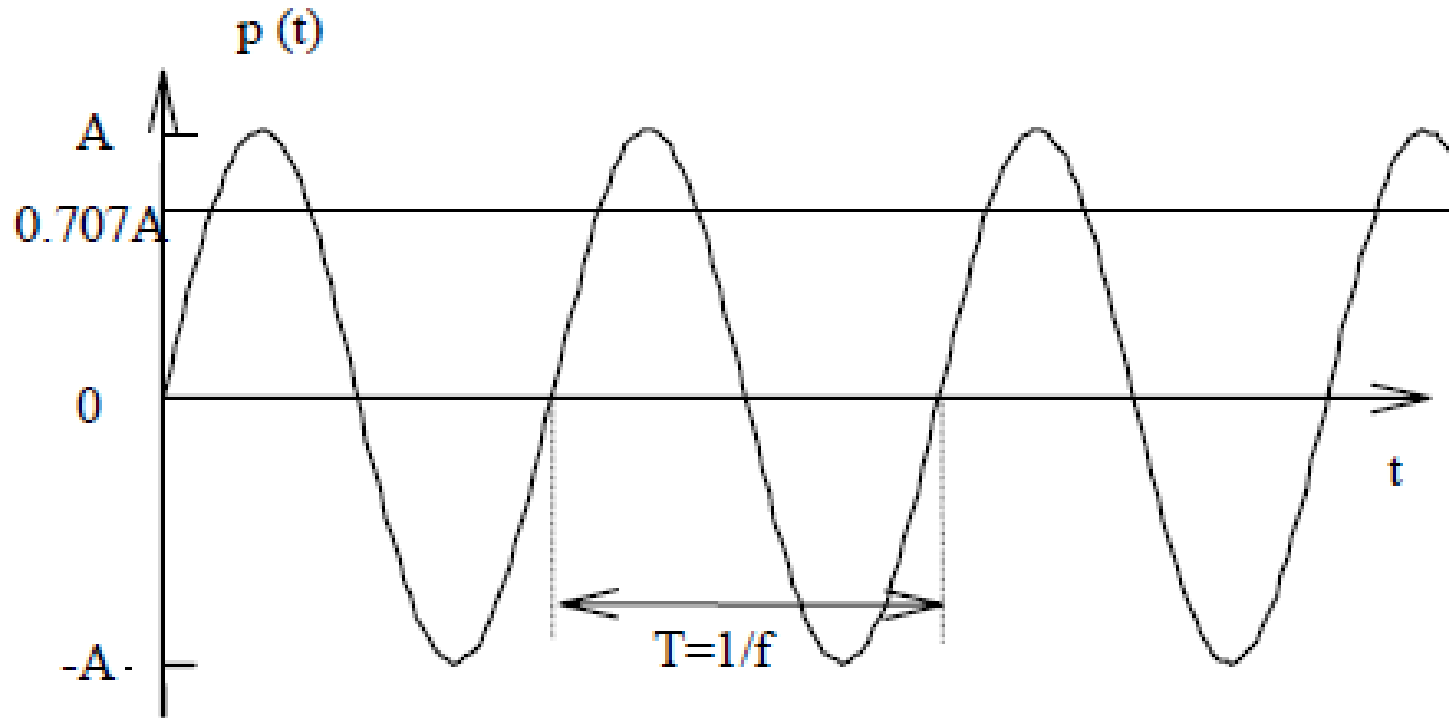
- En un tono puro, la perturbación se repite constantemente en un **periodo "T"**
- La inversa del periodo es la **frecuencia... "f"**
- Aunque también existe la **frecuencia angular... "ω"**
- La **longitud de onda, "λ"**, señala el camino recorrido por la onda en un tiempo igual a **"T"...**
- Existe un **número de onda, "k"**, que nos señala las longitudes de onda contenidas en 2π ...
- Todo ello, relacionado con la **velocidad de propagación "c"**..

