¿Qué es estructura?

Mariano Vázquez Espí

Madrid (España), 6 de febrero de 2017.

Desde dónde miro...

Mitos autoritarios	Mitos democráticos
«hay lobos amarillos»	«no hay lobos negros»
- «lo que es» - inverificable habría que examinar a ***todos*** los lobos habidos y por haber - la verdad se decide por las autoridades con poder para ello - afirmaciones hacia el futuro - **superstición**	- «lo que no puede ser» - refutable bastaría con encontrar ***un*** lobo negro - cualquiera (si tiene ganas) puede participar en buscar una refutación - afirmaciones sobre el pasado - **ciencia**

VITRUVIO

Utilitas, firmitas, venustas

orden, disposición, proporción y distribución

La distribución, en griego *oikonomía*, consiste “en el debido y mejor uso posible de los materiales y de los terrenos, y en procurar el menor coste de la obra conseguido de un modo racional y ponderado”

(Construcción, Gnómica y Mecánica)

La arquitectura abarca como en un círculo todos los saberes [. . .] todos los hombres y no sólo los arquitectos están en condiciones de juzgar lo bueno

VITRUVIO

En estos tiempos de interpenetración generalizada de las técnicas científicas internacionales, propongo una única casa para todos los países y todos los climas: una casa con respiración exacta

LE CORBUSIER

Desde dónde miro...

[...]

— ¡No! No puedes sumar dos naranjas con tres kilómetros. Podrías dividirlas o multiplicarlas, pero no puedes sumarlas...

— ¿Y por qué no, papá?

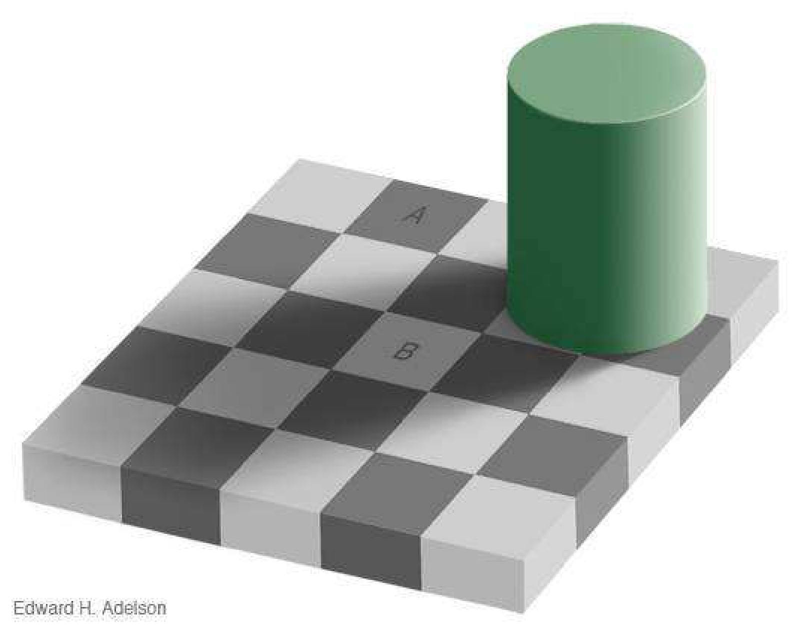
— Porque... ¡porque no podríamos! No me extraña que no te guste la aritmética si no te enseñan estas cosas en la escuela... ¿Qué demonios te enseñan entonces? ¿Para qué creerán tus maestros que sirve la aritmética?

— ¿Y para qué sirve, papá?

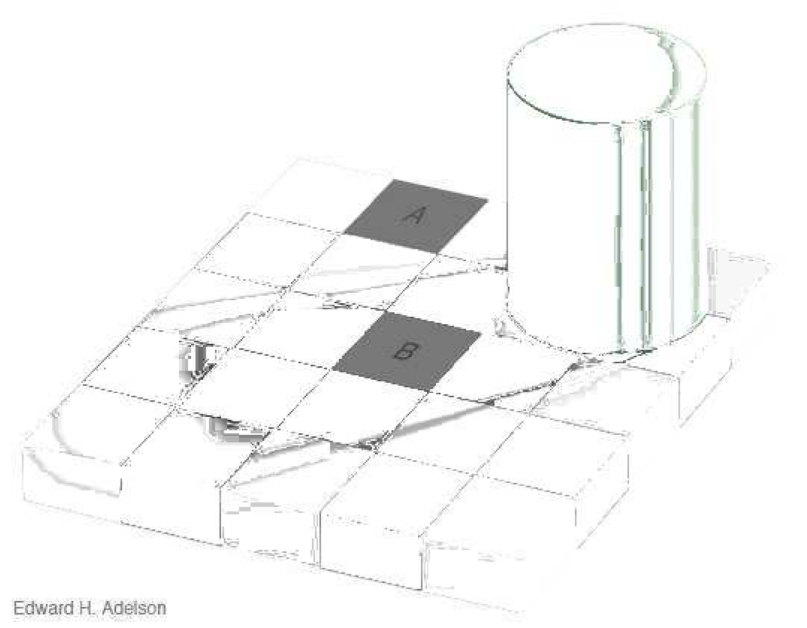
— La aritmética es un conjunto de trucos para pensar con claridad, y la única gracia que tiene es la claridad. Y lo primero que hay que hacer para ser claro es no mezclar ideas que son realmente diferentes unas de otras. La idea de dos naranjas es realmente diferente de la idea de dos kilómetros. Y si las sumas, lo único que obtendrás es una bruma en tu cabeza.

