

# *Estimación Rápida de Desplazamientos Laterales Producidos por Sismo*

*Hugo Scaletti  
Universidad Nacional de Ingeniería*

## Filosofía del Diseño Sismorresistente

- Evitar pérdidas de vidas
- Asegurar continuidad de servicios básicos
- Minimizar los daños a la propiedad

Dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras

## Filosofía del Diseño Sismorresistente

- Frente a sismos severos, la estructura no debe colapsar, ni causar daños graves a las personas.

Para conseguir este objetivo se requiere resistencia una combinación apropiada de resistencia y ductilidad.

## Filosofía del Diseño Sismorresistente

- La estructura debe soportar movimientos sísmicos moderados con posibles daños dentro de límites aceptables

Los daños se relacionan directamente con las distorsiones de entrepiso

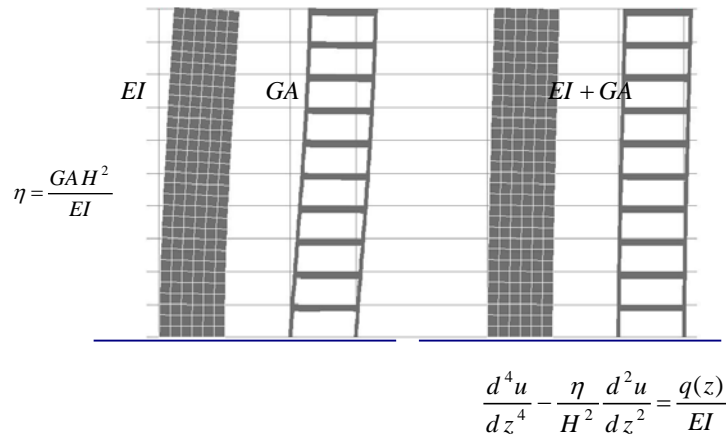
Para limitar los daños se requiere rigidez

La estimación rápida de desplazamientos y distorsiones máximas de entrepiso permite cuantificar los daños que un sismo de una intensidad dada podría producir en un conjunto muy grande de edificaciones, para las cuales no podría realizarse una evaluación detallada, que demandaría mucho más tiempo e información no siempre disponible

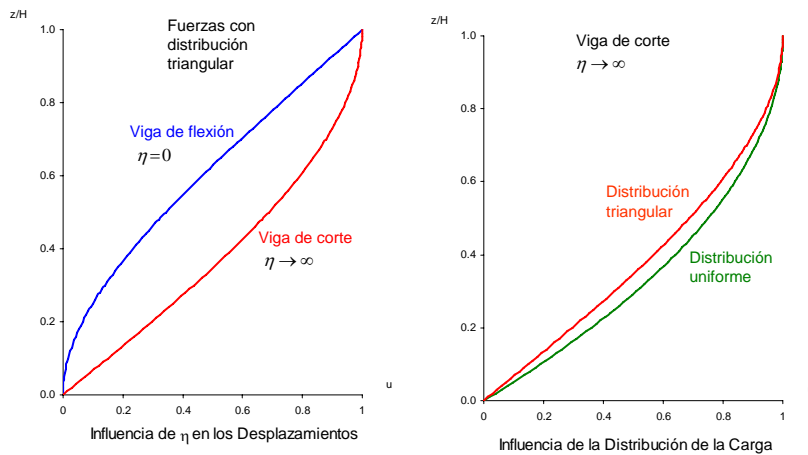
El procedimiento aquí considerado, originalmente propuesto por Miranda [1999], tiene como objetivo estimar los valores más probables de las distorsiones máximas, para hacer una estimación global de los posibles daños en un gran número de edificaciones, y no estimar los máximos que podrían presentarse en una estructura específica.

