



Title: Matemáticas Aplicadas a Problemas Dinámicos (Respuesta de suelos)

Author: Martha, SUAREZ

Editorial label ECORFAN: 607-8534
BCUMex Control Number: 2018-01
BCUMex Classification (2018): 251018-0101

Pages: 49

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 | 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico

Colombia

Guatemala

Bolivia

Cameroon

Democratic

Spain

El Salvador

Republic

Ecuador

Taiwan

of Congo

Peru

Paraguay

Nicaragua

Dinámica de suelos

Geología

Mecánica de Suelos

Geofísica

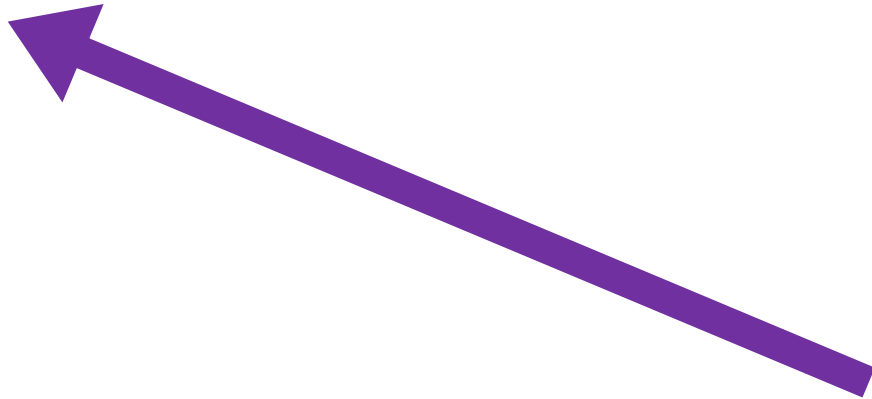
Matemáticas

Propagación de Ondas





Propagación de Ondas



Deslizamiento de taludes
Flujos de lodo
Flujos de detritos
Avalanchas
Hundimientos
Agrietamientos

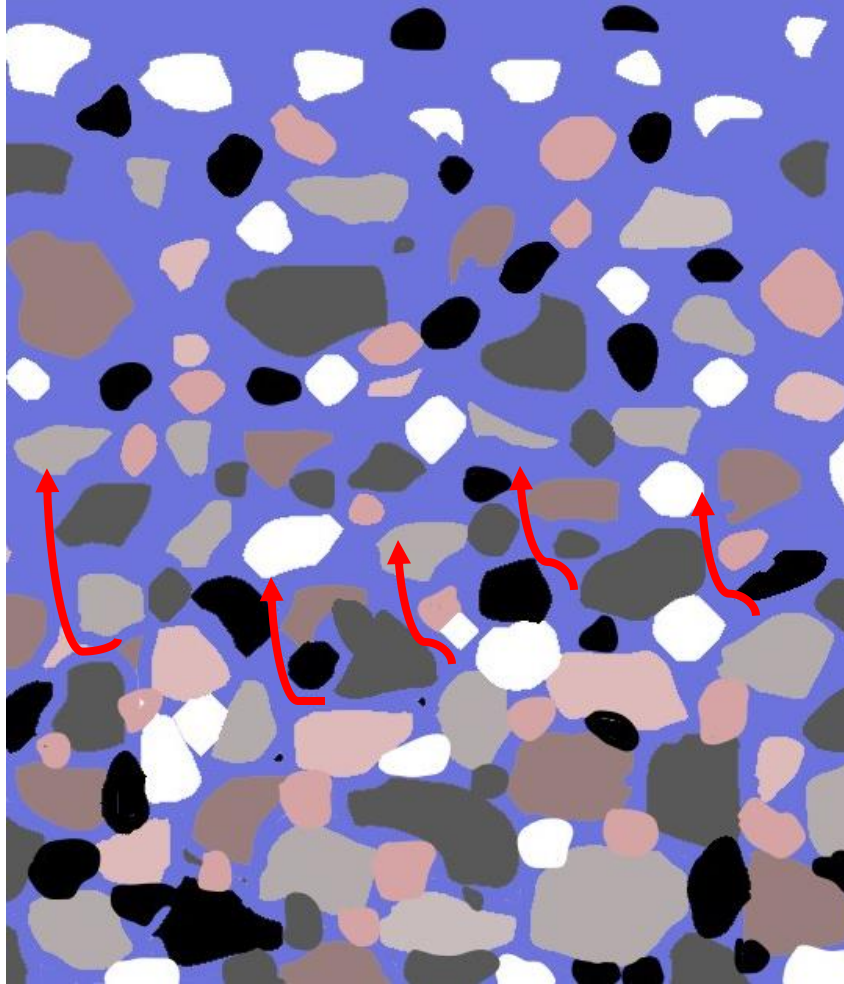
Vulcanismo
Sismos

Licuefacción de suelos

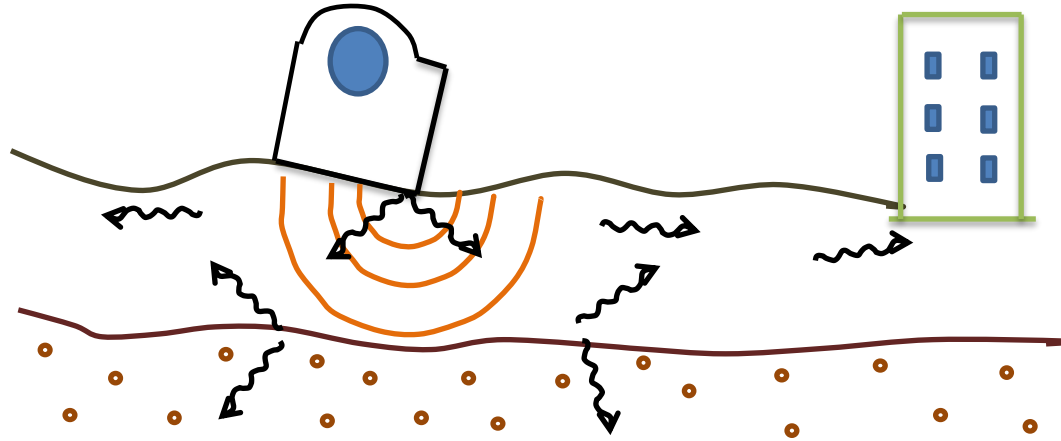


Hundimiento de la tierra reportado desde el año pasado en un campo de cultivo en la zona menonita, denominada Laguna Chacá, en Chencoh, el área donde limitan los municipios de Champotón, Calakmul y Hopelchén.

Licuefacción de suelos



El fenómeno real consiste en:



Las Ondas: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Viajan en un medio} \\ \text{Se reflejan y refractan} \\ \text{Se difractan} \\ \text{Transmiten la energía dentro de la estructura} \end{array} \right.$

La energía se disipa

El problema es tridimensional y anisótropo

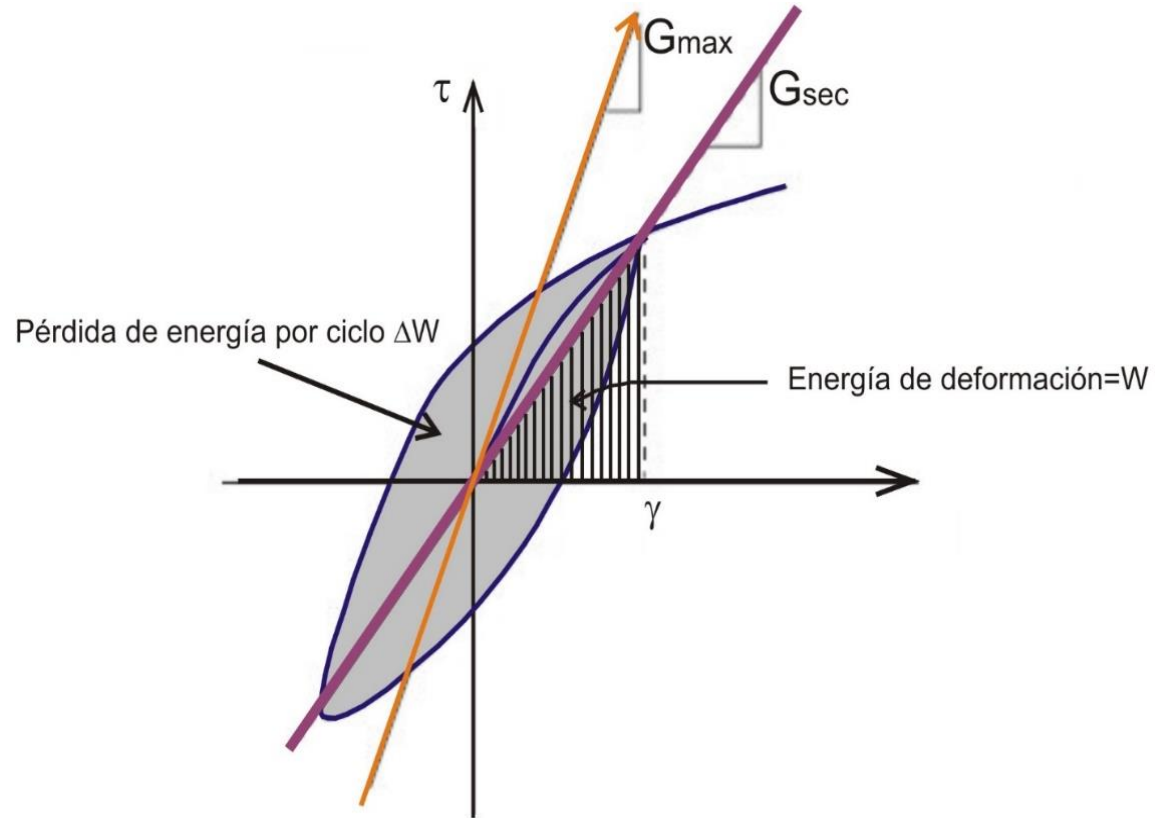
El suelo está estratificado y tiene comportamiento no lineal

Las estructuras adyacentes interactúan unas con otras

Dinámica de suelos



¿Problema lineal?

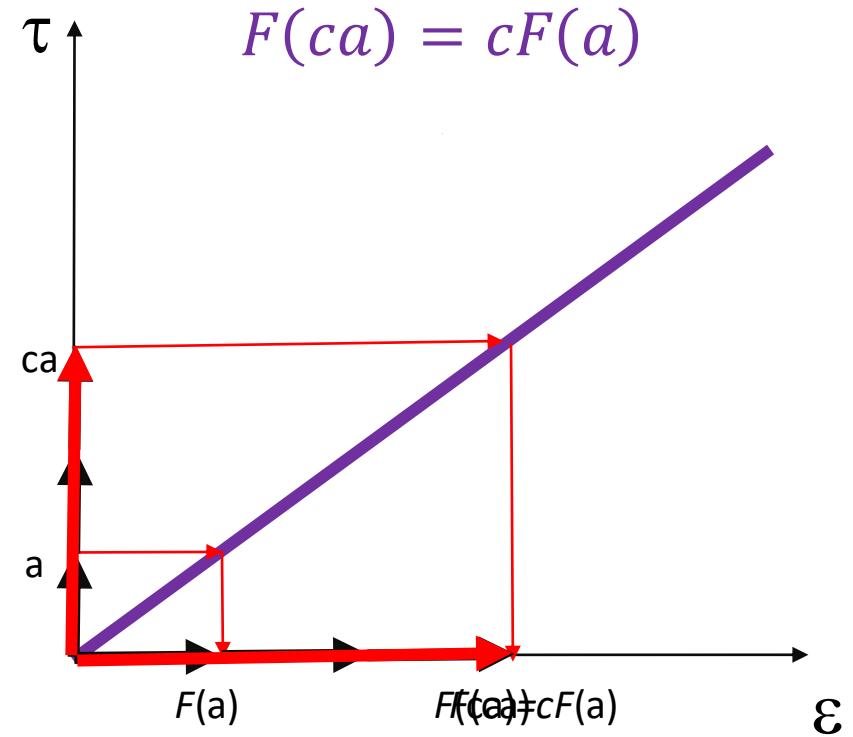
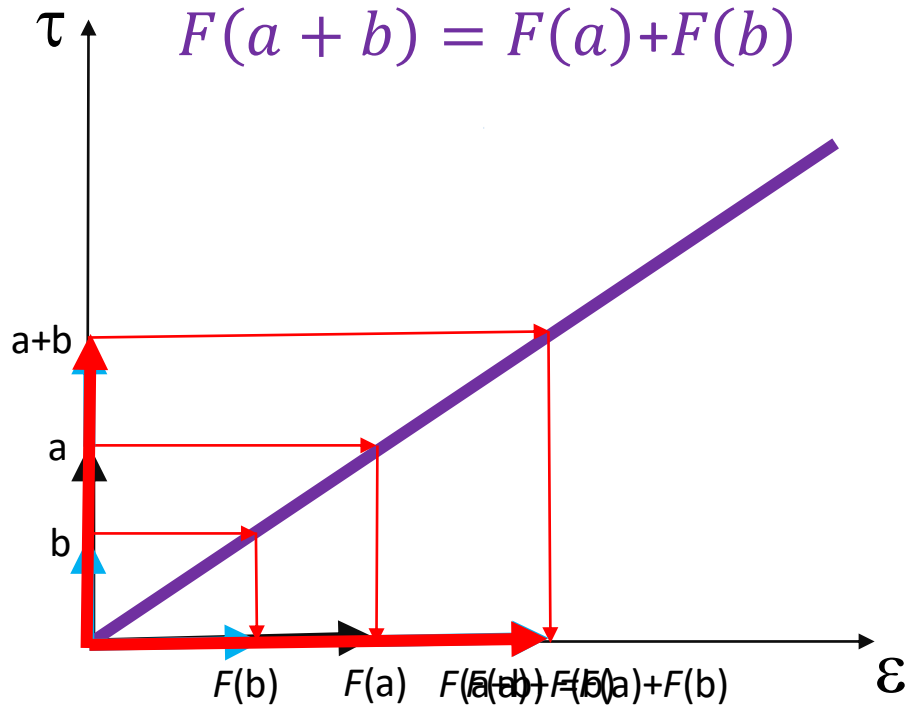