Gregory BATESON (fragmento)

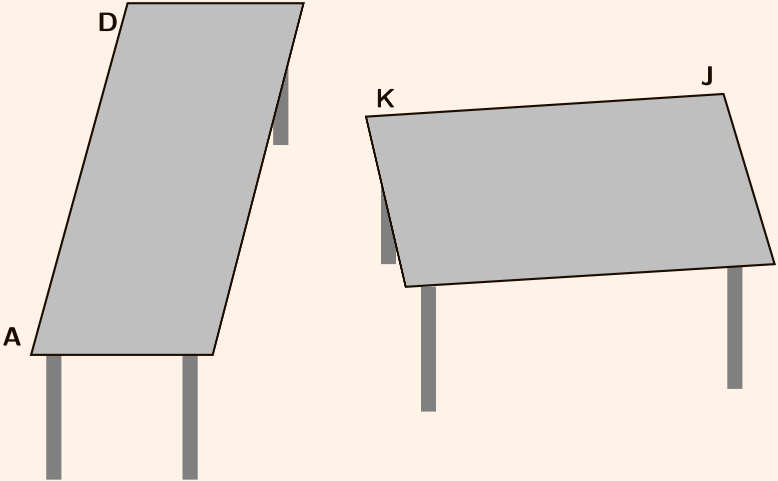
Desde dónde miro. . .



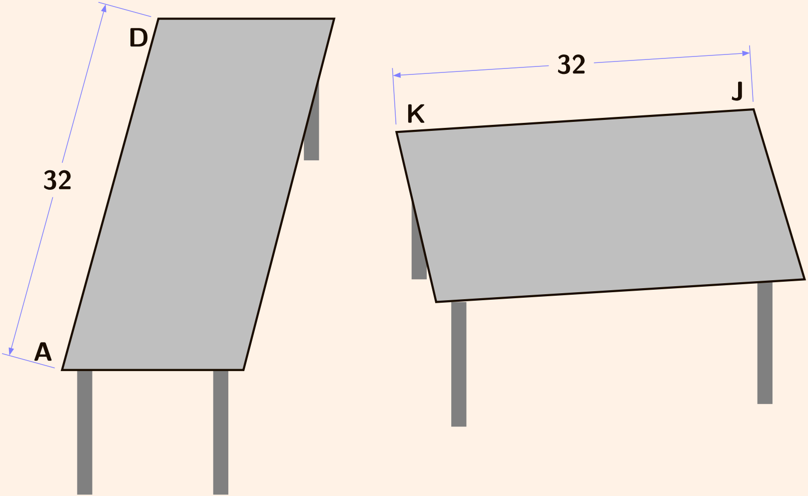
Desde dónde miro. . .



Desde dónde miro. . .



Desde dónde miro. . .