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

señales y sistemas acústicos

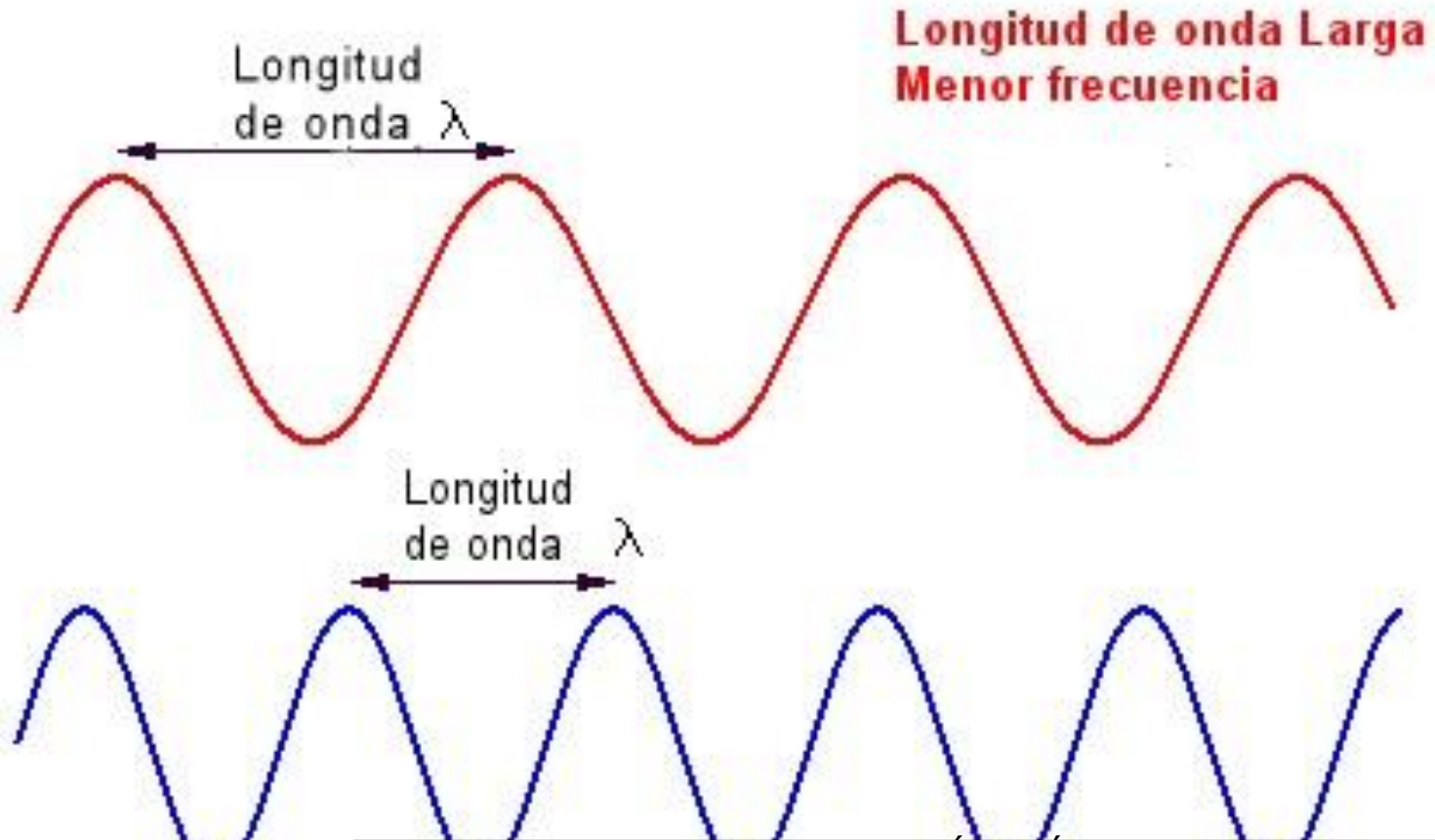


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

señales y sistemas acústicos



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

señales y sistemas acústicos

□ ¿Cómo concretamos todo esto...?

▪ Frecuencia

- 20Hz – 20kHz

▪ Longitud de onda

- 17m – 0,017m

▪ Presión sonora

- $20 * 10^{-6}$ Pa (0dB) – 200Pa (140dB)

▪ Velocidad de partículas

- $8 * 10^{-11}$ m – $4 * 10^{-9}$ m

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

□ ¿Practicamos ...?

1. ¿Cuál es la longitud de onda de una señal cuya frecuencia es 1kHz?, ¿Cuál es su periodo?, ¿Y su número de onda?
 $c=343\text{m/s}$
2. ¿Cuál es la longitud de onda de una señal cuya frecuencia es 100Hz?, ¿Cuál es su periodo?, ¿Y su número de onda?
 $c=343\text{m/s}$
3. ¿Cuál es la longitud de onda de una señal cuya frecuencia es 10kHz?, ¿Cuál es su periodo?, ¿Y su número de onda?
 $c=343\text{m/s}$

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. Below the text is a horizontal bar with a blue-to-orange gradient.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

□ ¿Practicamos ...?