## Modelo de Dos Componentes

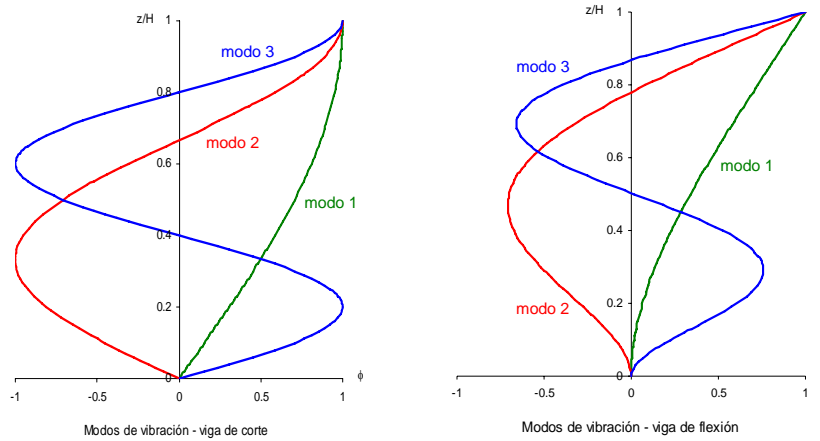
Khan y Sbarovnis [1964], Pflücker [1988], Miranda [1999]



## Desplazamiento Lateral Estático



## Modos de Vibración



## Modos de Vibración

- La mayor cantidad de componentes de corte, cuantificada por  $\eta$ , influye sobre todo en el primer modo.
- Refiriéndose a las frecuencias naturales:

$$\omega_1^2 \approx (1 + 0.22\eta) \omega_{1FLEXIÓN}^2$$

$$\omega_2^2 \approx (1 + 0.05\eta) \omega_{2FLEXIÓN}^2$$

## Desplazamiento Máximo Elástico

Se supone que sólo la contribución del primer modo es significativa y que  $\phi_1 \approx u$ . Esta hipótesis es adecuada para edificios regulares de baja altura

$$u_{m\acute{a}x} = \beta_1 \phi_1 S_d \approx \beta_1 u S_d$$

Donde  $\beta_1$  es el factor de participación.

Normalizando el desplazamiento lateral:  $u(H) = 1$

$$u_{m\acute{a}x} = \beta_1 S_d$$

$S_d$  es función del período (fundamental), que se estima con fórmulas empíricas

## Factor de Participación

Caso continuo: 
$$\beta_1 = \frac{\int_0^H m \phi_1 dz}{\int_0^H m \phi_1^2 dz}$$

Para  $\eta \rightarrow \infty$  suponiendo  $\phi_1 \approx u$  se obtiene  $\beta_1 \approx 1.25$

Si  $\eta = 0$  se obtiene  $\beta_1 \approx 1.55$

Caso discreto: suponiendo  $\phi_1 \approx z/H$  se obtiene

$$\beta_1 = \frac{\sum m_i u_i}{\sum m_i u_i^2} \approx \frac{3N}{2N+1} \quad \text{siendo } N \text{ el número de pisos}$$

## Distorsión Máxima Elástica

$$\delta_{m\acute{a}x} = \beta_2 \frac{u_{m\acute{a}x}}{H} \quad \beta_2 \approx \text{m\acute{a}x} \left( \frac{du}{dz} \right) \frac{H}{u(H)}$$

Para  $\eta \rightarrow \infty$  con una distribución triangular de fuerzas resulta  $\beta_2 = 1.5$

Suponiendo la fuerza uniformemente distribuida  $\beta_2 = 2$

Con  $u = \phi_1$  se obtiene:  $\beta_2 = 1.875$

Por otro lado, si  $\eta = 0$  se obtiene  $\beta_2 \approx 1.33$   
con poca influencia de la distribución de cargas.

## Correcciones por No Linealidad

$$u_{m\acute{a}x} = \beta_3 \beta_1 S_d$$

$$\delta_{m\acute{a}x} = \beta_4 \beta_2 \frac{u_{m\acute{a}x}}{H}$$

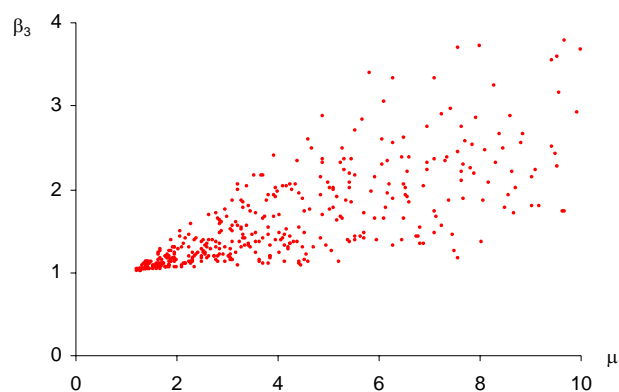
Para determinar  $\beta_3$  se estudiaron sistemas de un GDL, con comportamiento elastoplástico o bilineal con 10% de rigidez post fluencia.