España 2013

Un millón de viviendas nuevas por vender

$\times$ 100 m^2/viv

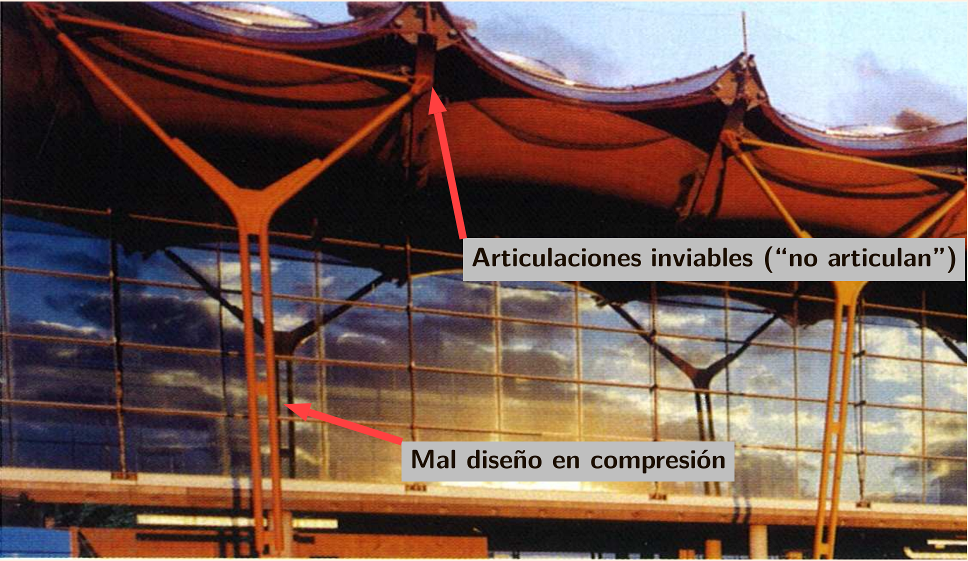
$\times$ 900 eur/m^2

= **90.000 millones de euros**

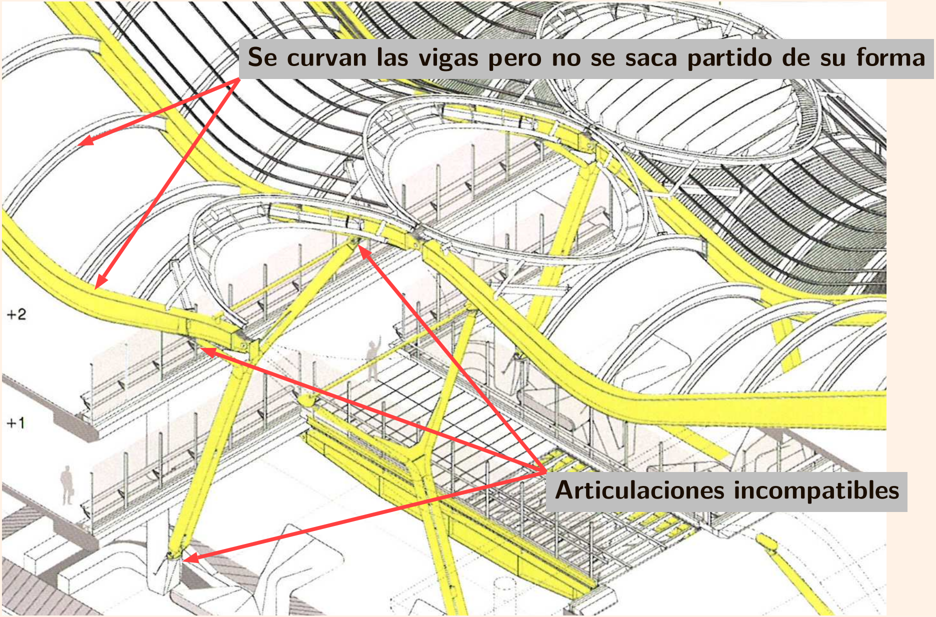
Algunos hechos de la actualidad

Algunos hechos de la actualidad

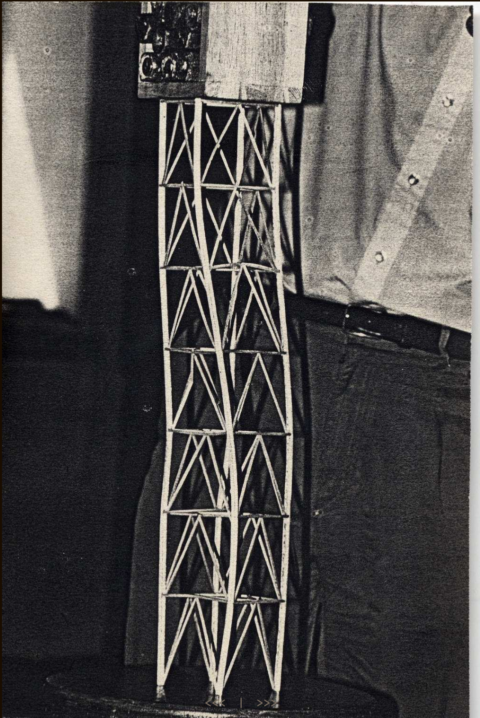
Algunos hechos de la actualidad



Algunos hechos de la actualidad



ESTRUCTURAS MECÁNICAS




PEPSI


IMAX

Resistencia
Rigidez
Estabilidad

Requisitos estructural

Shanghái, 2009

R

z

lad

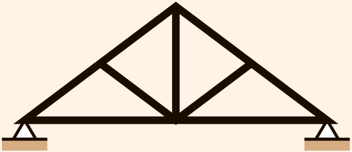
Requisitos estructurales básicos

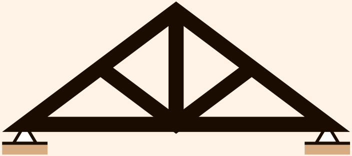
Madrid, 2010

istencia
igidez
abilidad

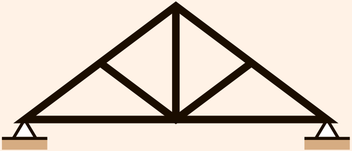
Resistencia
Rigidez
Estabilidad

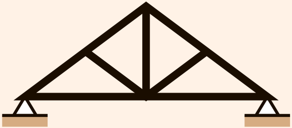
Grueso



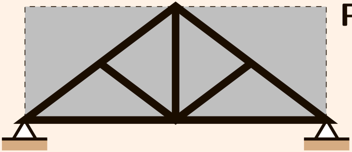


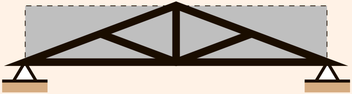
Tamaño



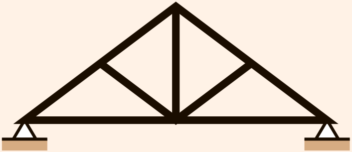


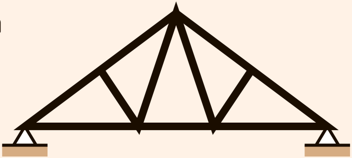
Proporción



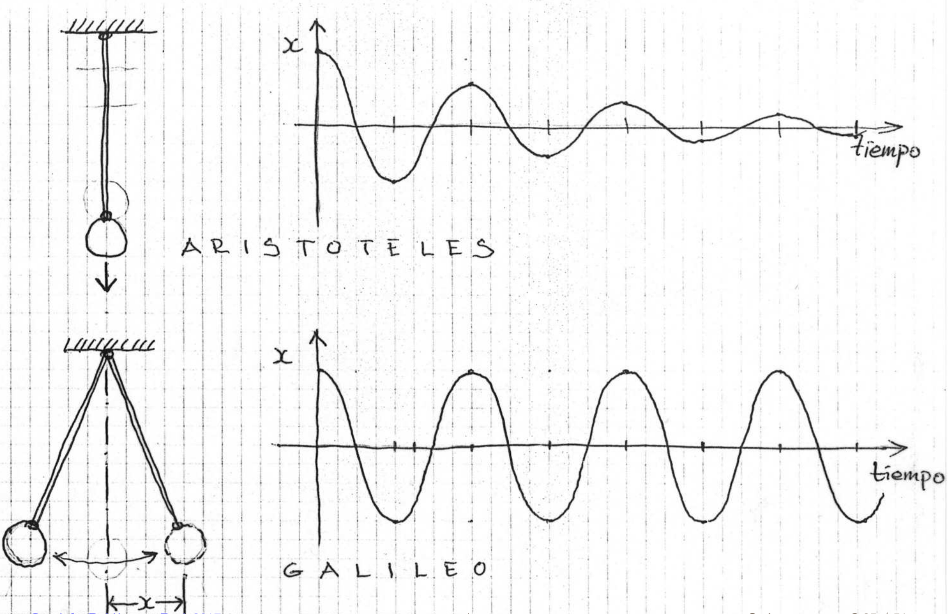


Esquema





El péndulo de Galileo



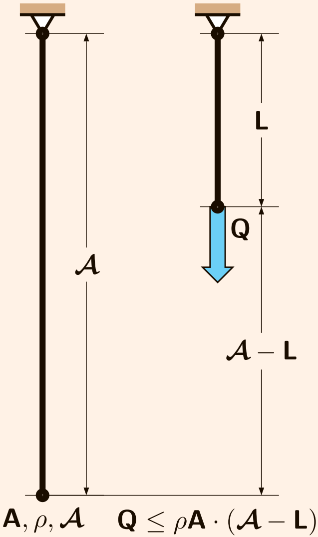
Tamaños insuperables

Entreviendo los límites...

La **Proposición VII** de GALILEO en sus *Discorsi*.