4. Calcule la velocidad de propagación del sonido cuando la temperatura ambiente es de 18°C para 100Hz y 10kHz. ¿Cuál es la longitud de onda de 100Hz y 10kHz?
5. Calcule la velocidad de propagación del sonido cuando la temperatura ambiente es de 0°C para 100Hz y 10kHz. ¿Cuál es la longitud de onda de 100Hz y 10kHz?
6. Calcule la velocidad de propagación del sonido cuando la temperatura ambiente es de 40°C para 100Hz y 10kHz. ¿Cuál es la longitud de onda de 100Hz y 10kHz?

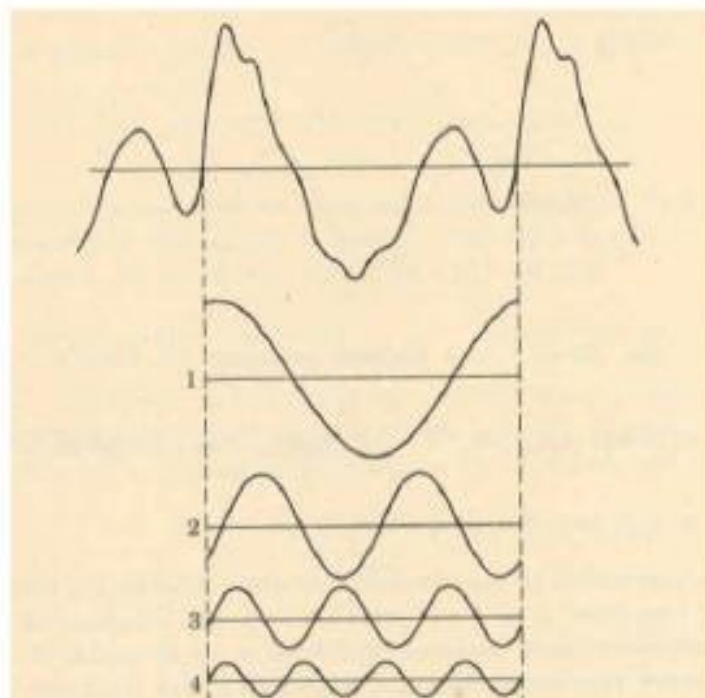
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

señales y sistemas acústicos

□ Análisis en frecuencia de señales acústicas

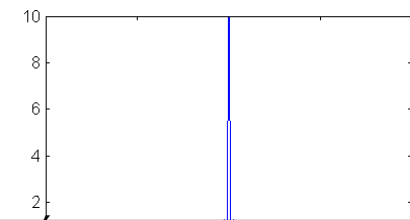
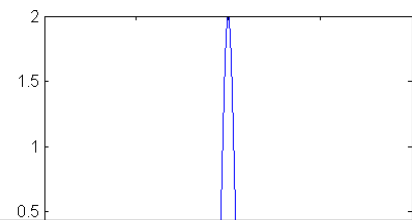
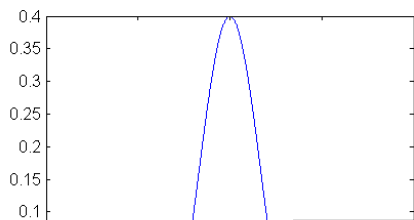
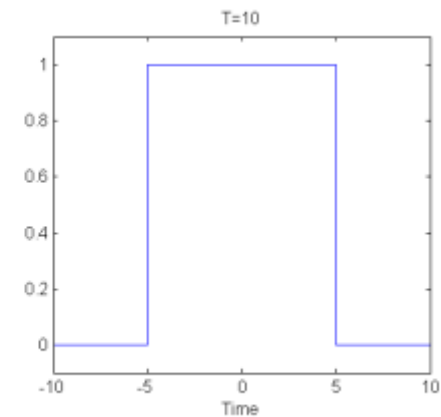
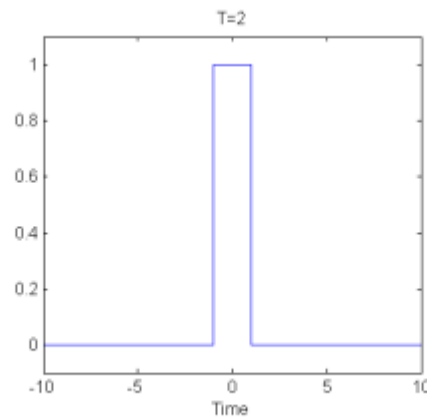
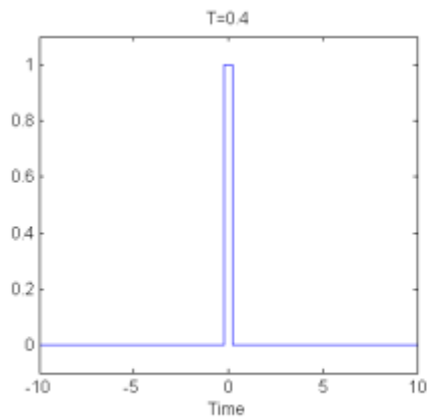


