

Vulnerabilidad, peligrosidad y riesgo

Un tema de conceptos

J. J. Egozcue

Dep. Matemática Aplicada III
UPC, Barcelona
juan.jose.egozcue@upc.edu

Vulnerabilitat a la zona costanera
Barcelona - 18 octubre, 2007

Riesgo

Escenario

Un sistema está sometido a **acciones externas**. Al soportarlas, son posibles varias **respuestas**. Cada respuesta conlleva un **coste (generalizado)**.

Ejemplo: dique de abrigo en un puerto

acciones externas: oleaje durante temporales

respuestas: estados de servicio, averías, colapso

coste: reparación de averías, interrupción de servicios, víctimas, daños a bienes, perjuicios comerciales, ambientales...

Riesgo

Coste esperado (medio) debido a las acciones externas

Riesgo

Escenario

Un sistema está sometido a **acciones externas**. Al soportarlas, son posibles varias **respuestas**. Cada respuesta conlleva un **coste (generalizado)**.

Ejemplo: dique de abrigo en un puerto

acciones externas: oleaje durante temporales

respuestas: estados de servicio, averías, colapso

coste: reparación de averías, interrupción de servicios, víctimas, daños a bienes, perjuicios comerciales, ambientales...

Riesgo

Coste esperado (medio) debido a las acciones externas

Peligrosidad

Peligrosidad-azar-*hazard*

Descripción de la incertidumbre acerca de las acciones externas

- Las acciones se suponen **aleatorias**
- Acciones **independientes** del sistema
- Se precisa una descripción **cuantitativa** de la peligrosidad
- Su análisis es esencialmente **objetivo**

Ejemplo:

Probabilidad de que ocurra un cierto número de temporales de características fijadas durante la vida útil del dique.

Peligrosidad

Peligrosidad-azar-*hazard*

Descripción de la incertidumbre acerca de las acciones externas

- Las acciones se suponen **aleatorias**
- Acciones **independientes** del sistema
- Se precisa una descripción **cuantitativa** de la peligrosidad
- Su análisis es esencialmente **objetivo**

Ejemplo:

Probabilidad de que ocurra un cierto número de temporales de características fijadas durante la vida útil del dique.

Vulnerabilidad

Vulnerabilidad-Susceptibilidad

Dada una acción externa, describe la incertidumbre acerca de la respuesta del sistema

- La **clase de acciones** se supone fija
- El sistema tiene una **respuesta aleatoria**
- La descripción cuantitativa de la vulnerabilidad puede consistir en probabilidades condicionadas:

$$P[\text{respuesta}|\text{sistema}, \text{acción}]$$

- Su análisis es esencialmente **objetivo**

Ejemplo:

Probabilidad de que un temporal con ola significativa $h_s = 3\text{m}$, produzca un tipo de avería en el dique.

Vulnerabilidad

Vulnerabilidad-Susceptibilidad

Dada una acción externa, describe la incertidumbre acerca de la respuesta del sistema

- La **clase de acciones** se supone fija
- El sistema tiene una **respuesta aleatoria**
- La descripción cuantitativa de la vulnerabilidad puede consistir en probabilidades condicionadas:

$$P[\text{respuesta}|\text{sistema, acción}]$$

- Su análisis es esencialmente **objetivo**

Ejemplo:

Probabilidad de que un temporal con ola significativa $h_s = 3\text{m}$, produzca un tipo de avería en el dique.

Costes

Costes generalizados

Descripción de los efectos de las respuestas del sistema según las preferencias del responsable de la decisión

- Deben considerarse **subjetivos**
- Determinan la **clasificación** de respuestas: dos respuestas de igual coste no son distinguibles
- Si tienen componentes aleatorias deben incluirse en las acciones o en la vulnerabilidad

Ejemplo:

Reparación de averías, indemnizaciones por daños, parada de servicios, construcción debida a seguridad,...

Costes

Costes generalizados

Descripción de los efectos de las respuestas del sistema según las preferencias del responsable de la decisión

- Deben considerarse **subjetivos**
- Determinan la **clasificación** de respuestas: dos respuestas de igual coste no son distinguibles
- Si tienen componentes aleatorias deben incluirse en las acciones o en la vulnerabilidad

Ejemplo:

Reparación de averías, indemnizaciones por daños, parada de servicios, construcción debida a seguridad,...