> Si imaginamos que un cuerpo crece proporcionalmente a su forma inicial, su peso [*stock*] crecera con el cubo de su tamaño (T^3), mientras que tendrá que equilibrarse con las tensiones [flujo] de su base, que sólo crece al cuadrado (T^2).
>
> Por tanto, existirá un tamaño máximo, con el que el cuerpo es capaz de resistir *exactamente* su propio peso, sin poder soportar carga adicional.
>
> Para un tamaño mayor, el cuerpo se romperá, sin mediar más acción que su propio peso.

Tamaños insuperables



El *alcance* de un material, de peso específico ρ, se define, para un cable en forma de cilindro recto (de sección constante), como:

$$\mathcal{A} = \frac{\text{carga de rotura } \mathbf{R}}{\text{peso del cable por unidad de longitud } \rho\mathbf{A}}$$

Un cable de esa longitud sólo puede soportarse a sí mismo y entonces $\mathbf{R} = \rho\mathcal{A}\mathbf{A}$. $\mathbf{R}/\mathbf{A}$ es un **flujo** de fuerza a través de una superficie, mientras que ρ representa un ***stock*** dentro de un volumen.
La ley de los cubos y los cuadrados de GALILEO —una ley sobre *stocks* y flujos— sugiere que, en general, para cada morfología bajo una carga útil, $\mathbf{Q}$, existe un tamaño *insuperable*, más allá del cual la morfología no puede funcionar. Para ese tamaño en particular, todo el flujo sostiene a la propia morfología, sin ningún efecto útil adicional, $\mathbf{Q} = 0$.