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70


Cartagena99

□ Análisis en frecuencia de señales acústicas

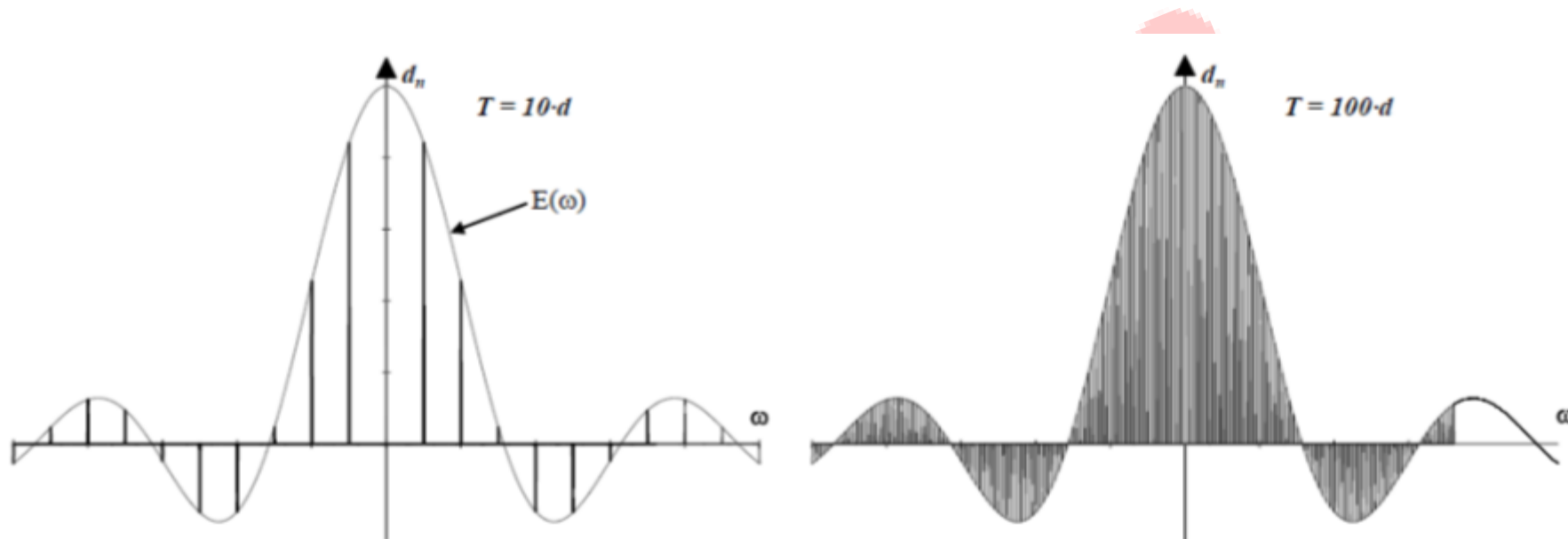


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

□ Análisis en frecuencia de señales acústicas



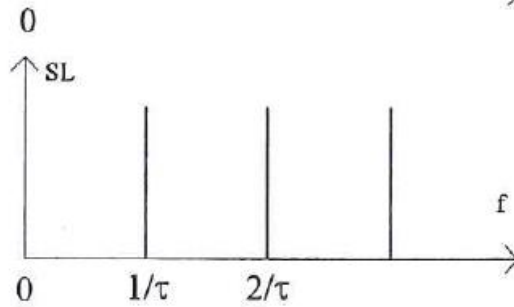
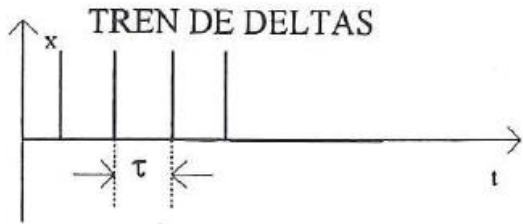
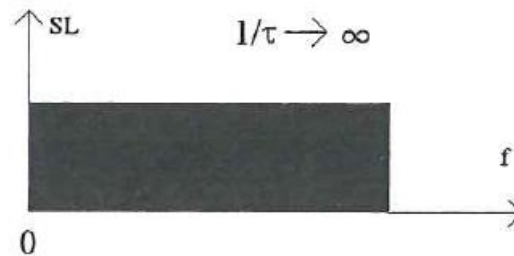
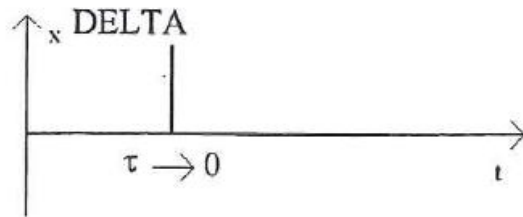