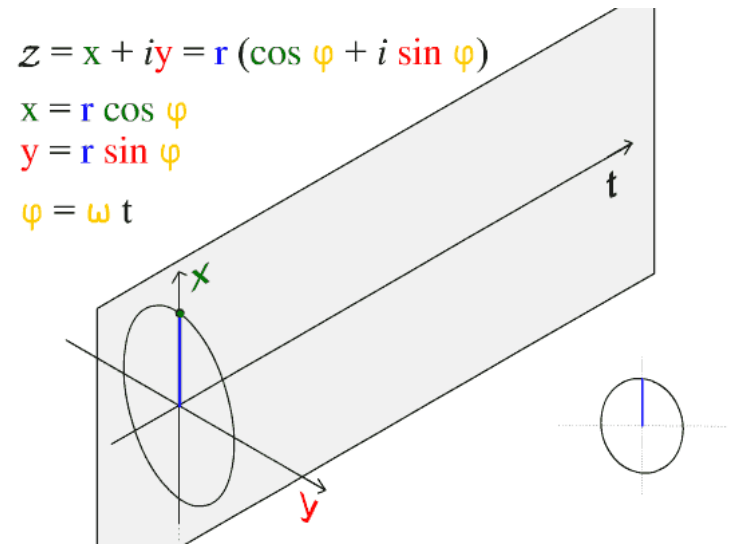
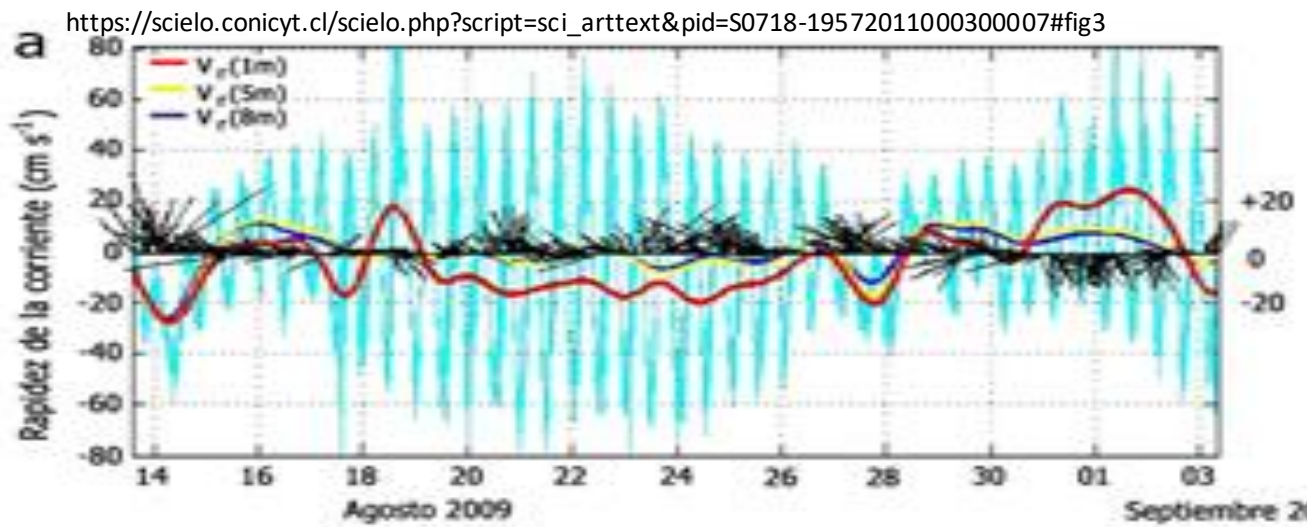
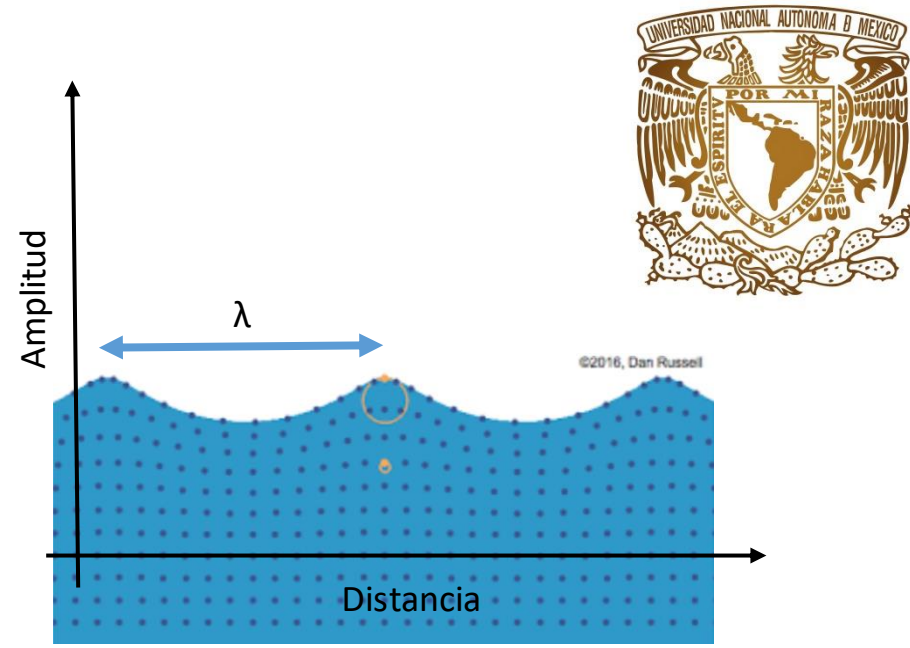
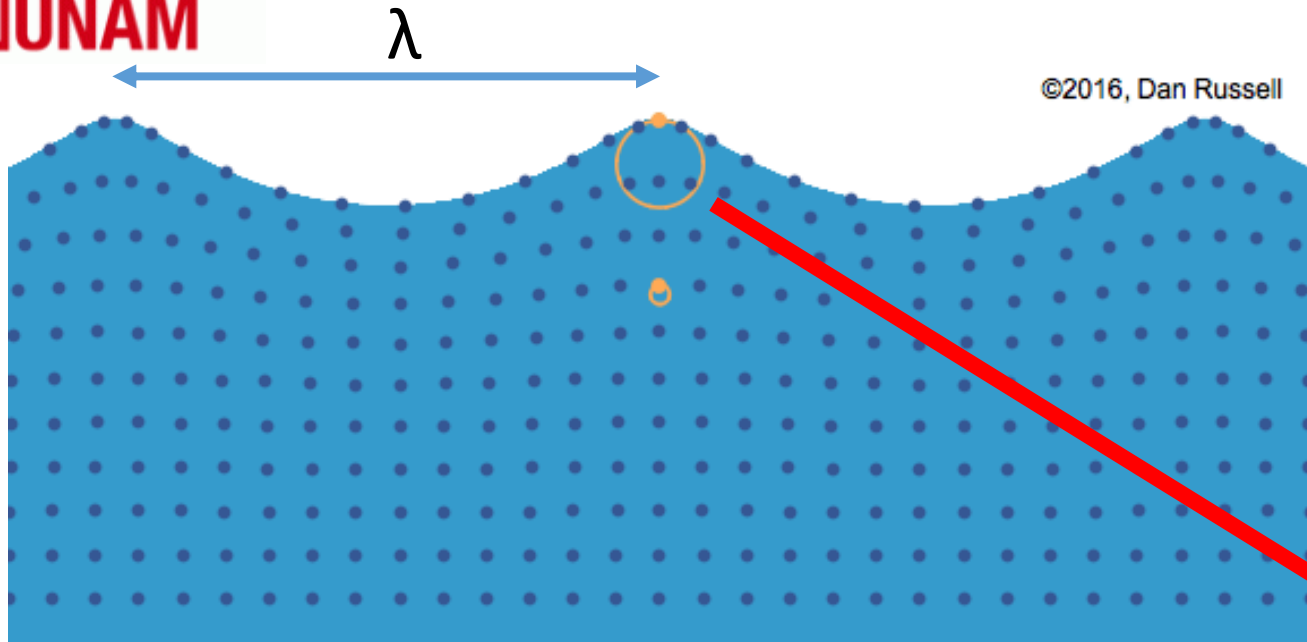
Problema no lineal

Modelos empleados en suelos según la deformación de corte esperada

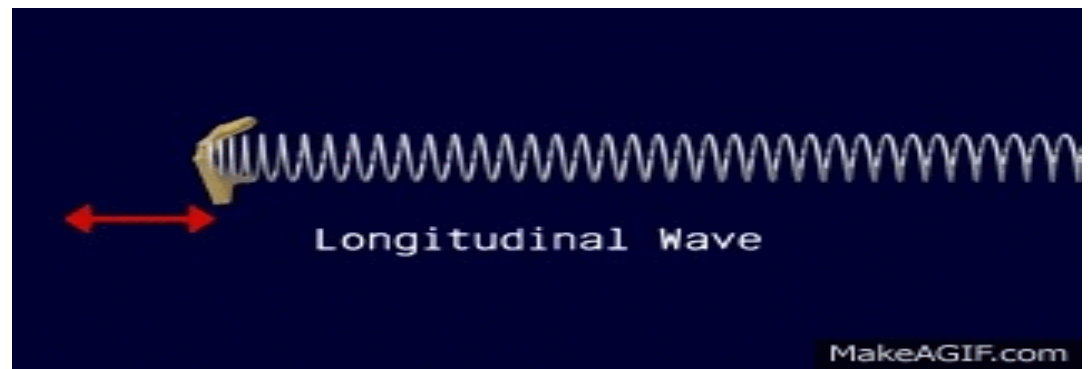
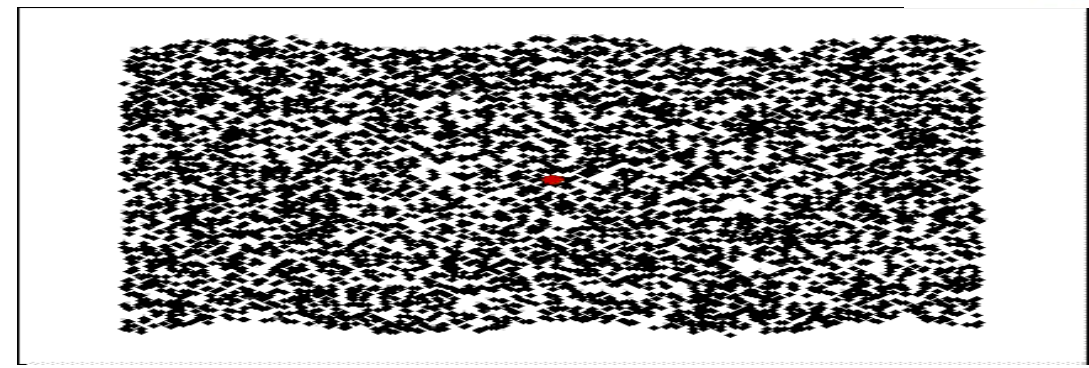
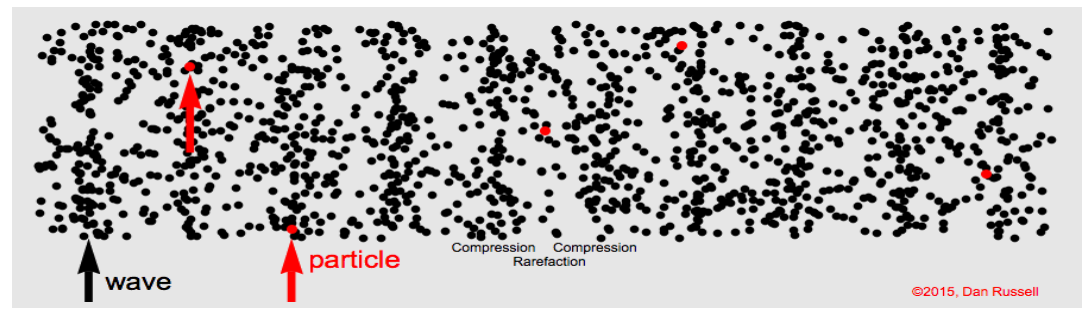
Deformación al cortante	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}
	Deformación pequeña	Deformación media	Deformación Grande		Falla	
Elástica						
<u>Elastoplástica</u>						
Falla						
Efecto de Repetición de carga						
Efecto del Rango de carga						
Modelo	Elástico lineal		Visco elástico		Historia de la Curva Esfuerzo-deformación	

Problemas lineales

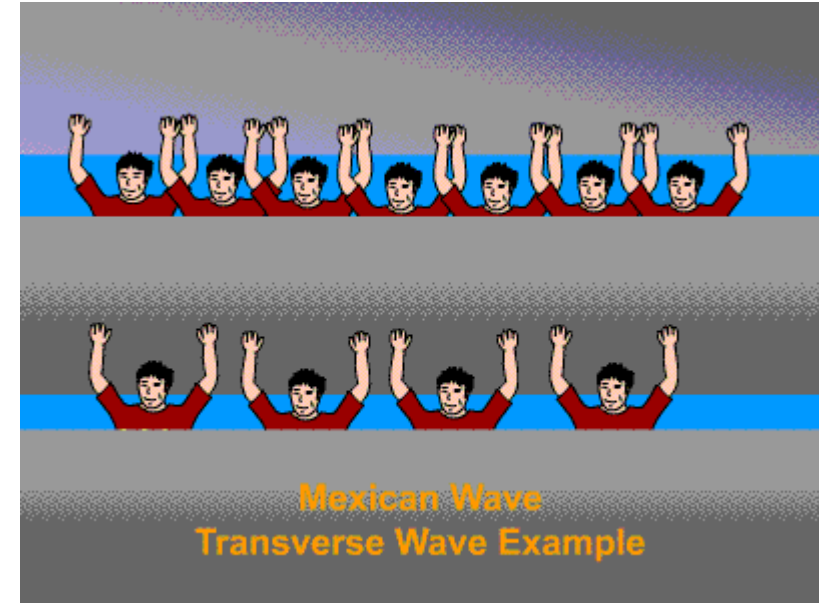




<https://www.acs.psu.edu/drussell/demos.html>

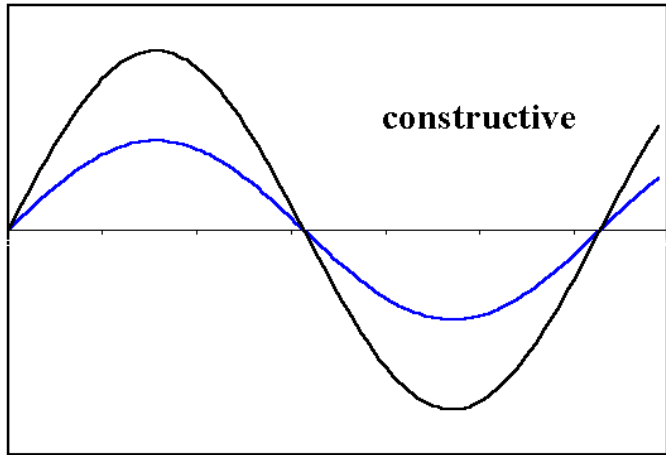


<https://gfyca.com/gifs/detail/colossalpowerfulisabellineshrike>

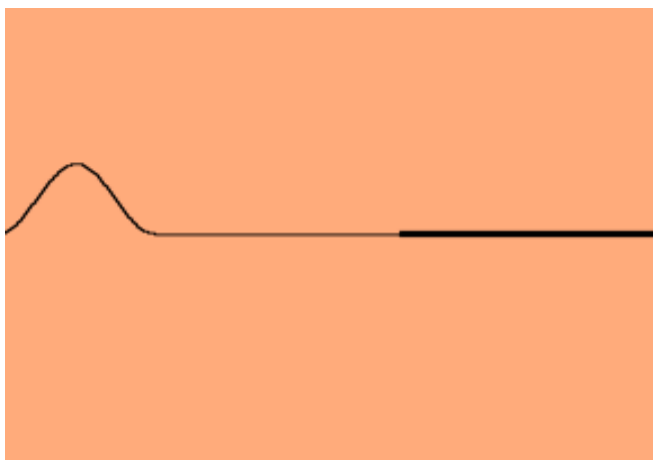


<http://www.acoustics.salford.ac.uk/feschools/waves/wavetypes.php>

<http://virtual.ffyb.uba.ar/mod/book/tool/print/index.php?id=88043&chapterid=1839>