Tamaños insuperables

Rendimiento como $\dfrac{\text{carga útil}}{\text{peso propio de la estructura}}$

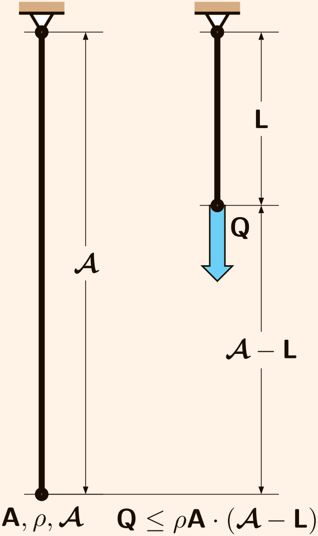
— puede ser mayor que la unidad (o que el 100 %).

Rendimiento como $\dfrac{\text{carga útil}}{\text{peso total soportado}} = \boldsymbol{\eta}$

— *es siempre menor que la unidad (que el 100 %)*.

Esta última definición es análoga a la del rendimiento termodinámico, y es la que resulta útil y clara.

Tamaños insuperables



Peso propio del cable: $\rho\mathbf{AL}$

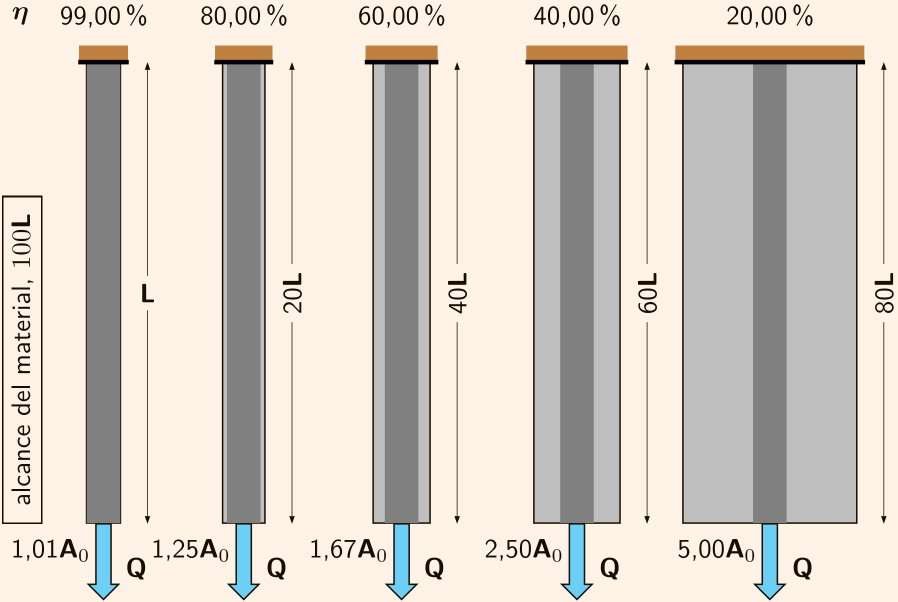
Carga útil máxima: $\mathbf{Q} = \rho\mathbf{A} \cdot (\mathcal{A} - \mathbf{L})$

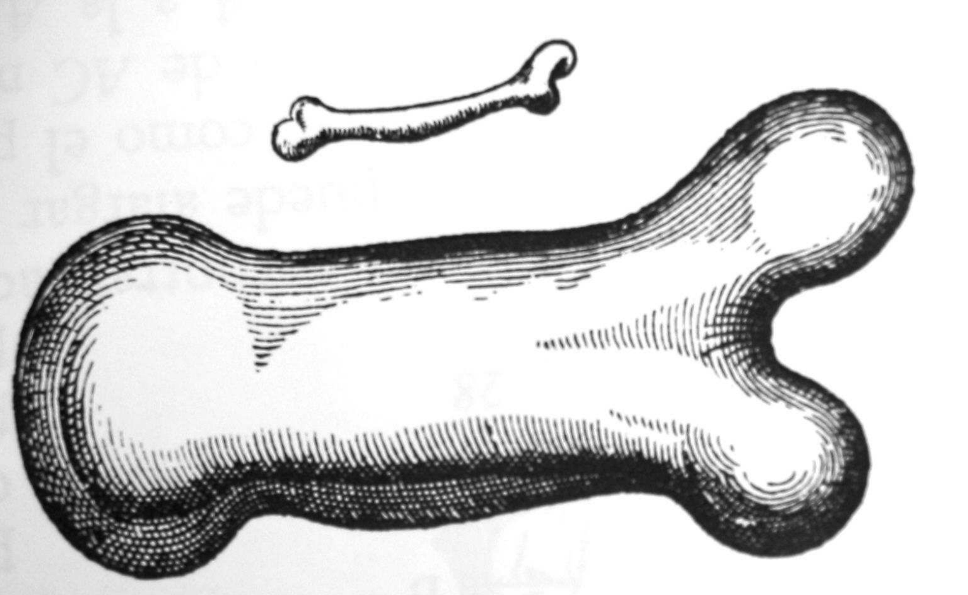
Rendimiento: $\eta = \dfrac{\mathbf{Q}}{\mathbf{Q} + \rho\mathbf{AL}} = 1 - \dfrac{\mathbf{L}}{\mathcal{A}}$