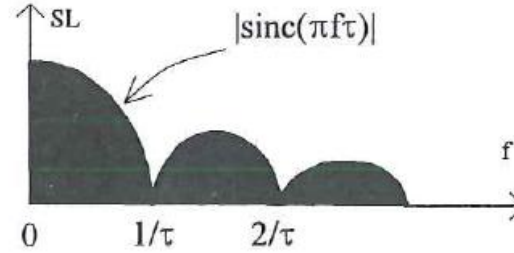
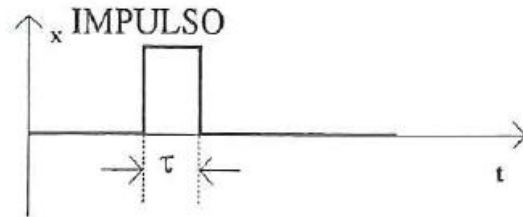
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Fuente: "Fundamentos del Análisis de Fourier", Camilo José Carrillo

señales y sistemas acústicos



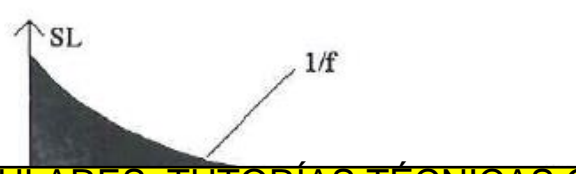
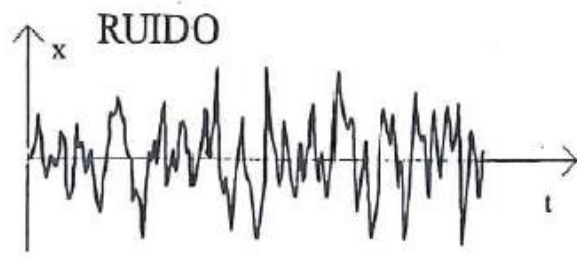
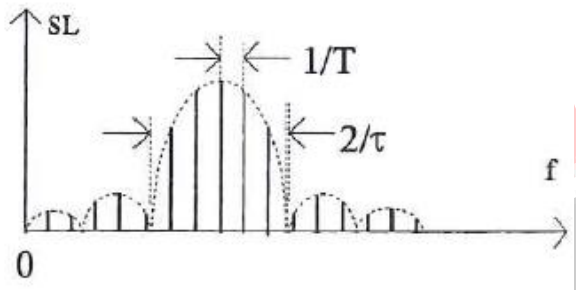
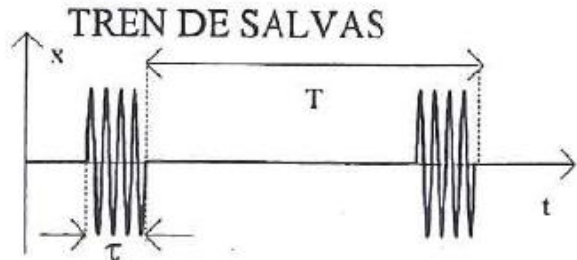
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