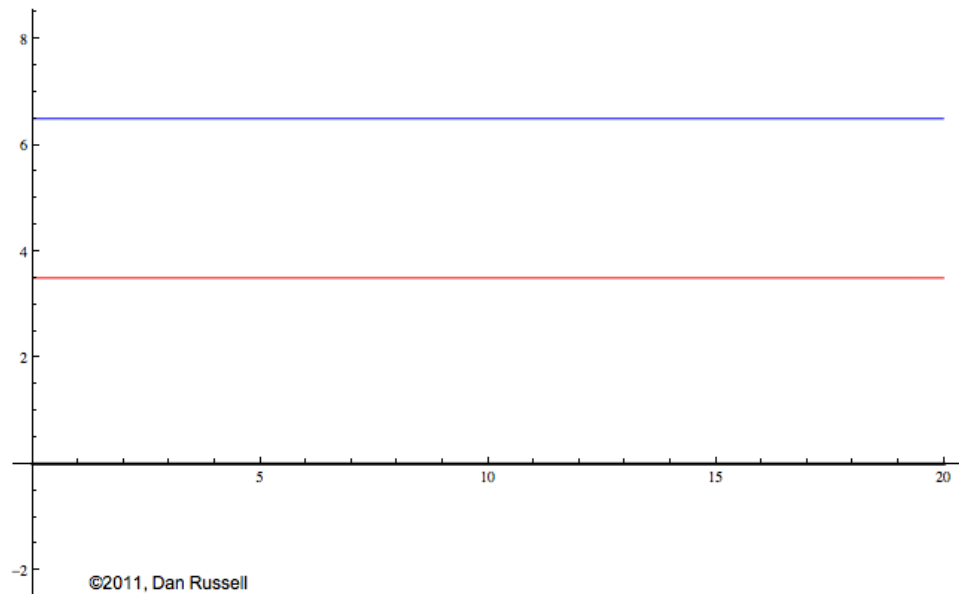


<https://www.acs.psu.edu/drussell/demos.html>

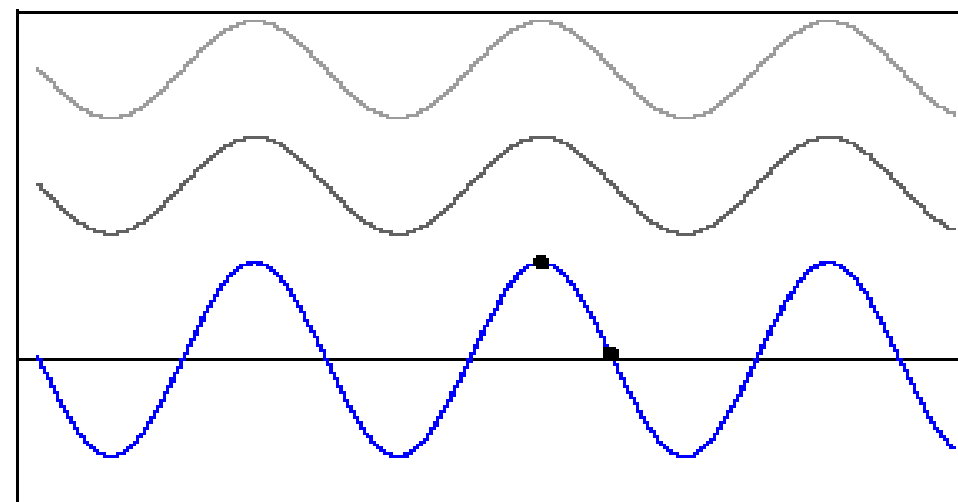




©2011, Dan Russell



©2011, Dan Russell

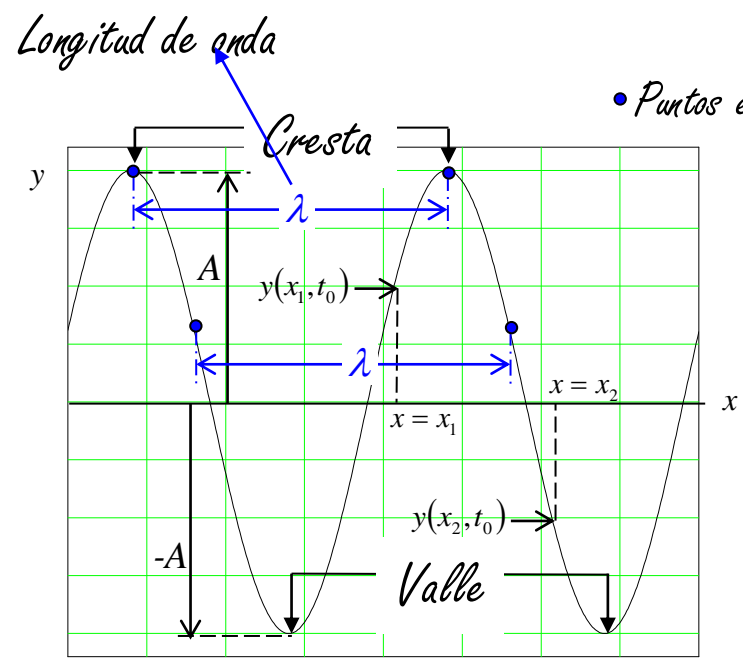


Ondas armónicas

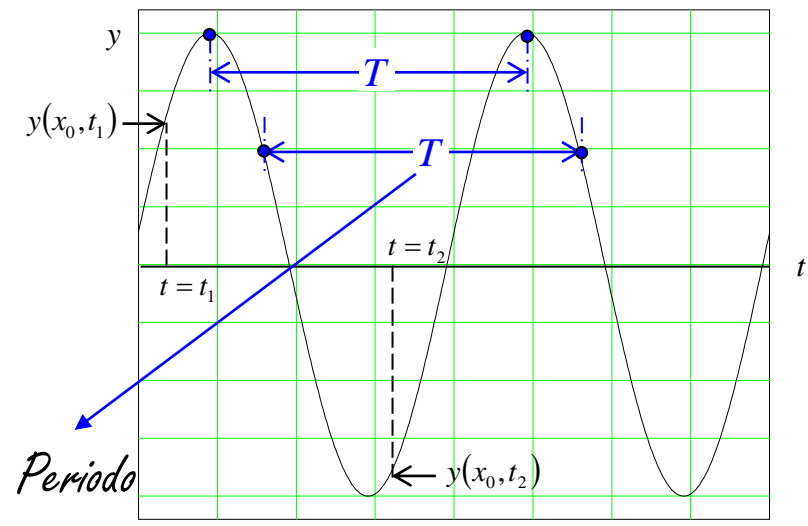
$$y = A \cos \frac{2\pi}{\lambda} (x \pm v \cdot t + \varphi_0)$$

Diagram illustrating the components of the harmonic wave equation $y = A \cos \frac{2\pi}{\lambda} (x \pm v \cdot t + \varphi_0)$:

- y : Desplazamiento (Displacement)
- A : Amplitud (Amplitude)
- $\frac{2\pi}{\lambda}$: Espacio (Space)
- x : Espacio (Space)
- $\pm v$: Velocidad de fase (Phase velocity)
- t : Tiempo (Time)
- φ_0 : Fase inicial (Initial phase)



Perfil de onda para $t = t_0$
Foto instantánea



Dependencia temporal en $x = x_0$
Gráfica posición / tiempo

Doble periodicidad { espacio tiempo

Velocidad y aceleración de las partículas del medio

$$y = A \cos(k x \pm \omega t + \delta)$$

$$\dot{y} = \frac{\partial y}{\partial t} = -(\pm \omega) A \sin(k x \pm \omega t + \delta)$$

Velocidad máxima $\dot{y}|_{\max} = (\mp \omega) A$

$$\ddot{y} = \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\omega^2 A \cos(k x \pm \omega t + \delta) = -\omega^2 A y$$

Aceleración máxima $\ddot{y}|_{\max} = -\omega^2 A$

⋮

⋮

$$u = A [\cos(\omega t - kx) + \cos(\omega t + kx) + \cos(\omega t - kx) + \cos(\omega t + kx) + \cos(\omega t - kx) + \cos(\omega t + kx) + \cos(\omega t - kx) + \cos(\omega t + kx)]$$

$$u = A \sum_{j=1}^{\infty} A \cos(\omega t - kx) + A \cos(\omega t + kx) + A \cos(\omega t - kx) + A \cos(\omega t + kx)$$

$$u = A \cos(\omega t - kx) + A \cos(\omega t + kx) + A \cos(\omega t - kx) + A \cos(\omega t + kx)$$

$$u = A \cos(\omega t - kx) + A \cos(\omega t + kx) + A \cos(\omega t - kx)$$

$$u = A \cos(\omega t - kx) + A \cos(\omega t + kx)$$

$$u = A \cos(\omega t - kx)$$

$$A \cos(\omega t - kx); 6H \leq x \leq 7H$$

$$A \cos(\omega t - kx); 5H \leq x \leq 6H$$

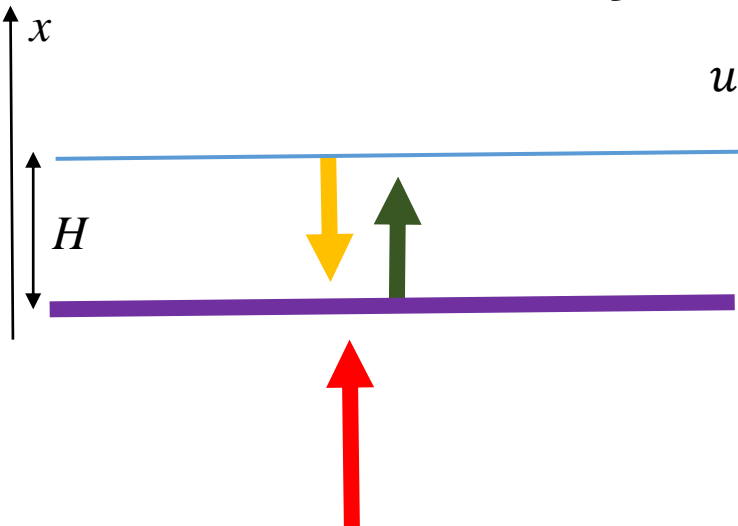
$$A \cos(\omega t - kx); 4H \leq x \leq 5H$$

$$A \cos(\omega t - kx); 3H \leq x \leq 4H$$

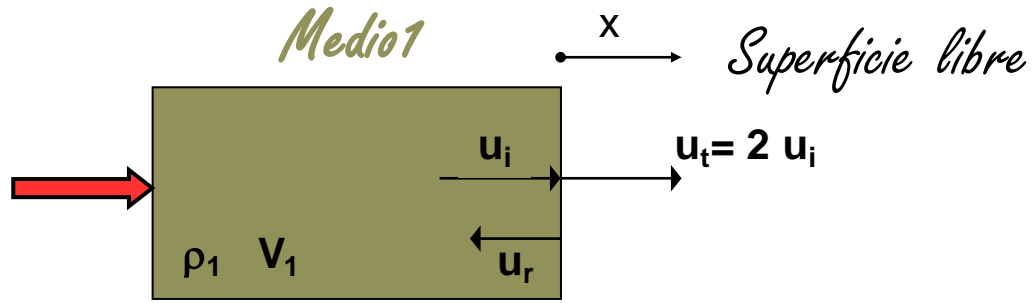
$$A \cos(\omega t - kx); 2H \leq x \leq 3H$$