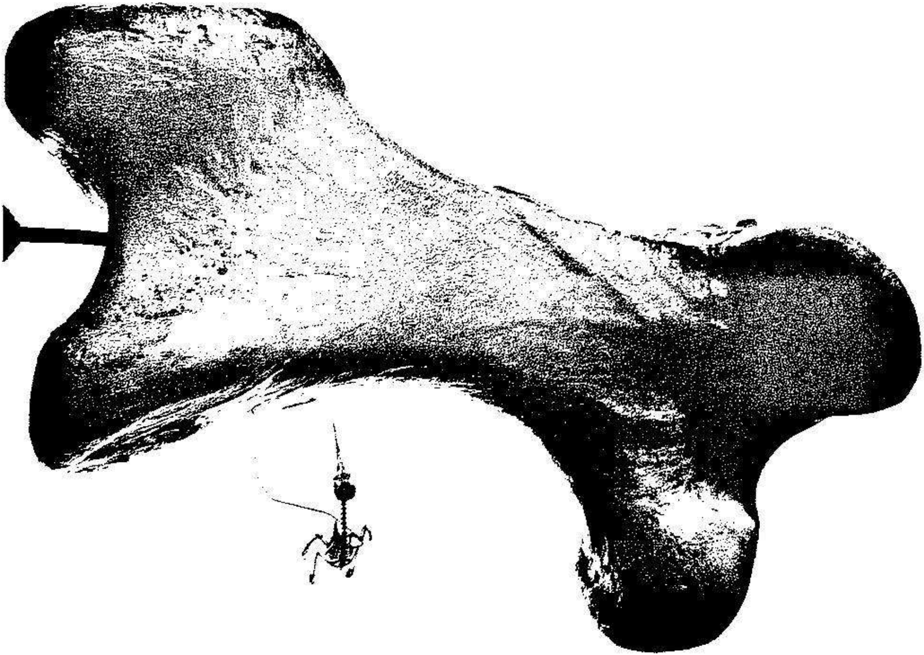
Talla estructural: $\dfrac{\mathbf{L}}{\mathcal{A}}$

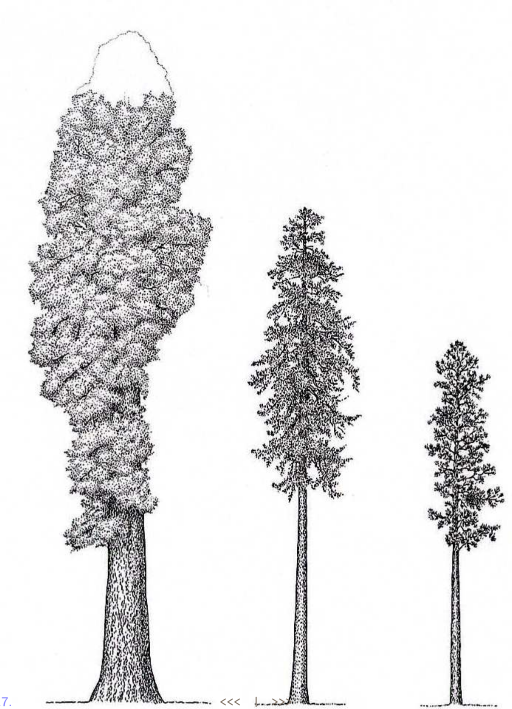
entre 0 y 1 para cables que no se rompen.
El rendimiento es simplemente la unidad menos la talla.
El crecimiento de una forma por semejanza no sólo no puede continuar indefinidamente, su *coste en carga* (inverso del rendimiento) crece ''hiperbólicamente'' con el tamaño, hasta hacerse infinito para el insuperable (rendimiento nulo).