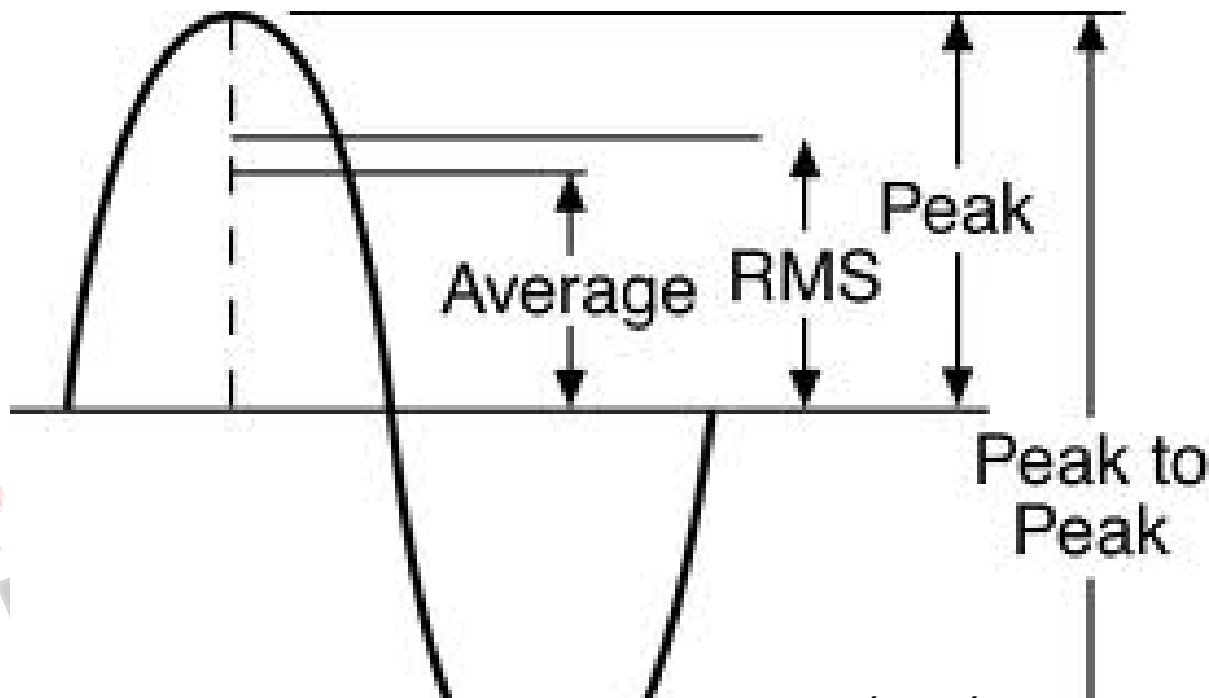
señales y sistemas acústicos



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

□ Niveles acústicos




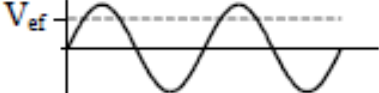

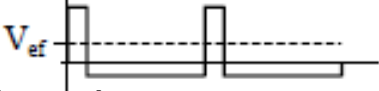
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

□ Niveles acústicos

Tabla 7.2. Relación entre el valor eficaz y el valor de pico de varias formas de onda.

Forma de onda	Valor eficaz	Forma de onda
Cuadrada	Valor de pico	
Senoidal	$0,707 \times \text{Valor de pico}$	
Triangular	$0,557 \times \text{Valor de pico}$	
Pulsos de 1 ms cada 10 ms	$0,316 \times \text{Valor de pico}$	