Decisiones con incertidumbre

En la toma de decisiones de **riesgo mínimo** participan todos los conceptos anteriores:

Peligrosidad, vulnerabilidad, costes y riesgo

Todos precisan cuantificación (de costes y de incertidumbre)

La ingeniería civil aún no ha asimilado la **cuantificación de incertidumbre**

especialmente en lo referente a la vulnerabilidad

Decisiones con incertidumbre

En la toma de decisiones de **riesgo mínimo** participan todos los conceptos anteriores:

Peligrosidad, vulnerabilidad, costes y riesgo

Todos precisan cuantificación (de costes y de incertidumbre)

La ingeniería civil aún no ha asimilado la **cuantificación de incertidumbre**

especialmente en lo referente a la vulnerabilidad

Parámetro de diseño o seguridad

- Frecuentemente identificado con la acción de diseño
- p.e. altura de ola de diseño. El cálculo resistente se realiza para que el dique resista ese oleaje a tres niveles

ELU Estado límite último

ELS Estado límite de servicio

ELO Estado límite de parada operativa

Problemas:

- acción de diseño sin incertidumbre
(p.e. identificada por periodo de retorno)
- sistema sin incertidumbre
(p.e. incertidumbre en la construcción)
- ELU, ELS, ELO, se tratan por separado
(... pueden ser incompatibles)

Parámetro de diseño o seguridad

- Frecuentemente identificado con la acción de diseño
- p.e. altura de ola de diseño. El cálculo resistente se realiza para que el dique resista ese oleaje a tres niveles

ELU Estado límite último

ELS Estado límite de servicio

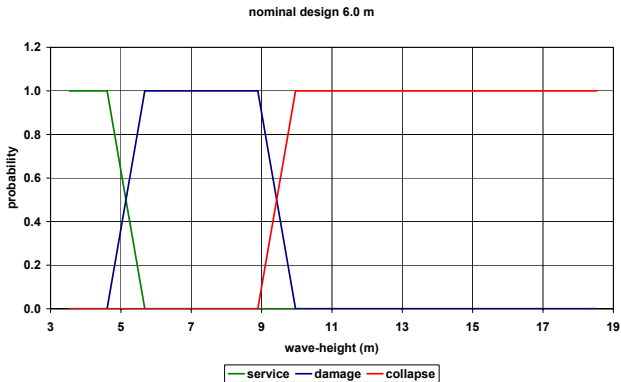
ELO Estado límite de parada operativa

Problemas:

- acción de diseño sin incertidumbre
(p.e. identificada por periodo de retorno)
- sistema sin incertidumbre
(p.e. incertidumbre en la construcción)
- ELU, ELS, ELO, se tratan por separado
(... pueden ser incompatibles)

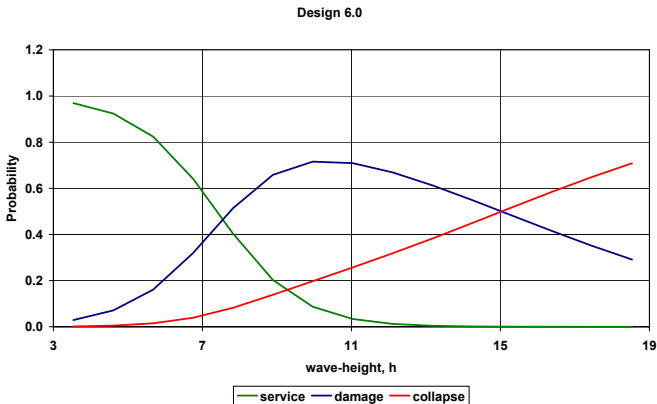
Vulnerabilidad de un dique

Modelo *naive* de vulnerabilidad



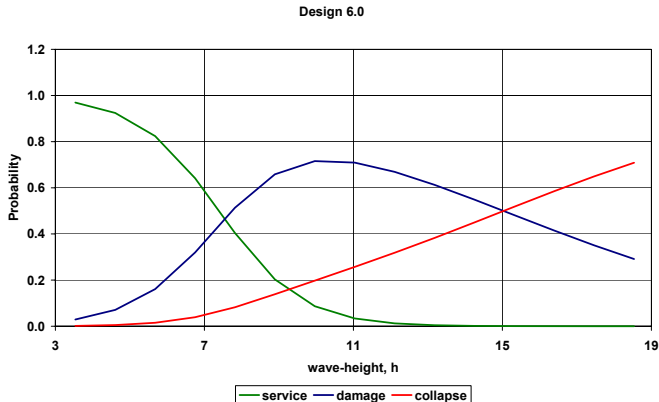
Vulnerabilidad de un dique

Modelo razonable de vulnerabilidad



Vulnerabilidad de un dique

¿Cuál debería ser el parámetro de diseño?



Fuentes de información

La información sobre vulnerabilidad procede de

- modelos numéricos del sistema
- simulación en modelos reducidos
- experiencia en sistemas semejantes

La integración de las fuentes de información requiere:

- método de asimilación: **teorema de Bayes**
- homogeneidad de los sistemas observados: **parámetro de diseño**

Un modelo de vulnerabilidad muy sencillo

Dique fijado.