$$A \cos(\omega t + kx); H \leq x \leq 2H$$

$$A \cos(\omega t - kx); 0 \leq x \leq H$$

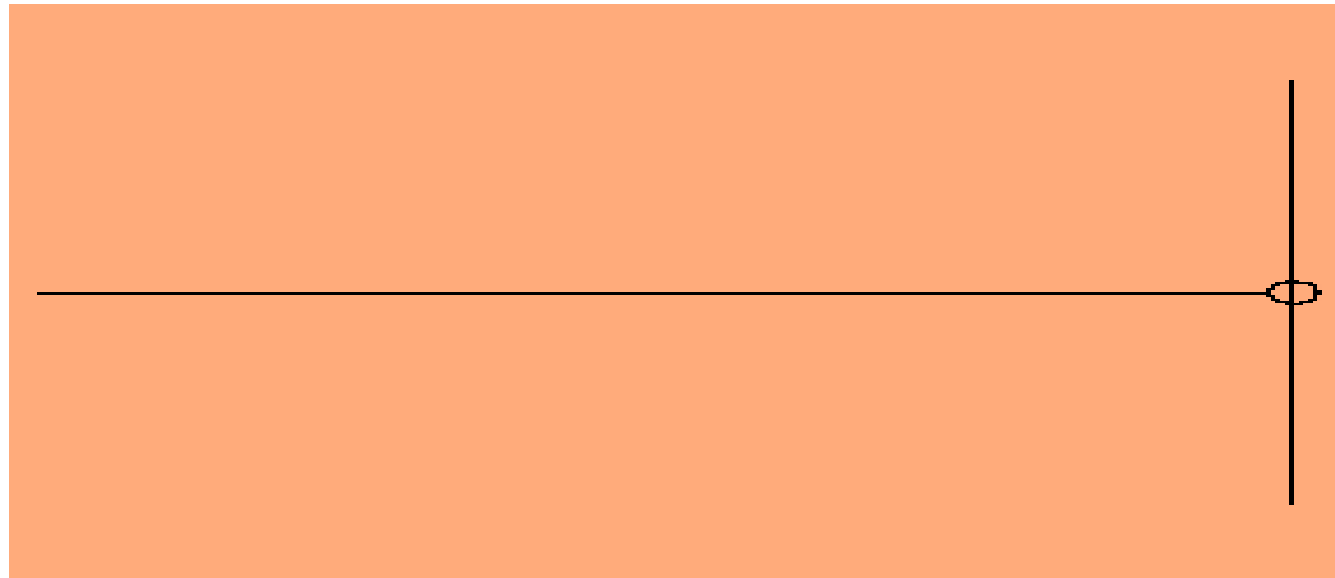


Condiciones de frontera

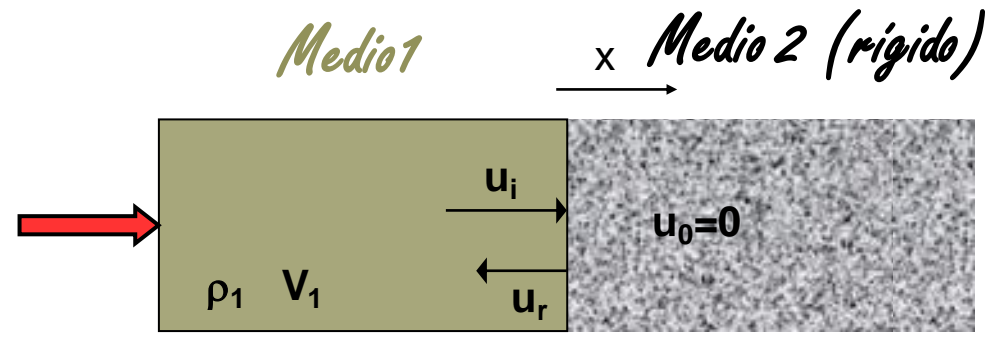


$$\sigma_x(0,t) = 0 \quad \forall t, x=0$$

$$\begin{cases} U_r = U_i \\ U_0 (= U_t) = 2U_i \end{cases}$$

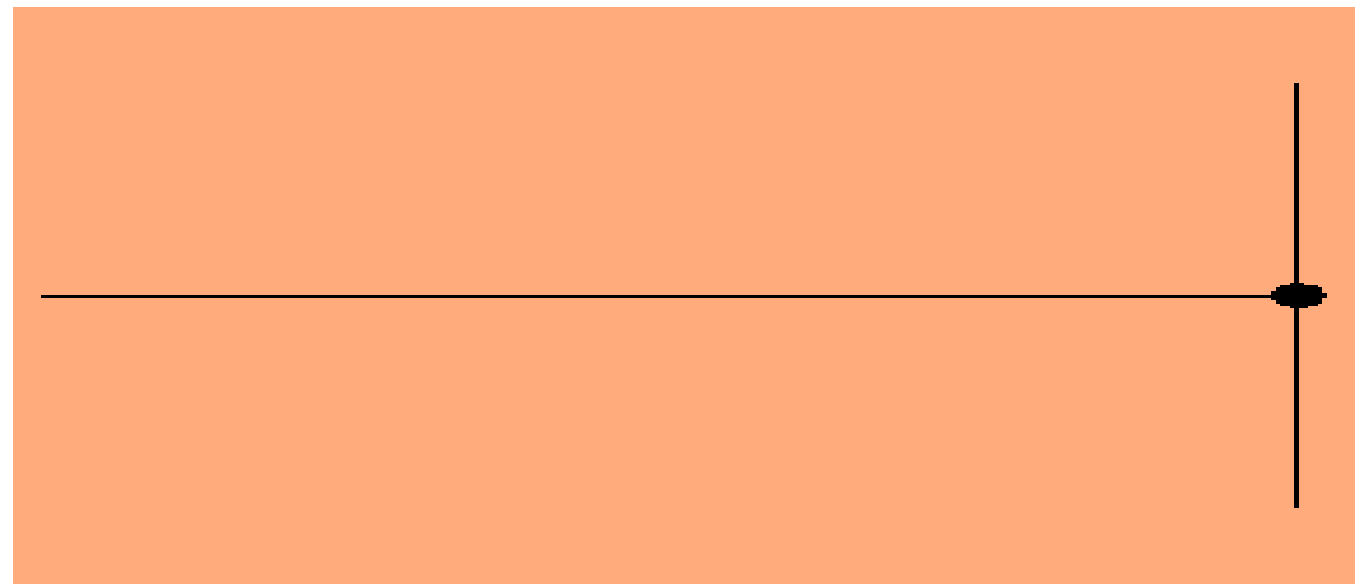


Condiciones de frontera

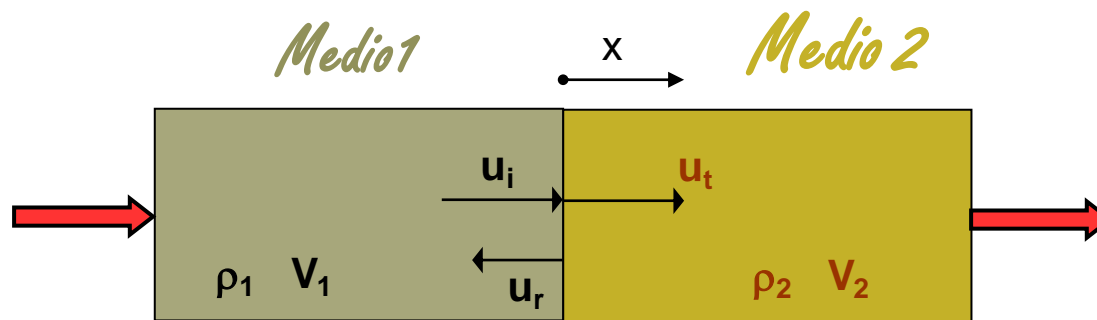


$$u(0,t) = 0 \quad \forall t, x > 0$$

$$\begin{cases} U_r = -U_i \\ U_0 (= U_t) = 0 \end{cases}$$



Condiciones de frontera



Desplazamientos (U)

$$\begin{cases} u_1 = u_i + u_r \\ u_2 = u_t \end{cases}$$

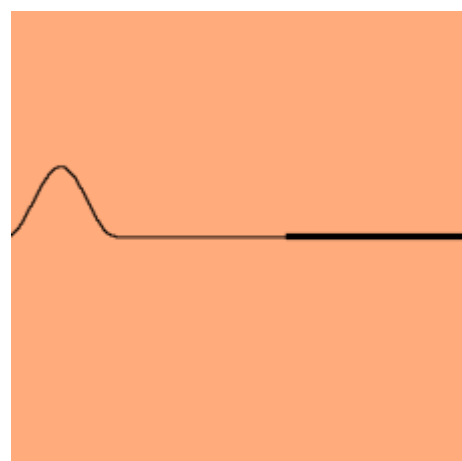
Interfaz:

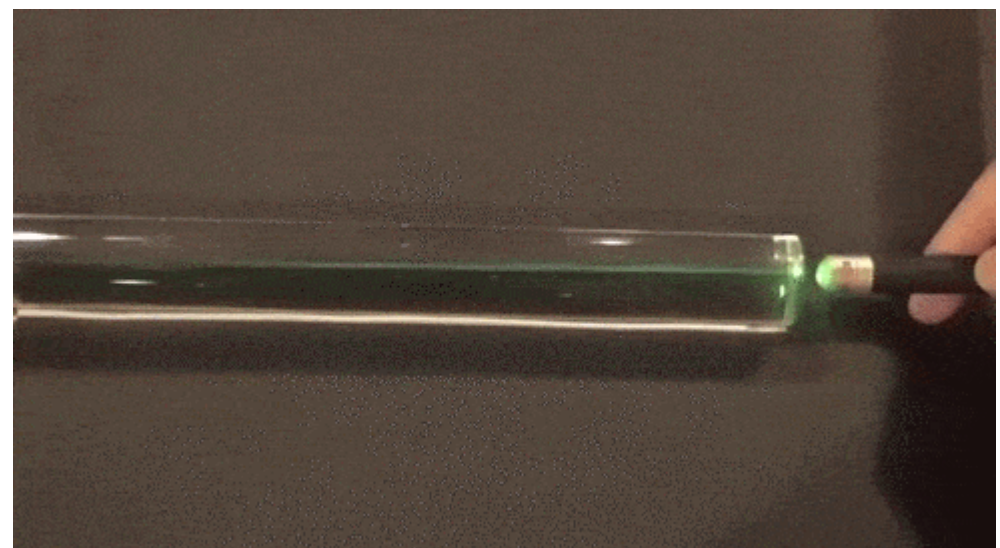
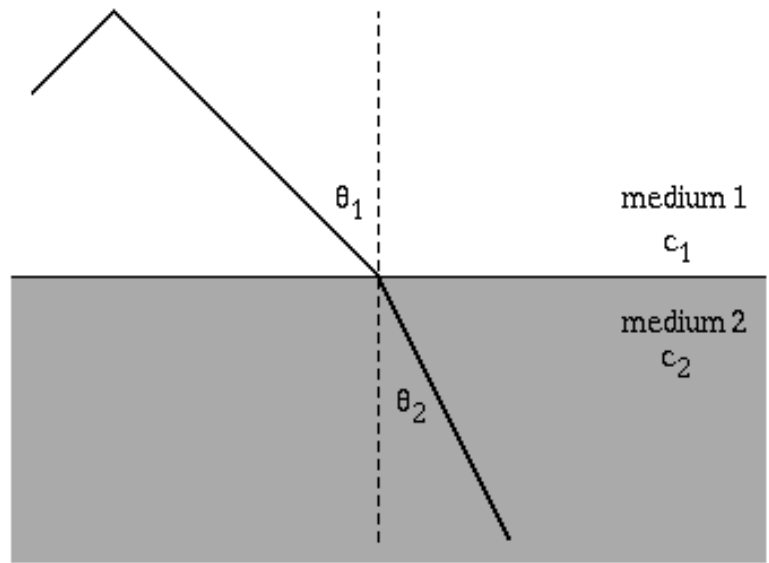
Continuidad (C)
Equilibrio (E)

$$\begin{cases} u_1(0, t) = u_2(0, t) \\ \sigma_{x1}(0, t) = \sigma_{x2}(0, t) \end{cases}$$

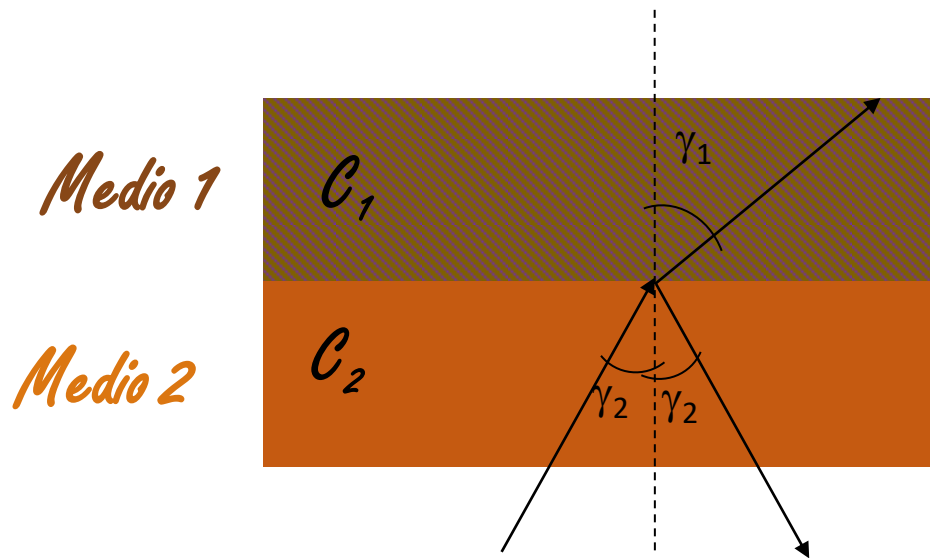
donde

$$\sigma_x = (\lambda + 2G) \frac{\partial u}{\partial x} \equiv E_{ed} \frac{\partial u}{\partial x}$$





Ley de Snell



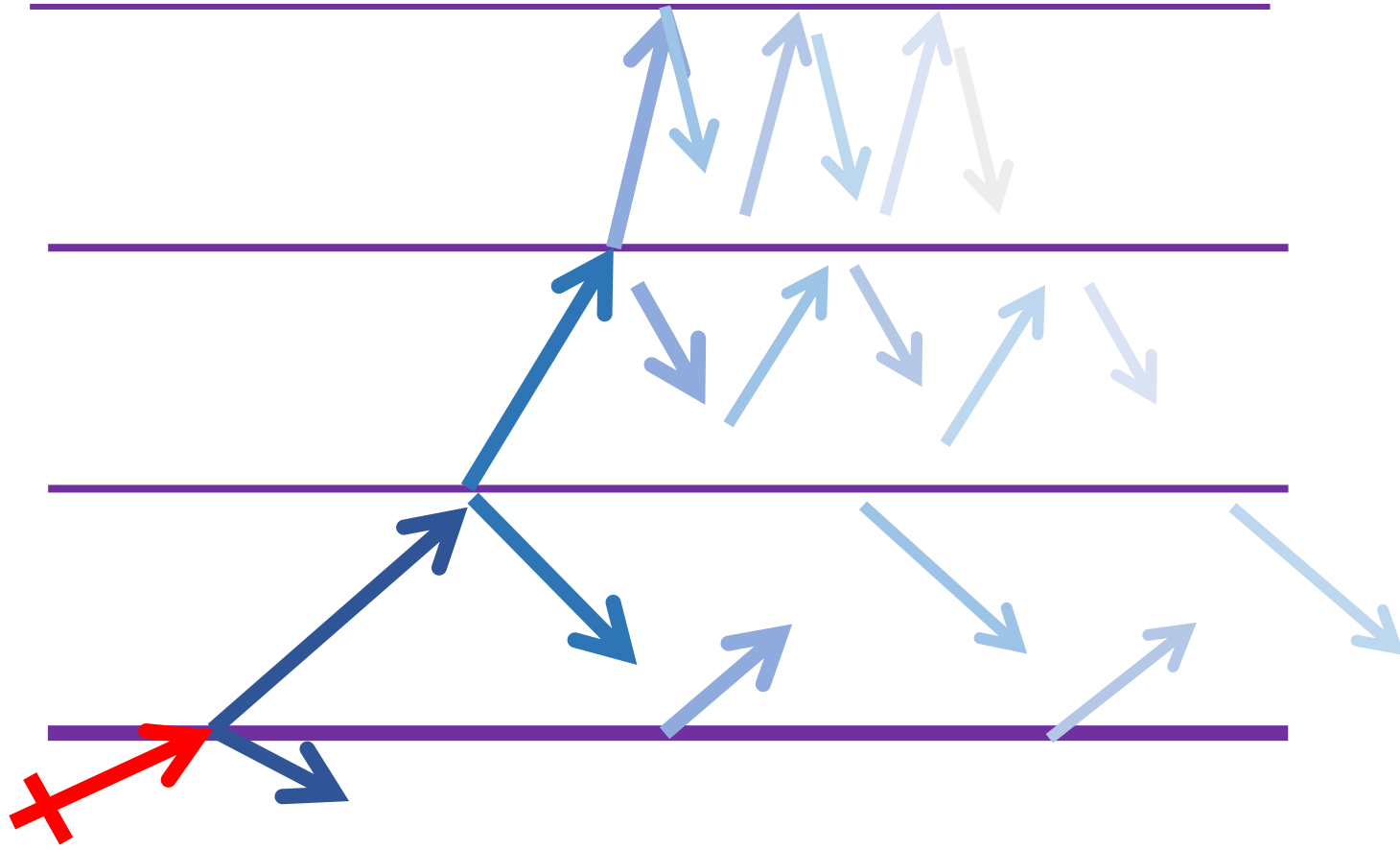
$$\frac{\text{sen } \gamma_1}{c_1} = \frac{\text{sen } \gamma_2}{c_2}$$

$$\text{si } c_1 < c_2; \gamma_1 < \gamma_2$$

$$\text{para } c_1 \ll c_2; \gamma_1 \approx 0$$

para $c_1 \gg c_2$; no hay transmisión de ondas

para $c_1 = \frac{c_2}{\text{sen } \gamma_2}$; las ondas viajan por la frontera



Método de Thomson-Haskell

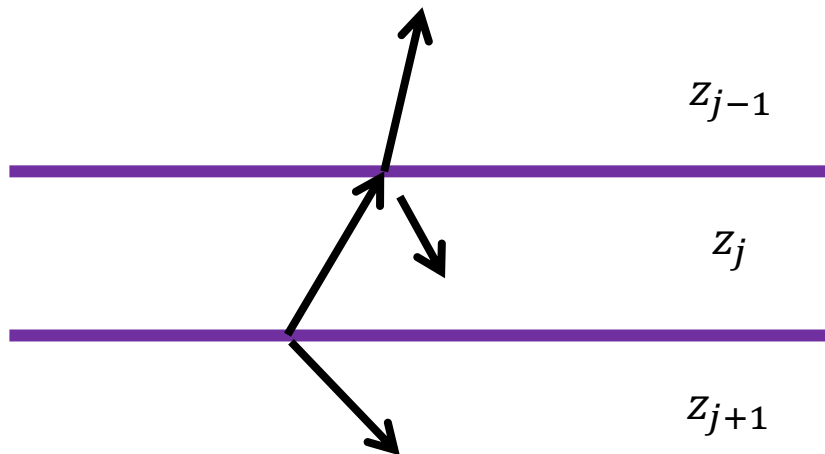


Ecuación de movimiento:

$$\frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial z} = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}$$

Dominio de la frecuencia:

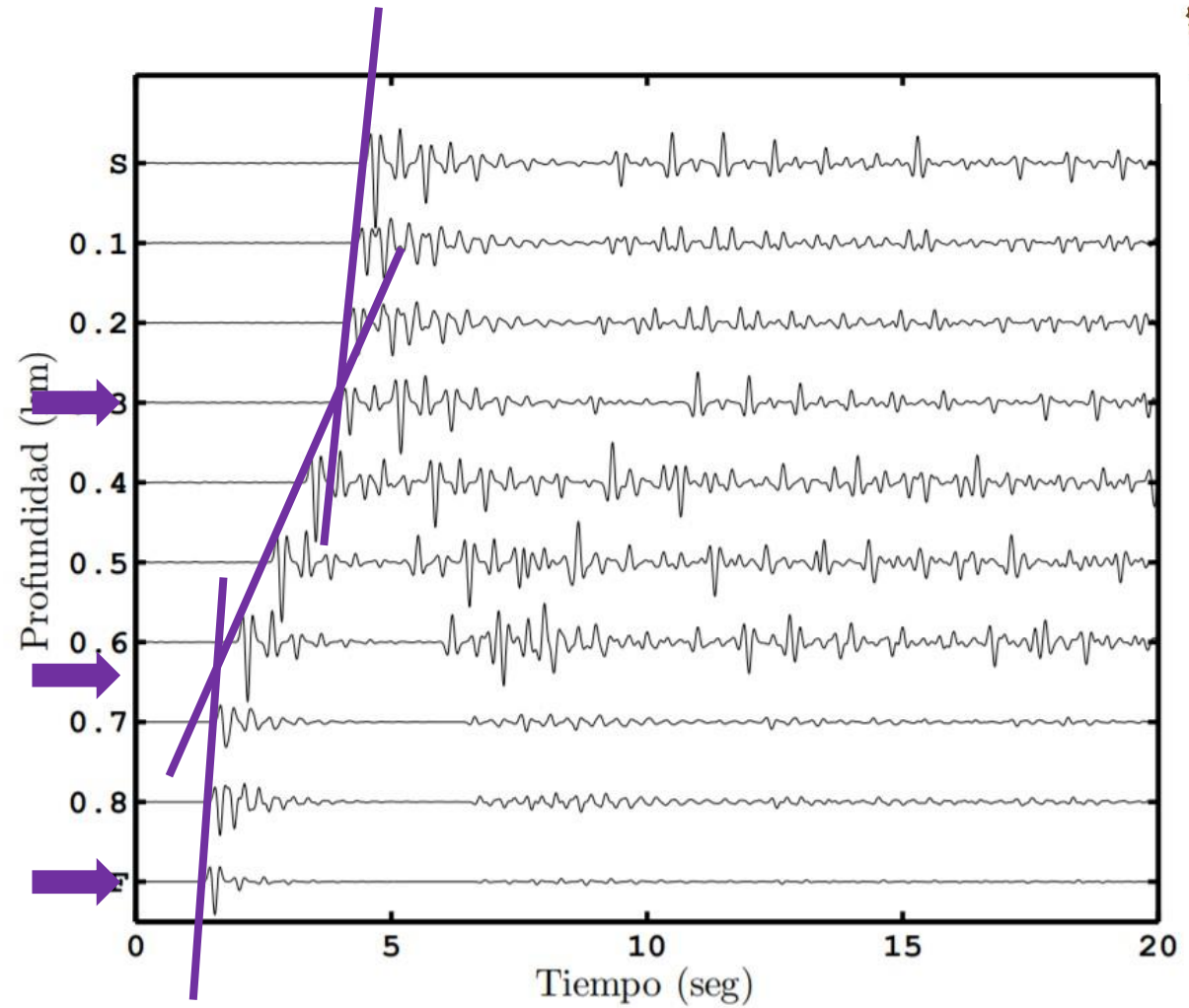
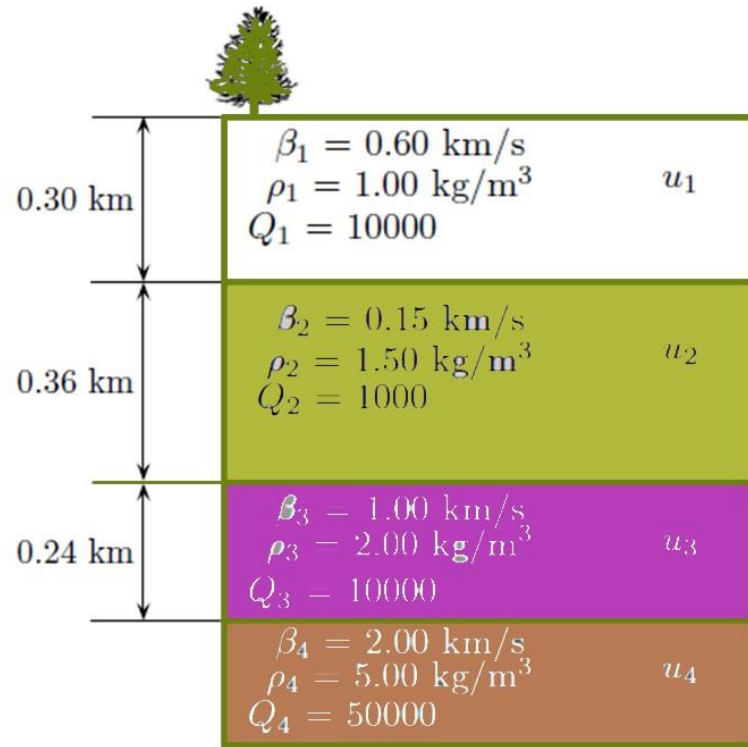
$$\nabla^2 v + \frac{\omega^2}{\beta^2} v = 0$$



$$f(z) = P(z, z_{k-1})P(z_{k-1}, z_{k-2}) \dots P(z_1, z_0)f(z_0)$$

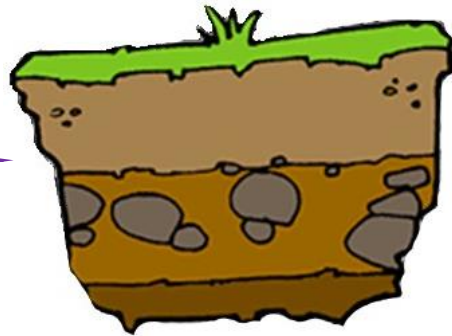
$$P(1,1) = \cos \eta \omega (z - z_0) \quad P(1,2) = (\omega \eta \mu)^{-1} \operatorname{sen} \eta \omega (z - z_0)$$

$$P(2,1) = -\omega \eta \mu \operatorname{sen} \eta \omega (z - z_0) \quad P(2,2) = \cos \eta \omega (z - z_0)$$



Dependiendo de las características del perfil estratigráfico, durante la propagación vertical de la señal, algunas de sus frecuencias pueden experimentar amplificaciones, mientras que otras se van a reducir. Las frecuencias serán afectadas en función del espesor de los estratos y de sus propiedades

$$s(t) = \left(1 - \frac{1}{2}\omega_0^2 t^2\right) \exp\left(-\frac{1}{4}\omega_0^2 t^2\right)$$



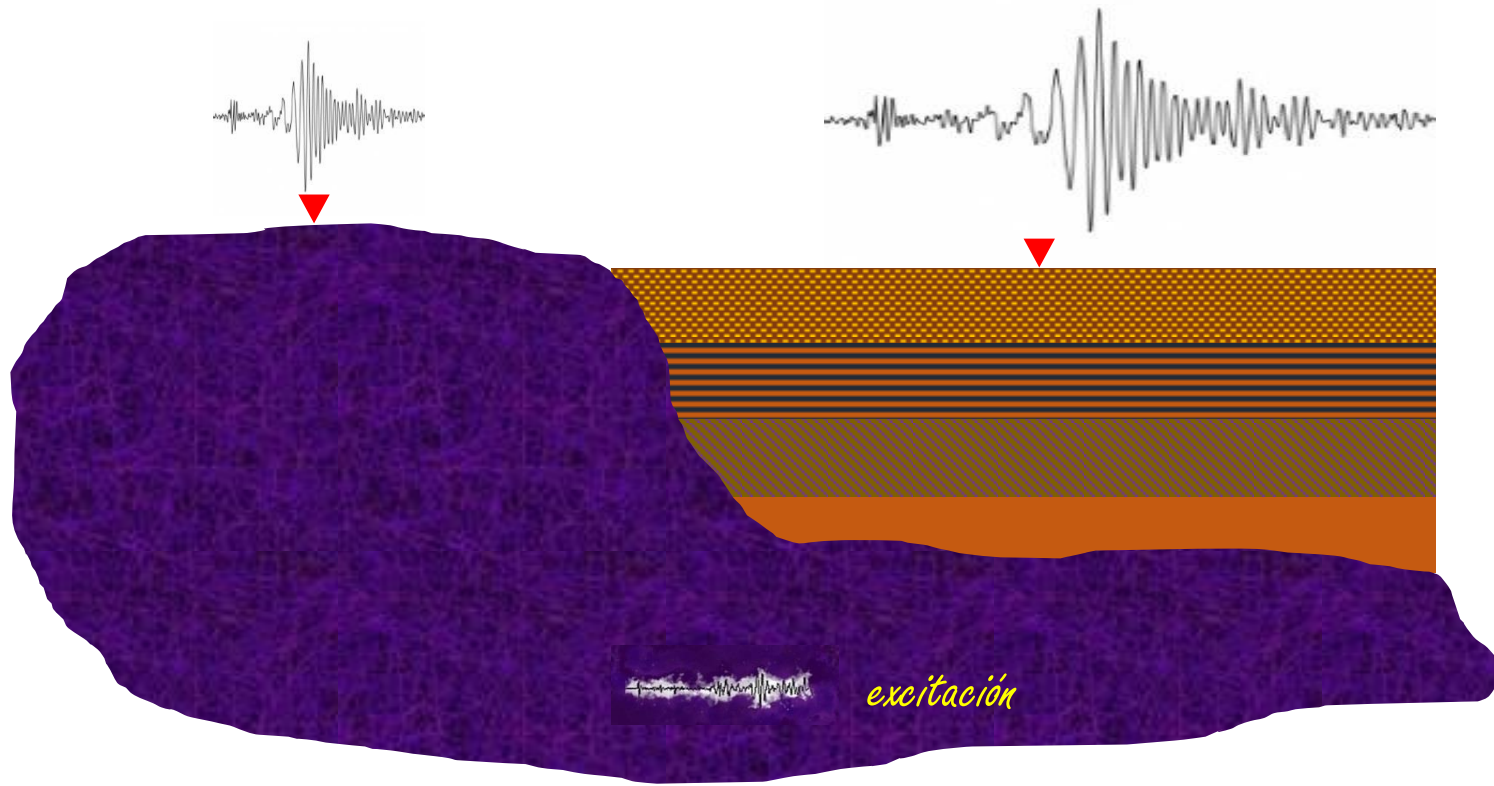
excitación

Filtro

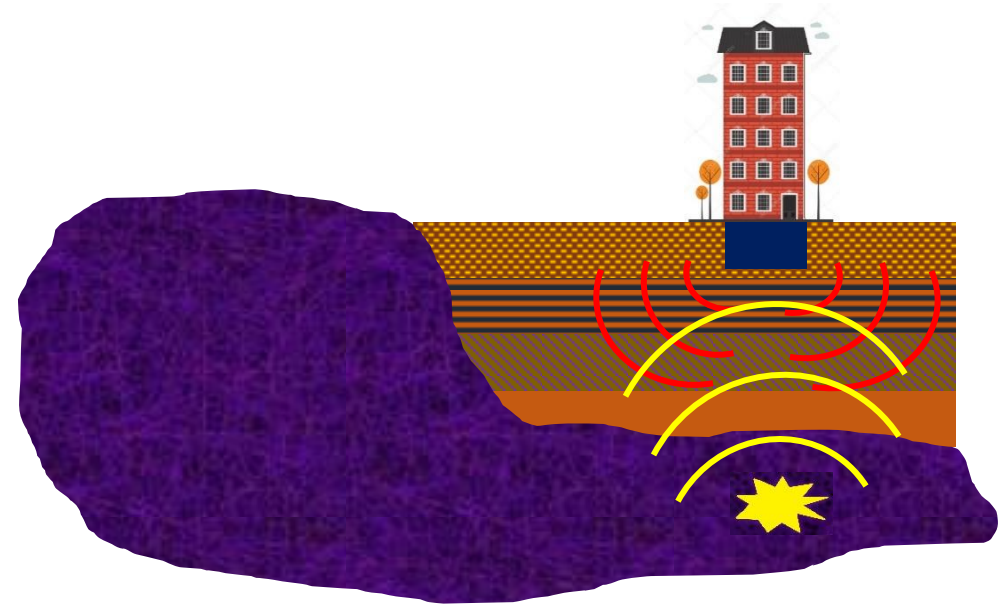
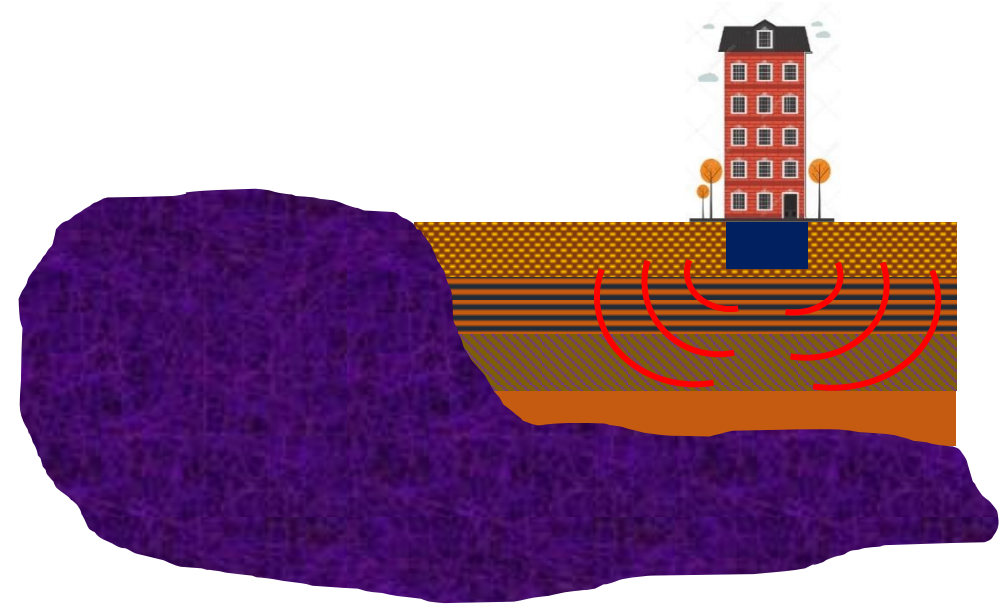
señal