Los períodos (en el rango lineal) estuvieron en el rango entre 0.1 y 3 segundos.

Las fuerzas cortantes de fluencia se variaron entre 10% y 50% del peso.

## Análisis No Lineal de Sistemas de 1 GDL

$$u_{m\acute{a}x} = \beta_3 (\beta_1 S_d)$$

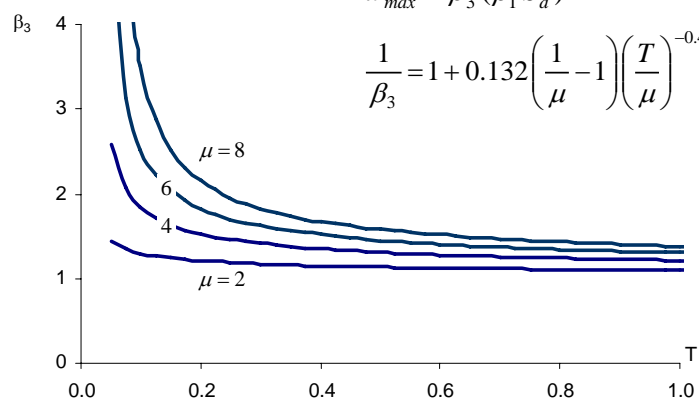


$\beta_3$  vs. ductilidad

## Análisis No Lineal de Sistemas de 1 GDL

$$u_{m\acute{a}x} = \beta_3 (\beta_1 S_d)$$

$$\frac{1}{\beta_3} = 1 + 0.132 \left( \frac{1}{\mu} - 1 \right) \left( \frac{T}{\mu} \right)^{-0.416}$$



Curvas propuestas para  $\beta_3$  en función de  $T$  y  $\mu$

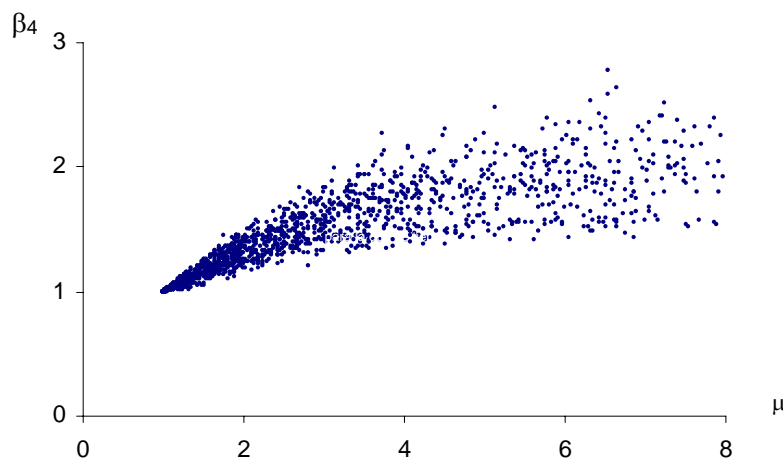
## Corrección de la Distorsión Máxima

Resultados para modelos de acoplamiento cercano, empleando 5 registros de sismos peruanos (1966, 1974, 2001)

$$\beta_4 = 1 + 0.233(\mu - 1)^{1.007} \quad R^2 = 0.89$$

$$\beta_4 = 1 + \frac{\mu - 1}{6} + \frac{N}{50} \quad R^2 = 0.78$$

## Corrección de la Distorsión Máxima



$\beta_4$  vs. ductilidad

## Resumen

$$u_{m\acute{a}x} = \beta_3 \beta_1 S_d \quad \beta_1 \approx \frac{3N}{2N+1}$$

$$\delta_{m\acute{a}x} = \beta_4 \beta_2 \frac{u_{m\acute{a}x}}{H} \quad \beta_2 \approx 1.5$$

$$\frac{1}{\beta_3} = 1 + 0.132 \left( \frac{1}{\mu} - 1 \right) \left( \frac{T}{\mu} \right)^{-0.416}$$

$$\beta_4 = 1 + 0.233 (\mu - 1)^{1.007}$$