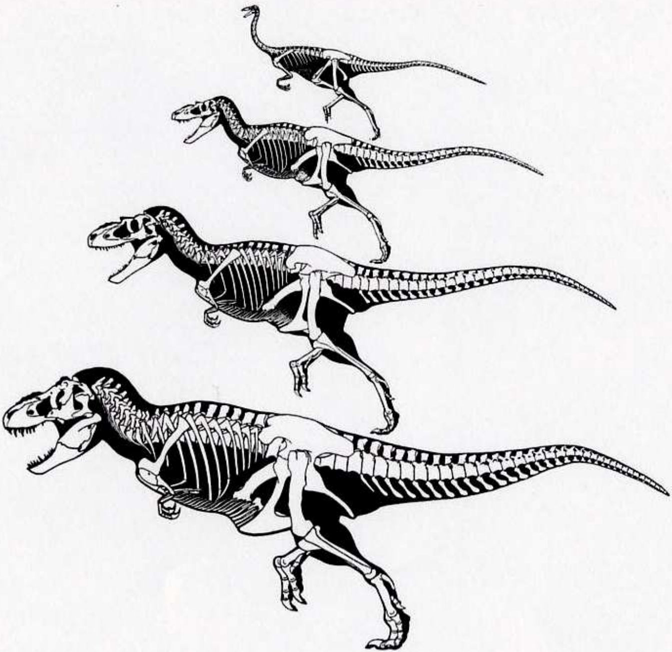
Tamaños insuperables

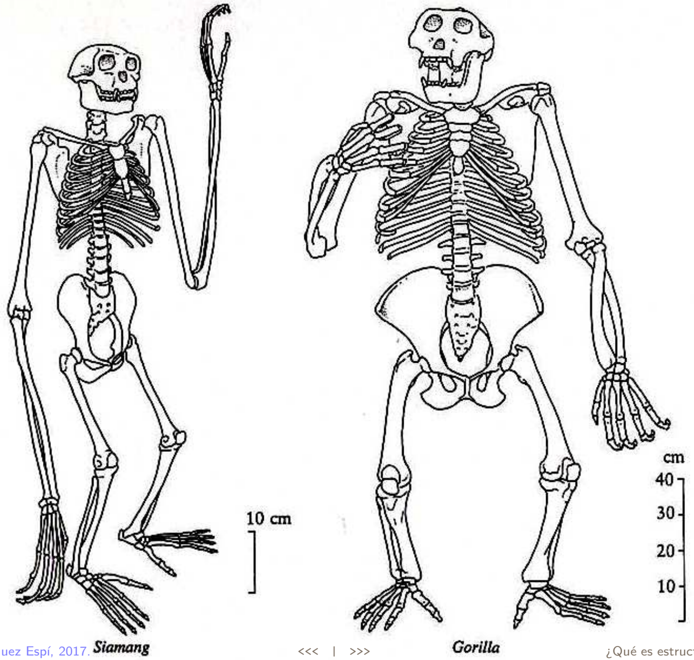








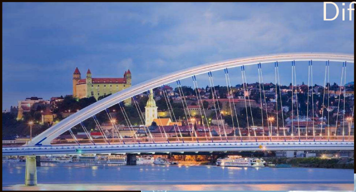


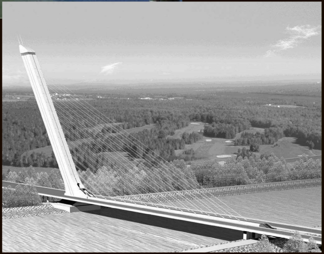


10 cm
cm
40
30
20
10
Siamang
Gorilla

Un problema, distintas soluciones

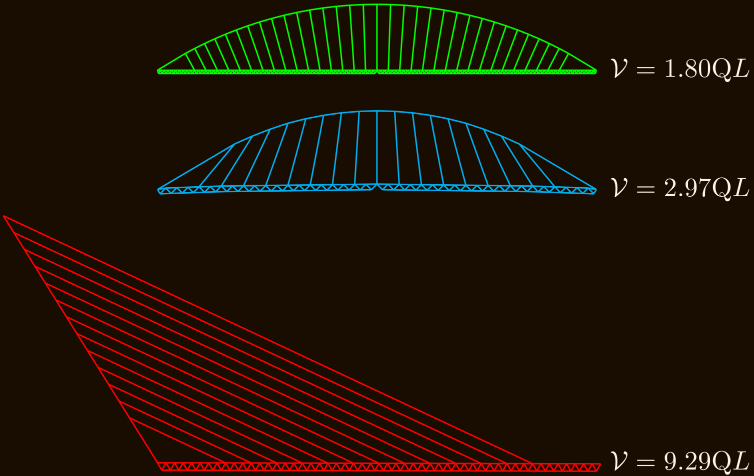
Different sizes, materials,. . . but the same problem



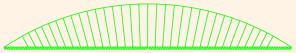
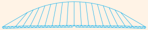
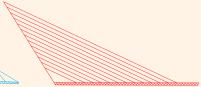