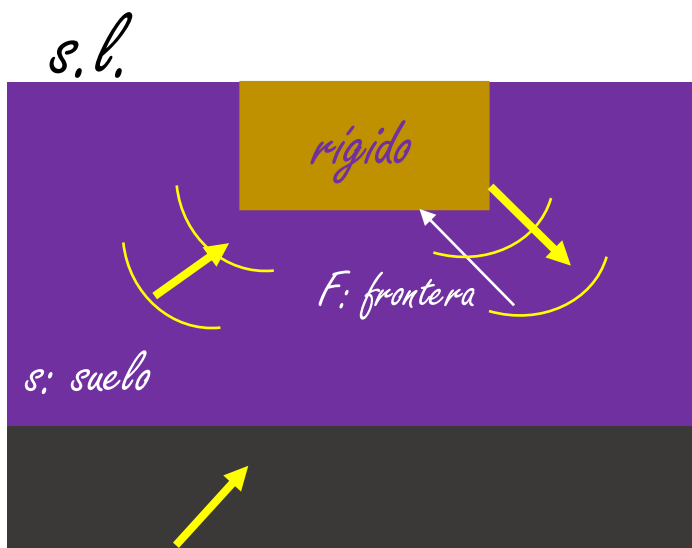
Registro en roca

Registro en depósitos

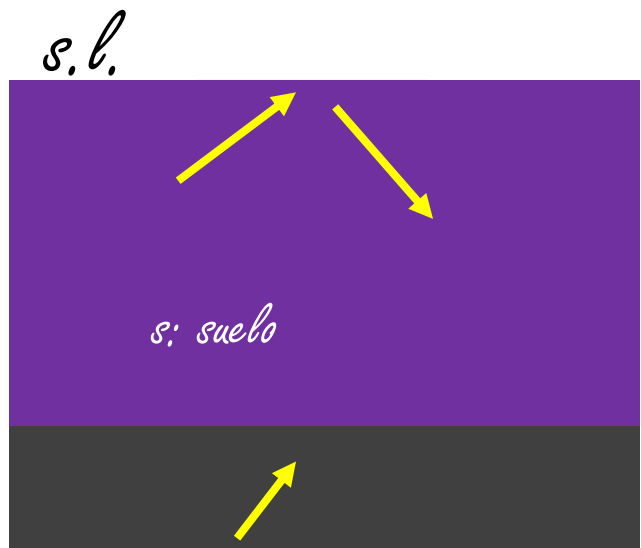


*Interacción
Suelo
Estructura*

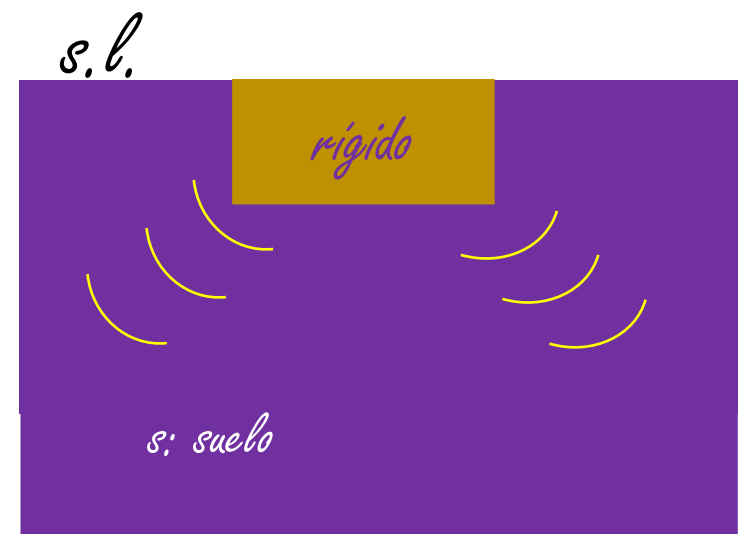




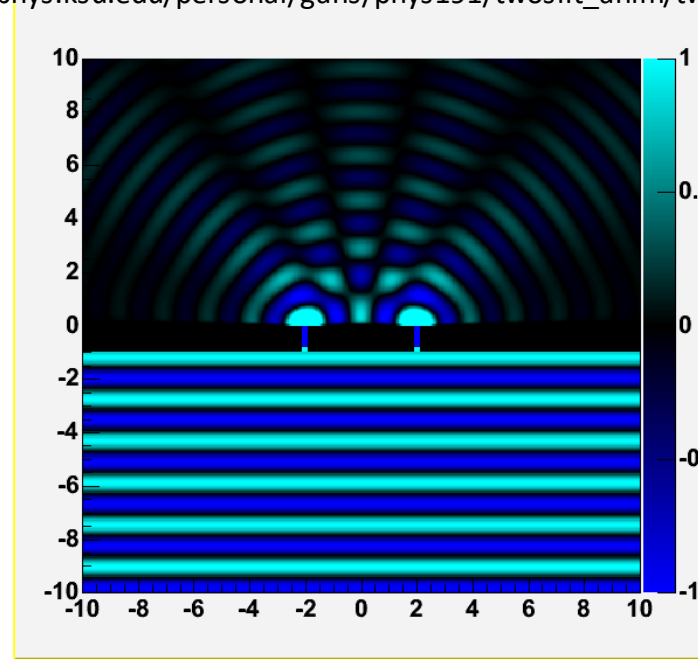
=



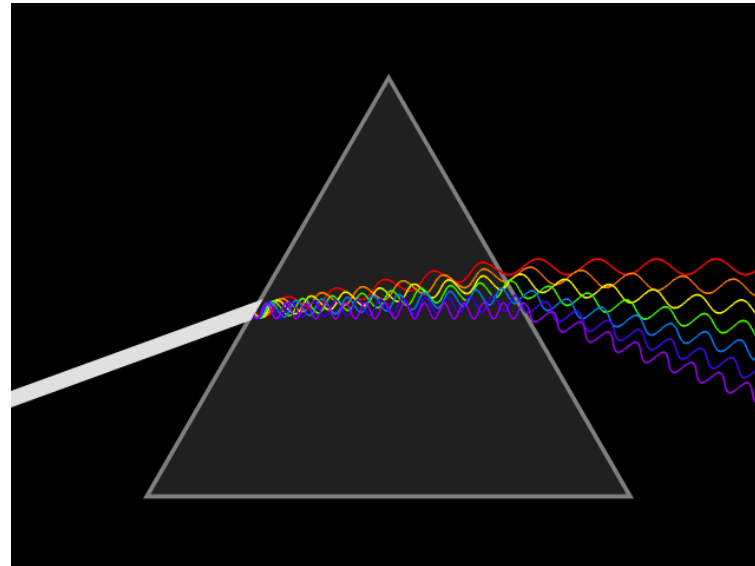
+



https://www.phys.ksu.edu/personal/gahs/phys191/twosl原因_anim/twosl原因_anim.html



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Light_dispersion_conceptual_waves.gif

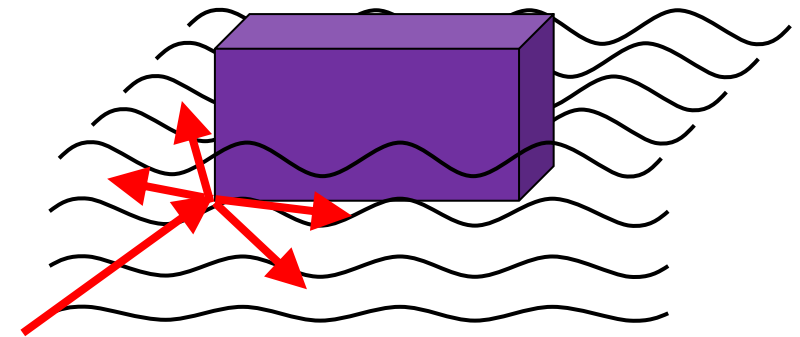
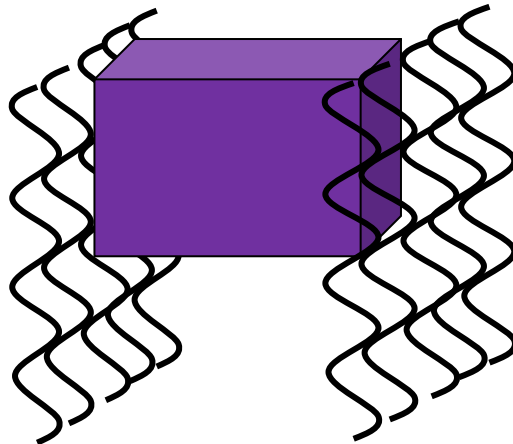
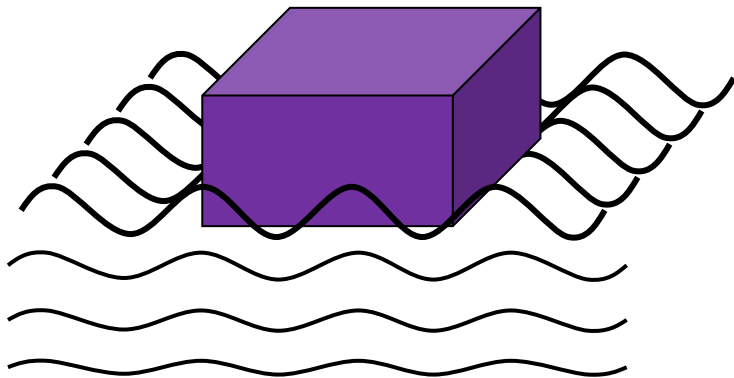




Causas de la Interacción del Suelo con la Estructura:



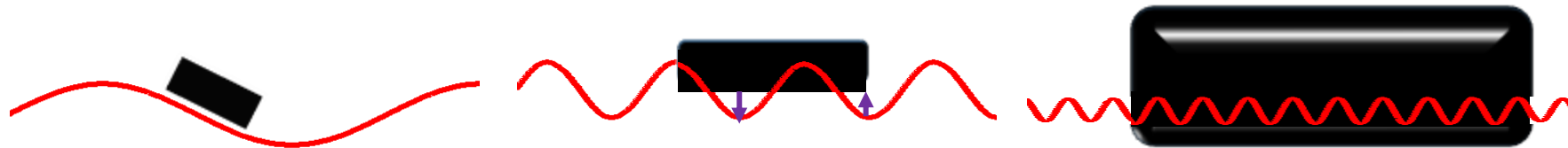
- *Promediado de los movimientos en la base*
- *Variación del movimiento del suelo con la profundidad de desplante del cimiento*
- *Radiación y difracción de las ondas debido a las esquinas y aristas del cimiento.*



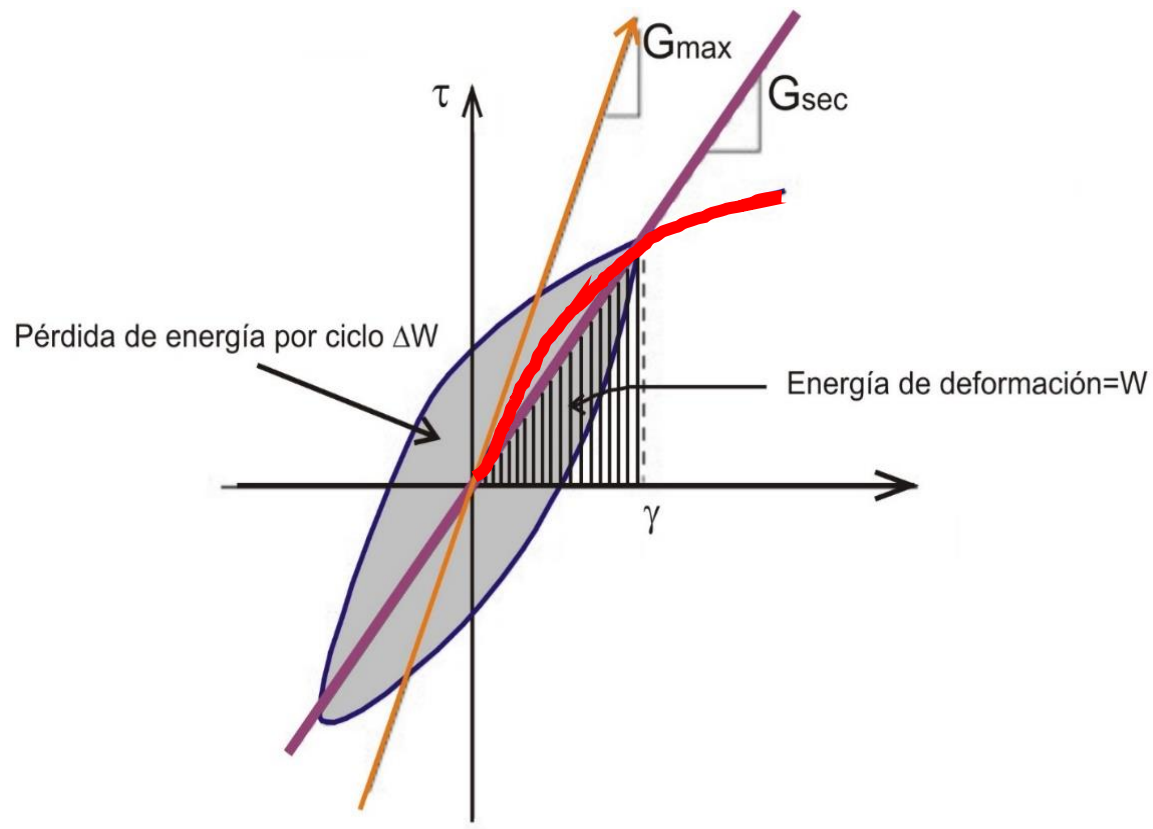
Las traslaciones sufren reducciones porque la variación espacial del movimiento del terreno alrededor de la cimentación es promediada como consecuencia de su rigidez.

Aparecen rotaciones porque la cimentación, al no poder deformarse para seguir los desplazamientos diferenciales en la región de enterramiento, tiende a girar.

Se presenta un filtrado o eliminación de los componentes de alta frecuencia del movimiento del terreno.



Δt



Análisis no lineal

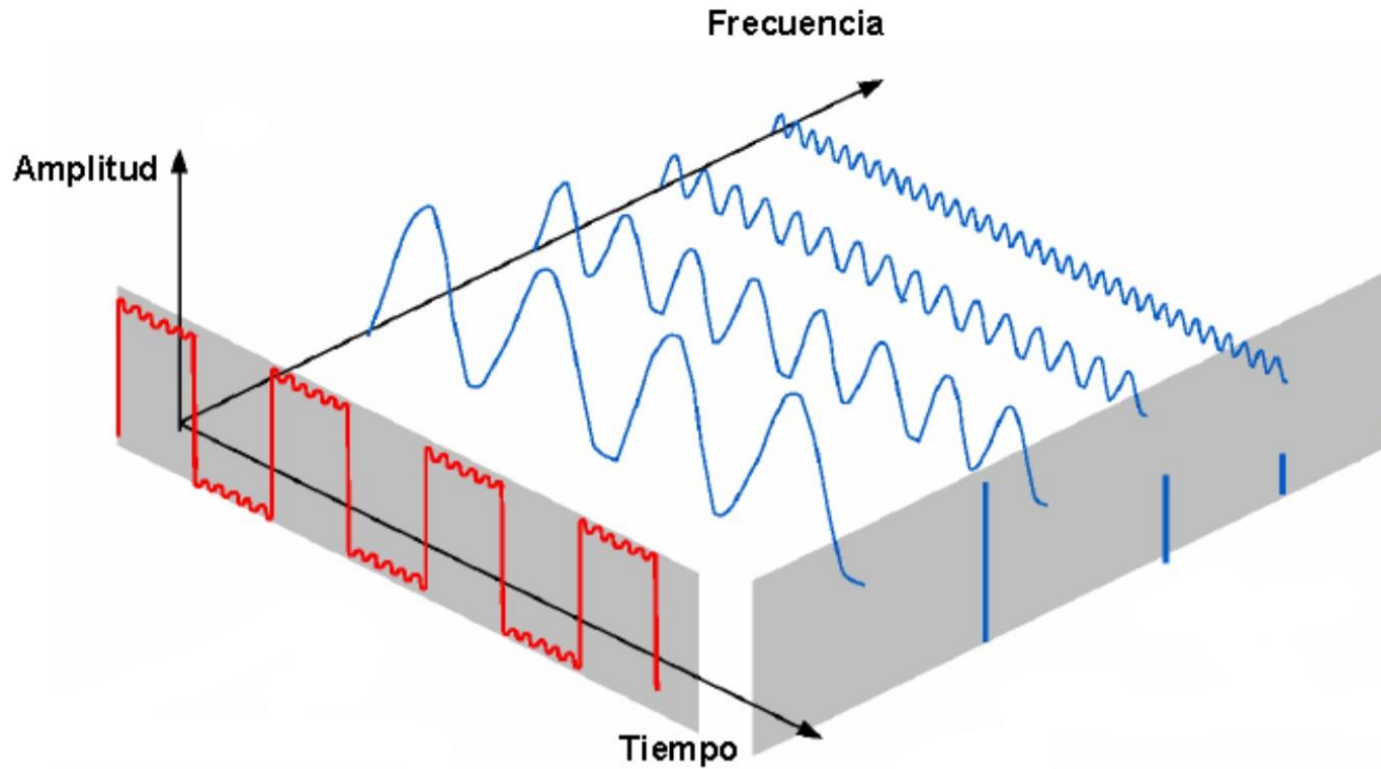


Series de Fourier

$$f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{2\pi n}{T} t + b_n \sin \frac{2\pi n}{T} t \right)$$