Respuestas: 0 servicio (p_0), 1 fallo (p_1).

Vulnerabilidad: frente altura ola h

$$\begin{pmatrix} p_0 \\ p_1 \end{pmatrix} = C \begin{pmatrix} b_{00} \cdot b_{01}^h \\ b_{10} \cdot b_{11}^h \end{pmatrix}, \quad \mathbf{p} = \mathbf{b}_0 \oplus (h \odot \mathbf{b}_1)$$

Utilizando coordenadas del símplex (ilr-logit)

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \ln \frac{p_0}{p_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \ln \frac{b_{00}}{b_{10}} + h \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \ln \frac{b_{01}}{b_{11}}$$

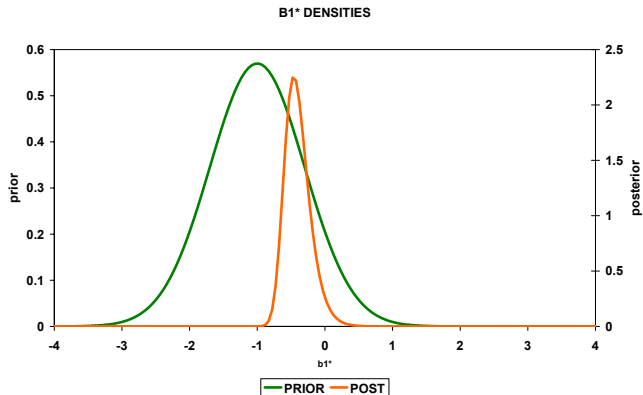
Modelo lineal en las coordenadas

$$\text{logit}(p_0) = \text{logit}(b_0) + h \cdot \text{logit}(b_1)$$

Asimilación de información (Bayes)

A priori: $b_0^* = 3.25$, $b_1^* \sim N(-1, 0.7^2)$

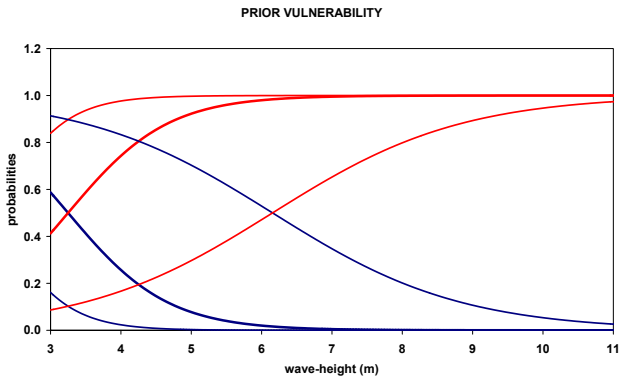
Datos: Temporales de $h \simeq 4$.m, 10. Fallos 1.



Vulnerabilidad de un dique

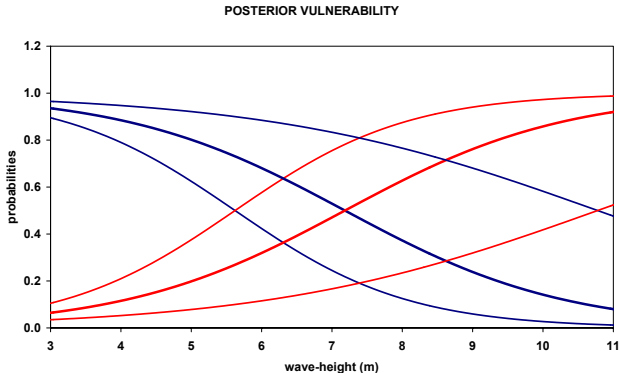
Vulnerabilidad a priori (p.e. Montecarlo)

Cuantiles 0.25, 0.50, 0.75. Servicio, Fallo



Vulnerabilidad de un dique

Después de 10 temporales de $h=4\text{m}$ y un sólo fallo
Cuantiles 0.25, 0.50, 0.75. Servicio, Fallo



Conclusiones I

- El estudio de la vulnerabilidad de sistemas es necesario
 - para caracterizar mejor la respuesta
 - para calcular el riesgo
 - para tomar decisiones
- Se requiere definir clases de sistemas equivalentes
 - para la simulación del sistema (Montecarlo)
 - para la asimilación de información (Bayes)

Conclusiones I

- El estudio de la vulnerabilidad de sistemas es necesario
 - para caracterizar mejor la respuesta
 - para calcular el riesgo
 - para tomar decisiones
- Se requiere definir clases de sistemas equivalentes
 - para la simulación del sistema (Montecarlo)
 - para la asimilación de información (Bayes)

Conclusiones II

- **Los modelos de vulnerabilidad en el símplex**
 - son sencillos (modelos lineales)
 - se adaptan a situaciones reales
 - permiten trabajar con fallos de diverso grado