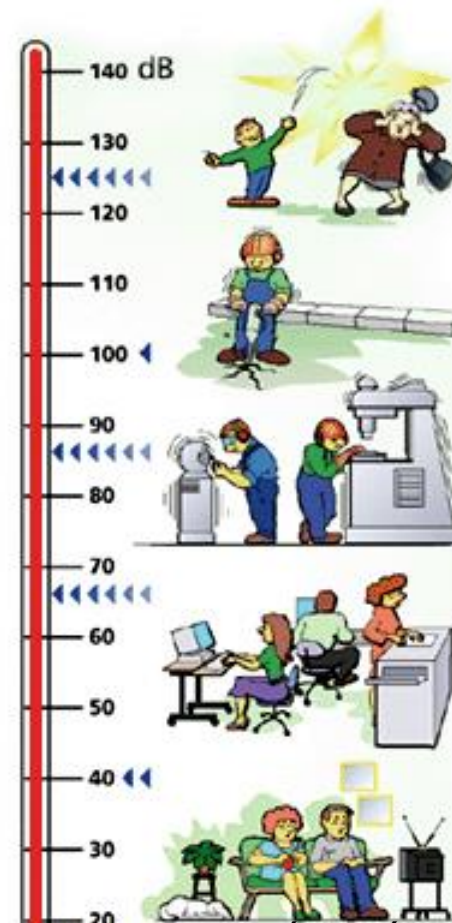
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

señales y sistemas acústicos

□ Niveles acústicos



Universidad
Rey Juan C.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

señales y sistemas acústicos

□ Filtros

BAND	FREQUENCY					
	OCTAVE			ONE-THIRD OCTAVE		
	LOWER BAND LIMIT	CENTER	UPPER BAND LIMIT	LOWER BAND LIMIT	CENTER	UPPER BAND LIMIT

21	88	125	177	112	125	141
22				141	160	178
23				178	200	224
24	177	250	355	224	250	282
25				282	315	355
26				355	400	447
27	355	500	710	447	500	562
28				562	630	708
29				708	800	891
30	710	1,000	1,420	891	1,000	1,122
31				1,122	1,250	1,413
32				1,413	1,600	1,778
33	1,420	2,000	2,840	1,778	2,000	2,239
34				2,239	2,500	2,818
35				2,818	3,150	3,548
36	2,840	4,000	5,680	3,548	4,000	4,467
37				4,467	5,000	5,623

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

43				17,780	20,000	22,390
----	--	--	--	--------	--------	--------

Cartagena99



señales y sistemas acústicos

□ Filtros

BAND	FREQUENCY					
	OCTAVE			ONE-THIRD OCTAVE		
	LOWER BAND LIMIT	CENTER	UPPER BAND LIMIT	LOWER BAND LIMIT	CENTER	UPPER BAND LIMIT
12	11		22		16	
13					20	
14					25	
15	22		44		31.5	
16					40	
17					50	
18	44		88		63	

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

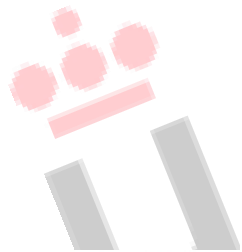


Cartagena99

señales y sistemas acústicos

□ Filtros

BAND	FREQUENCY					
	OCTAVE			ONE-THIRD OCTAVE		
	LOWER BAND LIMIT	CENTER	UPPER BAND LIMIT	LOWER BAND LIMIT	CENTER	UPPER BAND LIMIT
12	11	16	22	14.1	16	17.8
13				17.8	20	22.4
14				22.4	25	28.2
15	22	31.5	44	28.2	31.5	35.5
16				35.5	40	44.7
17				44.7	50	56.2
18	44	63	88	56.2	63	70.8



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

señales y sistemas acústicos

□ RESUMEN:

- Sonido = onda mecánica generada por perturbación de **presión**.
- Descripción del sonido: **c**, **f**, y **λ**
- **Análisis en frecuencia**, FUNDAMENTAL => Transformada de Fourier.
- Descriptor Global: **Nivel de presión sonora (dB)**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

señales y sistemas acústicos

□ RESUMEN:

- dB → Trabajamos en escala LOGARÍTMICA.
- Filtros en Acústica: Bandas porcentuales:
 - **1/1 octava.**
 - **1/3 octava.**
- Sistema Acústico = Sistema LTI (Generalización)
- Descriptor Global: **Nivel de presión sonora (dB)**
- **Ruidos Blanco y Rosa, además de señal**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

señales y sistemas acústicos

Referencias presentación:

- "Ingeniería Acústica", Recuero, M.
- "Control de Ruido", Federico Miyara.
- "Acústica y Sistemas de sonido", Federico Miyara.
- "Apuntes Acústica Ambiental y Control de Ruido", Doctorado I. Acústica, UPM.
- Animation courtesy of Dr. Dan Russell, Grad. Prog. Acoustics, Penn State
- B&K website.
- Varios Internet sin clasificar.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70