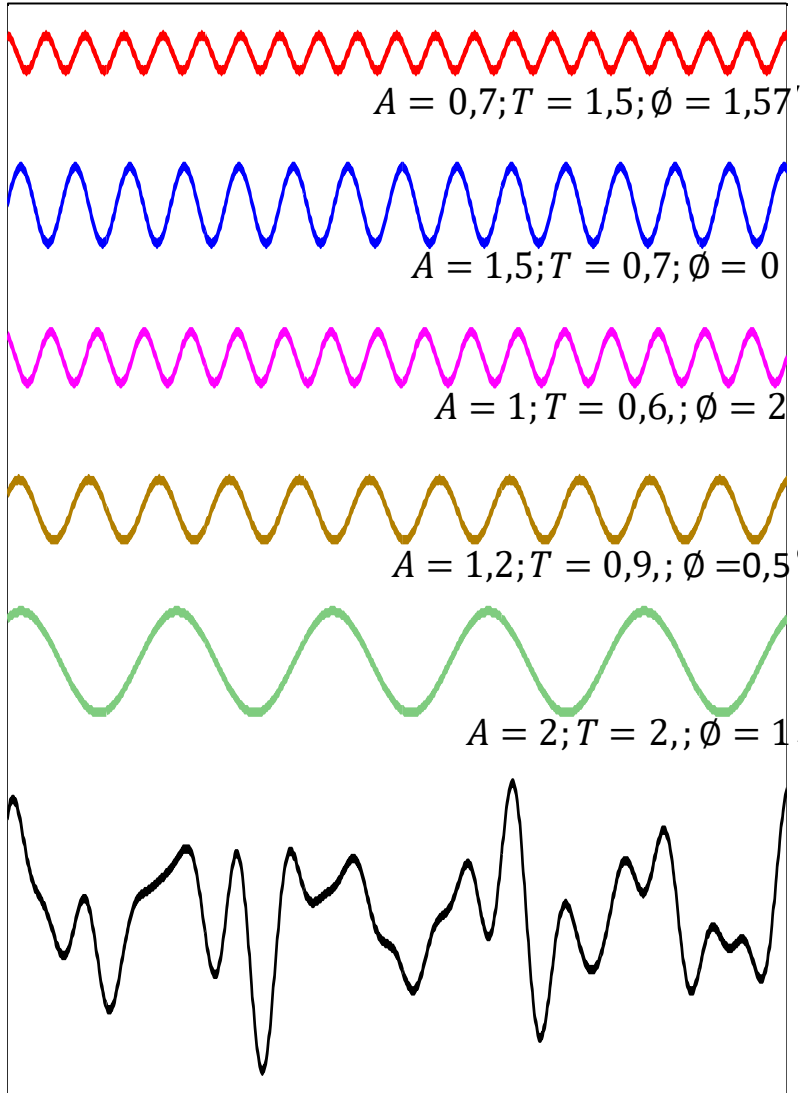
$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} f(t) \cos \left(\frac{2\pi n}{T} t \right) dt \quad b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} f(t) \sin \left(\frac{2\pi n}{T} t \right) dt$$



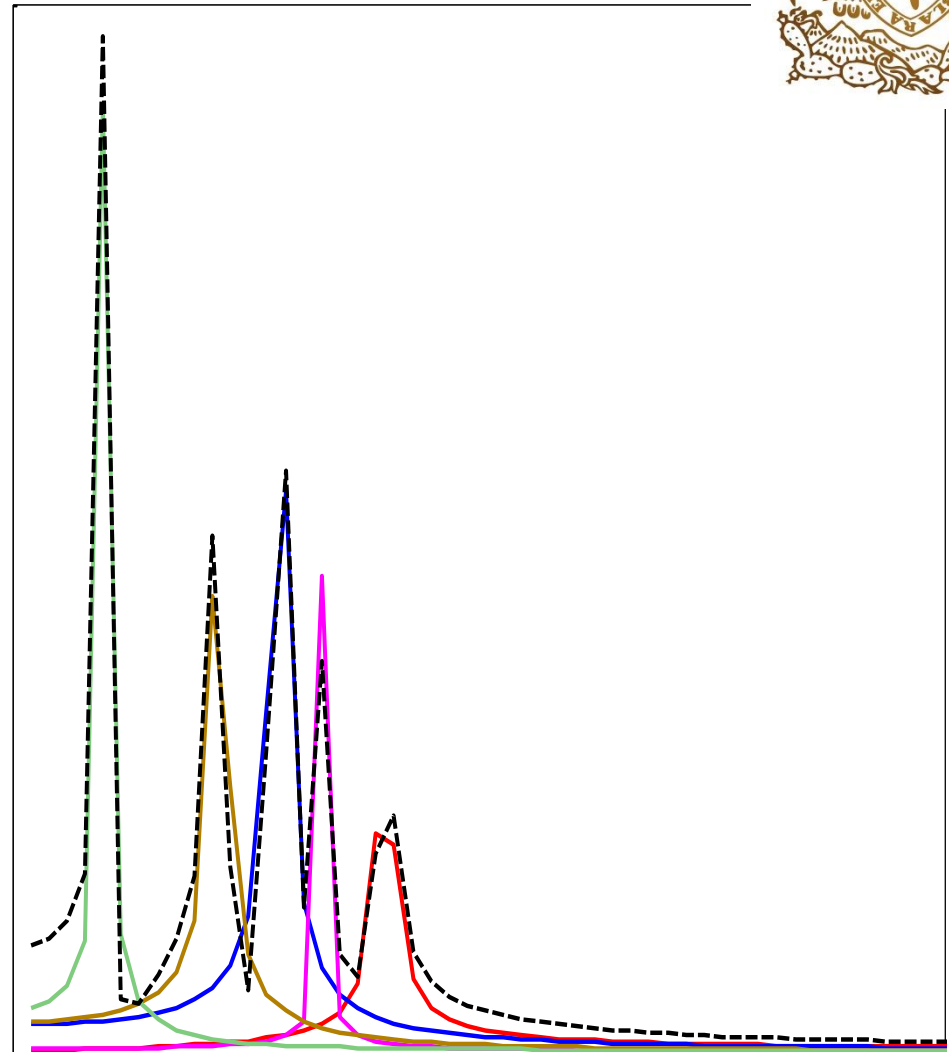



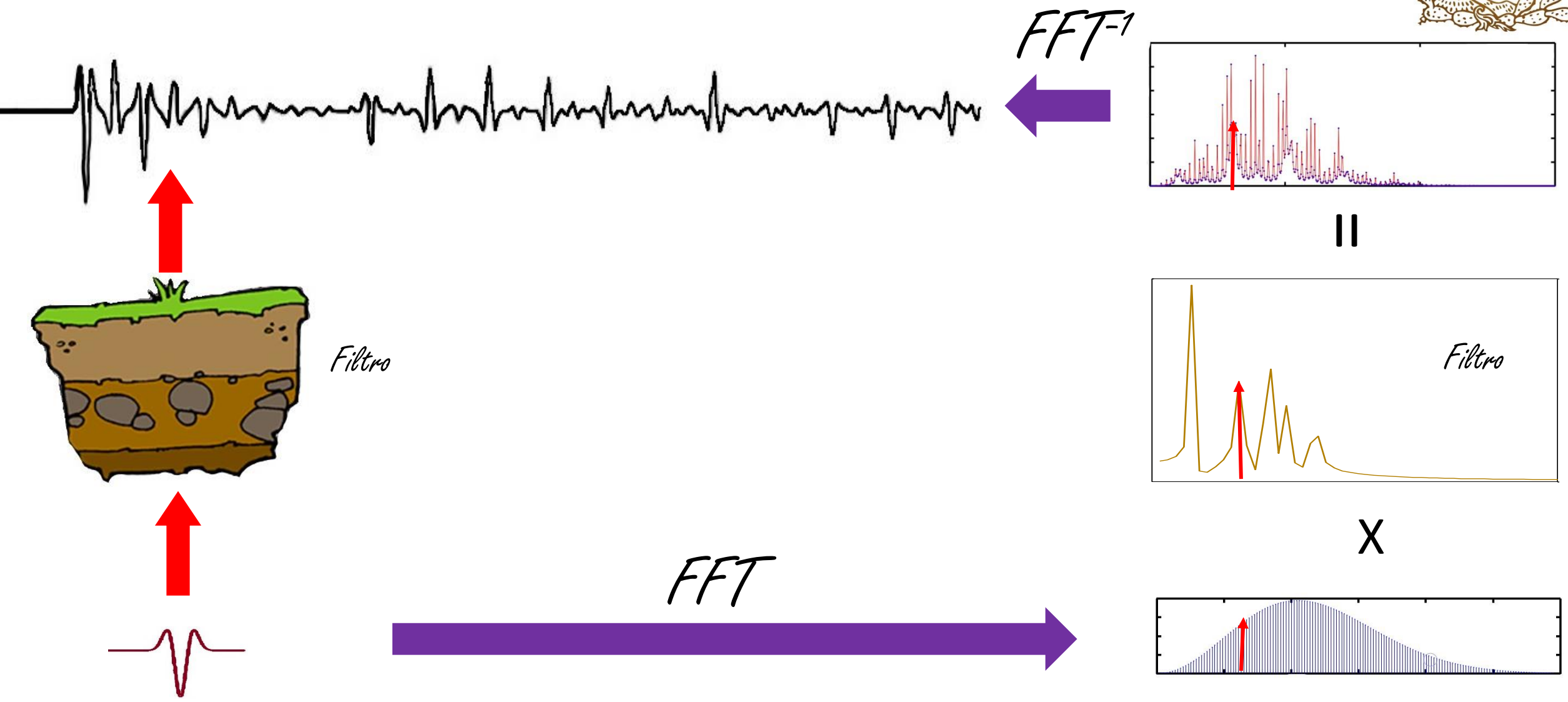
https://www.ele.uva.es/~lourdes/docencia/Master_IE/3Equipos%20analizadores%20de%20se%C3%B1al.pdf

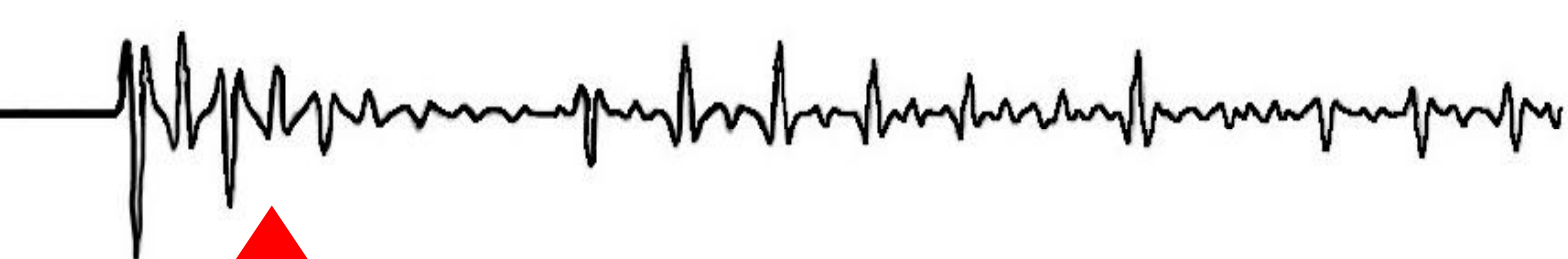
Cualquier señal periódica continua se puede representar como una serie infinita de senos y cosenos de diferentes amplitudes cuyas frecuencias son armónicas de la frecuencia de la señal. Esto es lo que se conoce como la serie de Fourier de la señal.



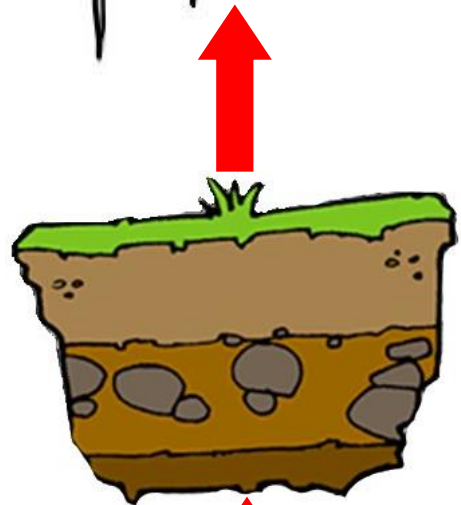
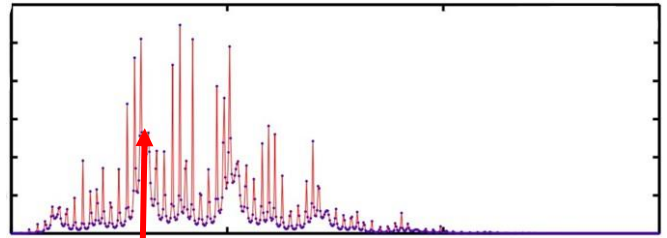
FFT



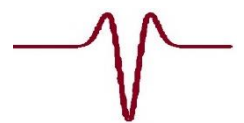




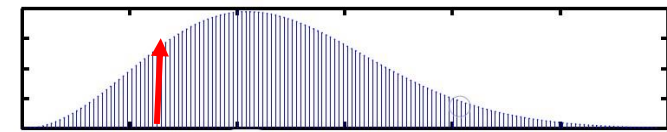
FFT
→



Filtro

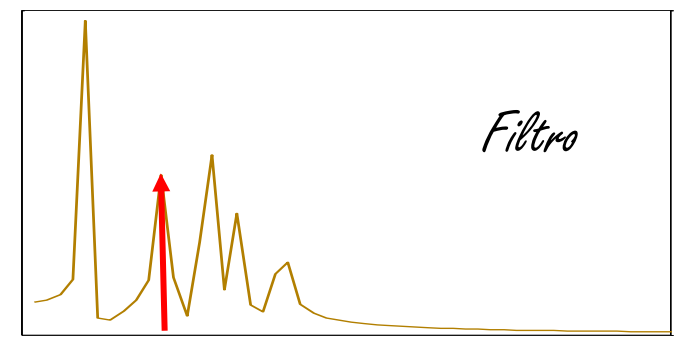
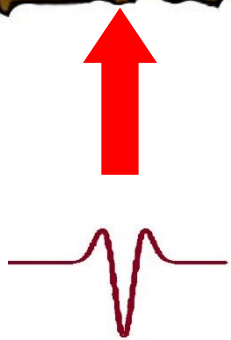


FFT
→



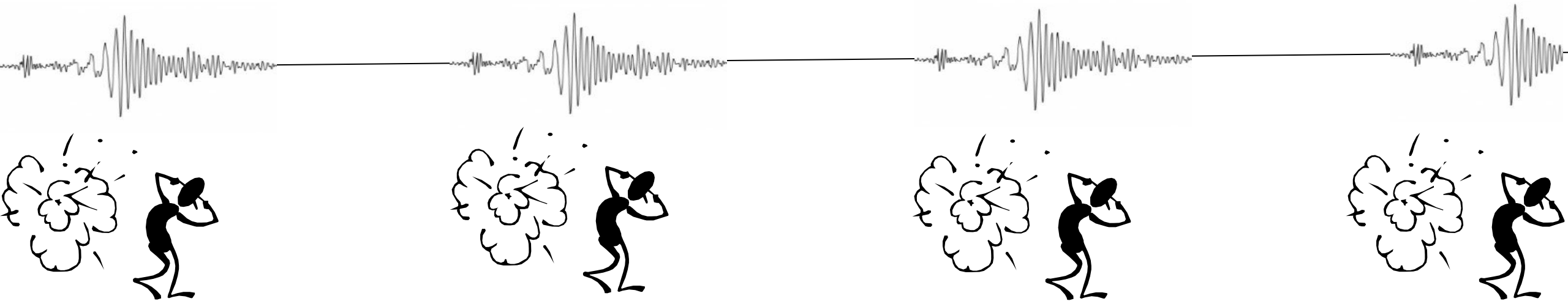
÷

||



Filtro





Datos requeridos para el análisis

1) Suelo

- a) Número de estratos
- b) Espesor de cada estrato
- c) Propiedades dinámicas de cada estrato (velocidad, peso específico, relación de Poisson)

2) Estructura

- a) Características geométricas
- b) Masa y Rigidez
- c) Propiedades dinámicas

Argumentos

Como los efectos cinemáticos e inerciales se analizan por separado, es posible seleccionar diferentes modelos para su evaluación. Cada aspecto del problema puede resolverse con técnicas continuas o discretas, soluciones exactas o aproximadas, etc.