Un problema, distintas soluciones

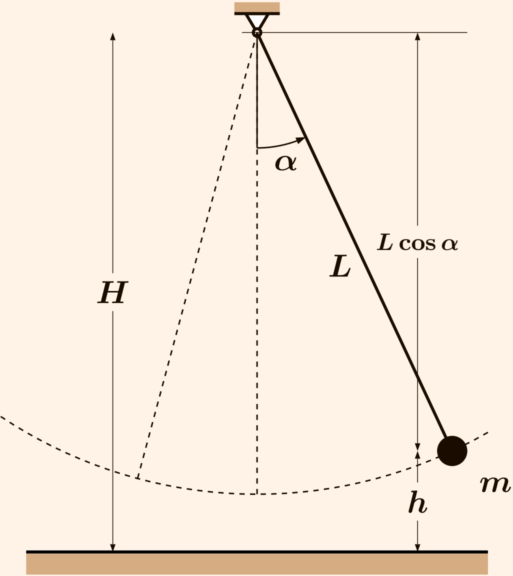
Three bridges $\rightsquigarrow$ three sketches



Un problema, distintas soluciones

Bridge:	**Apollo**	**La Barqueta**	**Hongshan**[5]
Year:	2005	1989	2005
Sketch:			
Original design:			
Slenderness λ	**3,33**	2,79	1,78
Michell's number $\mathcal{V} \div \mathrm{Q}L$	**1,80**	2,97	9,29
Relative scope $\mathcal{L} \div \mathcal{A}$	***0,557***	*0,336*	*0,107*
Relative size $\frac{1}{10}$ (strength):			
Load cost κ	***1,22***	*1,42*	***15,3***
Selfweight, P/Q	***0,22***	*0,42*	***14,3***
Optimum slenderness design:			
Slenderness λ	**1,20**	1,07	0,469
Michell's number $\mathcal{V} \div \mathrm{Q}L$	**1,14**	1,99	4,58
Relative scope $\mathcal{L} \div \mathcal{A}$	***0,874***	*0,503*	*0,218*
Relative size $\frac{1}{10}$ (strength):			
Load cost κ	***1,13***	*1,25*	***2,62***
Selfweight, P/Q	***0,13***	*0,25*	***1,62***

Segunda ley de la termodinámica



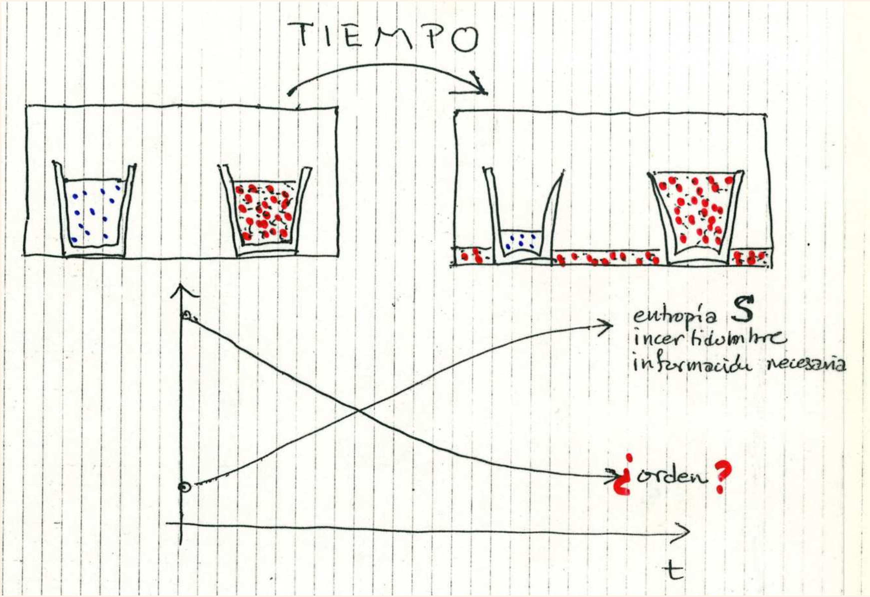
- Energía potencial:
$$\mathcal{E}(h) = mg \cdot h$$
- función 'altura':
$$h(\alpha) = H - L\cos\alpha$$
- **función potencial** para α:
$$\mathcal{E}(\alpha) = mg \cdot (H - L\cos\alpha)$$
- Aplicación del principio de mínima energía potencial: **cálculo del óptimo**

$$\frac{\partial\mathcal{E}}{\partial\alpha} = mg \cdot L\sin\alpha$$

$$\frac{\partial\mathcal{E}}{\partial\alpha} = 0 \Rightarrow \alpha = 0$$

$$\mathcal{E}_{\min} = \mathcal{E}(0) = mg \cdot (H - L)$$

Segunda ley de la termodinámica



¿Qué es estructura?

Mariano Vázquez Espí

GIAU+S (UPM)
Grupo de Investigacion en Arquitectura, Urbanismo y Sostenibilidad
Universidad Politécnica de Madrid
http://habitat.aq.upm.es/gi

Edicion del 6 de febrero de 2017
compuesto con *free software*:
GNULinux/LaTeX/dvips/ps2pdf