Por tratarse de procedimientos basados en el principio de superposición, las soluciones están restringidas a modelos elástico-lineales.

Para considerar el comportamiento no lineal del suelo se pueden estimar valores equivalentes de sus propiedades mecánicas compatibles con las deformaciones debidas al movimiento del terreno.

Argumentos

Las no-linealidades producidas por el movimiento de la estructura pueden despreciarse, porque la mayor parte del comportamiento inelástico del suelo se debe al movimiento sísmico y no a la interacción suelo-estructura.

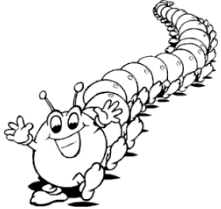
En el comportamiento mecánico de la estructura interviene sólo la interacción inercial por lo que pueden emplearse modelos no lineales para evaluar su respuesta a pesar del principio de superposición.

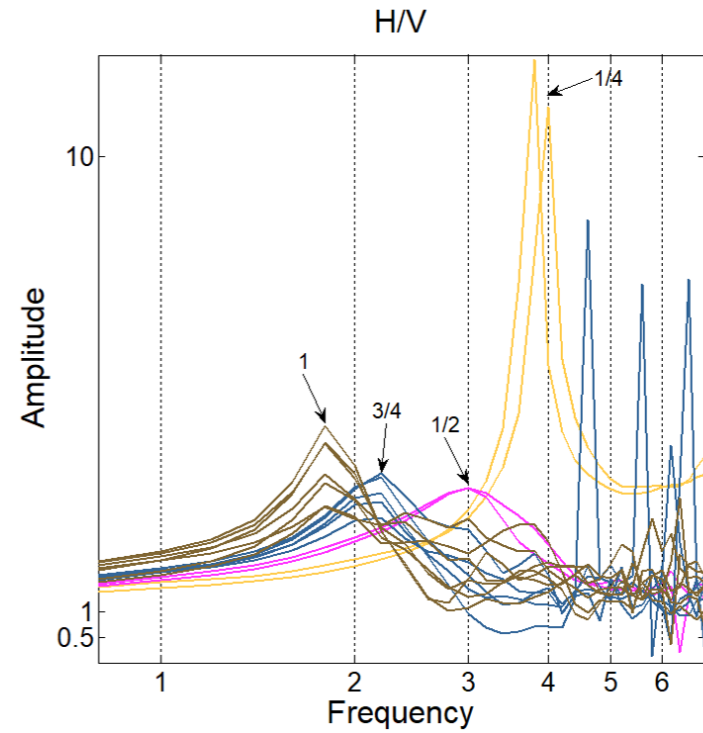
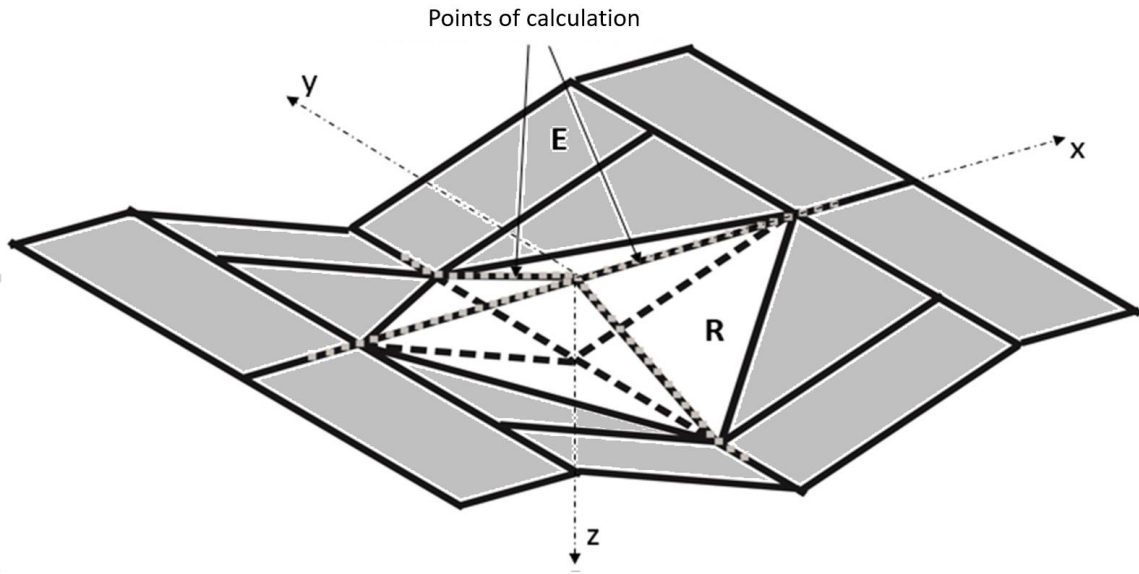
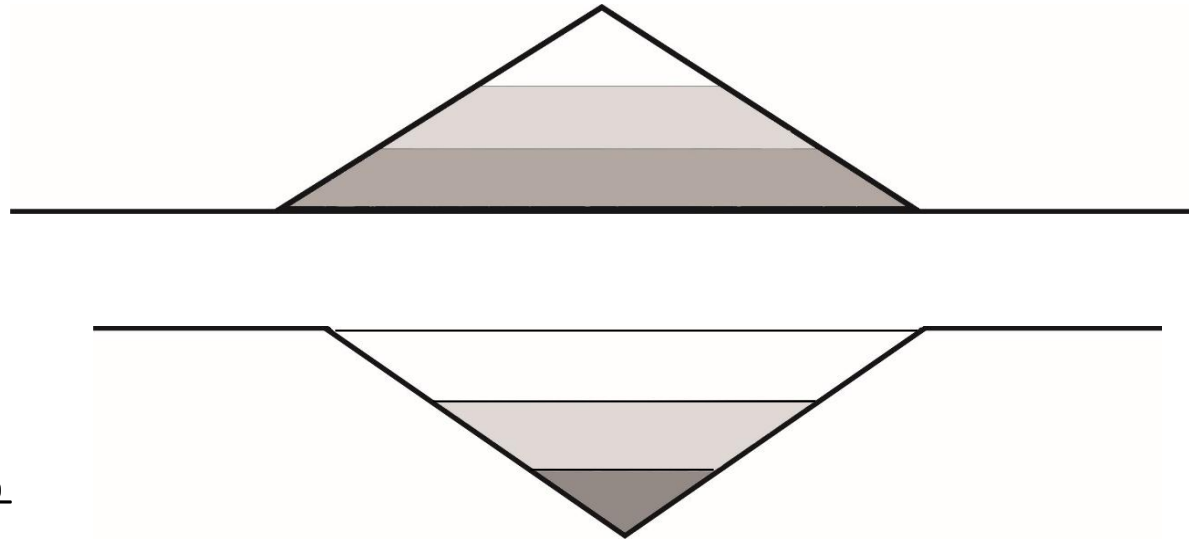
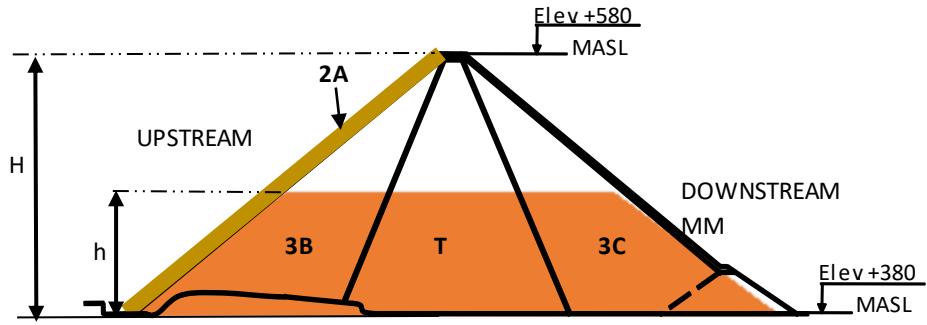
Métodos sísmicos

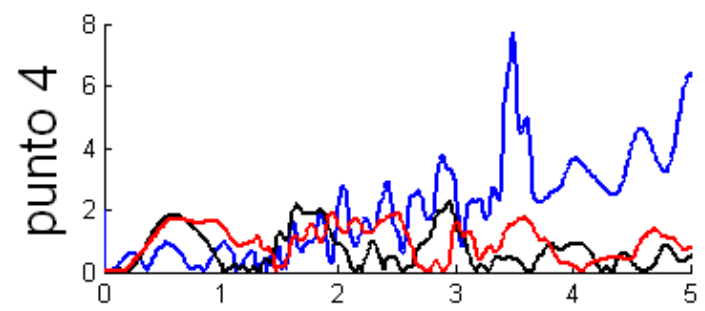
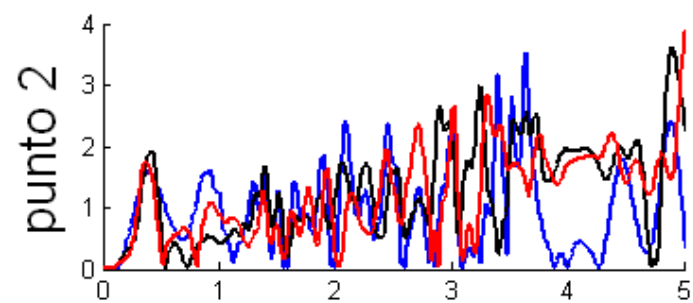
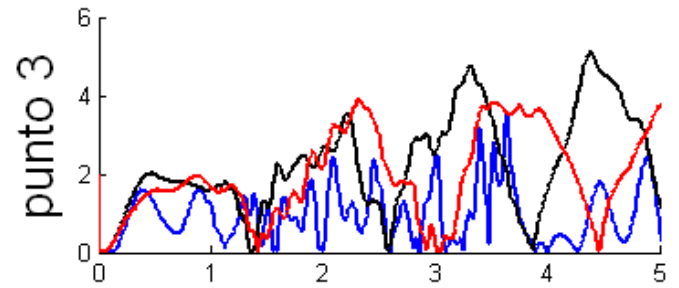
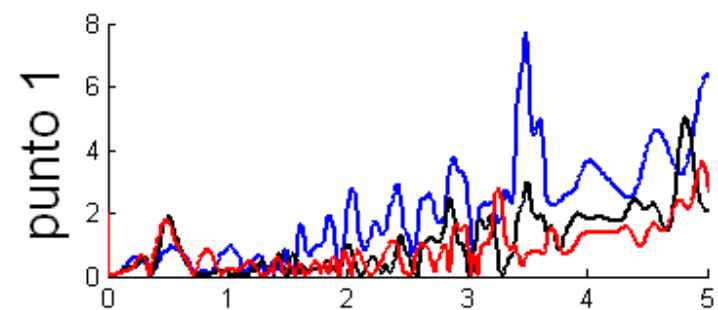
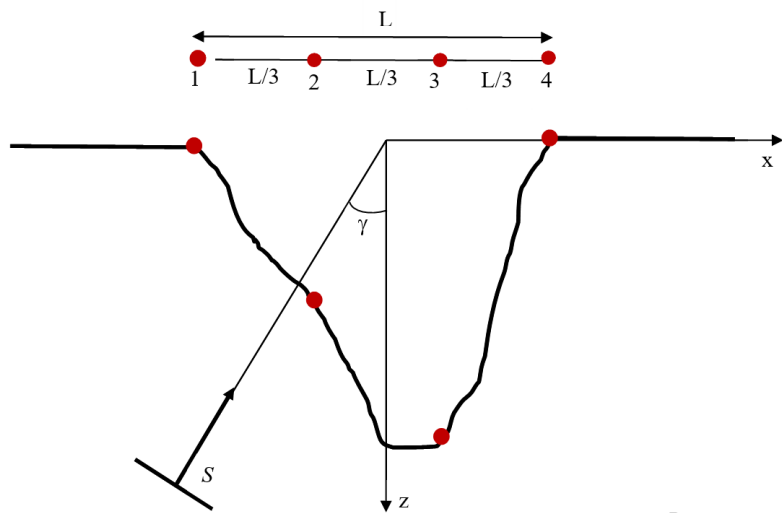


Activos

Pasivos







Resumen:



- *Dinámica de suelos es un problema complejo debido a su interacción con diversas áreas (ingeniería sísmica, ingeniería geotécnica, ingeniería estructural).*
- *Su estudio es importante porque afecta prácticamente a todas las obras civiles.*
- *Su aplicación incluso abarca los trabajos de exploración*
- *Aplicados con criterio, los modelos de superposición son adecuados para el análisis del comportamiento de las estructuras*
- *La transformada de Fourier es una herramienta que se utiliza ampliamente en los análisis dinámicos.*

Referencias:



<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/1304/1/Tesis.pdf>

Carlos Orlando Jiménez González, “Modelación matemática de la propagación de ondas sísmicas en medios anisótropos y heterogéneos”, Tesis.

https://www.ele.uva.es/~lourdes/docencia/Master_IE/3Equipos%20analizadores%20de%20se%C3%B1al.pdf

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572011000300007#fig3

By user:Nashev - flash file, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3055940>

<https://www.acs.psu.edu/drussell/demos.html>

<https://gfycat.com/gifs/detail/colossalpowerfulisabellineshrike>

<http://www.acoustics.salford.ac.uk/feschools/waves/wavetypes.php>

https://www.ele.uva.es/~lourdes/docencia/Master_IE/3Equipos%20analizadores%20de%20se%C3%B1al.pdf

<http://virtual.ffyb.uba.ar/mod/book/tool/print/index.php?id=88043&chapterid=1839>

<https://concordian-thailand.libguides.com/c.php?g=697748&p=4949497>

Carlos Orlando Jiménez González, “Modelación matemática de la propagación de ondas sísmicas en medios anisótropos y heterogéneos”, Tesis.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Light_dispersion_conceptual_waves.gif

https://www.phys.ksu.edu/personal/gahs/phys191/twoslit_anim/twoslit_anim.html

Figuras de Steve Kramer, University of Washington



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. CUMex is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)