

Los Eurocódigos Estructurales

Jornada informativa

Evaluación y rehabilitación de estructuras existentes

8 de Junio de 2022



8 de Junio de 2022

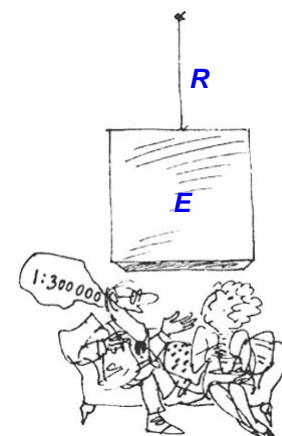
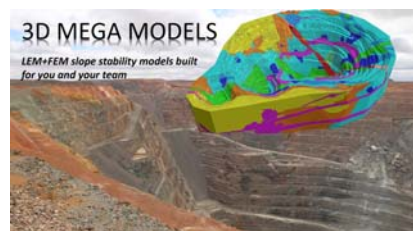
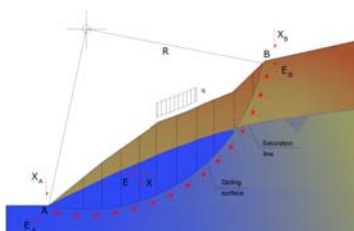
Peter Tanner

*Instituto Eduardo Torroja y Cesma Ingenieros
Miembro de CEN/TC 250/WG2 y SC10 AHG Reliability
Miembro de Project Teams WG2.T1 y WG2.T2*

Introducción

INCERTIDUMBRES EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y GEOTECNIA

- Variabilidad aleatoria inherente
- Incertidumbres estadísticas debidas a datos limitados
- Falta de conocimientos
 - Evolución futura de ciertos parámetros
 - Modelos simplificados de ciertos fenómenos



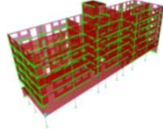
[Schneider 1994]

- Errores humanos

Introducción

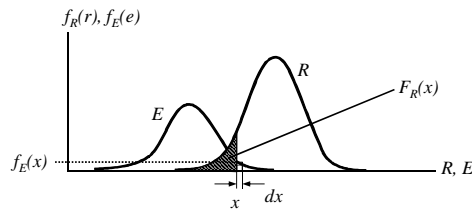
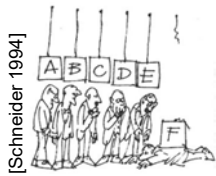
ANÁLISIS Y VERIFICACIONES

- Proyecto **y** evaluación: análisis estructural basado en la teoría y las prácticas establecidas en ingeniería



Quién es quién?

- Principios generales de fiabilidad estructural también son los mismos para proyectar **y** evaluar



$$p_f = \int_{-\infty}^{\infty} f_E(x) \cdot F_R(x) dx \leq p_{\beta}$$

$$p_f = \Phi(-\beta) \rightarrow \beta \geq \beta_t$$

$$\gamma_E \cdot E_k \leq \frac{R_k}{\gamma_R}$$

Introducción

PROYECTAR Y EVALUAR

- Estructuras de ingeniería, nuevas o existentes, son diferentes
 - A menudo, prototipos
 - Diferencias en entorno, exposición, ...
- Ingeniería estructural y geotecnia
 - Análisis basados en los mismos principios
 - Principios de fiabilidad generalmente válidos
 - Condiciones específicas para cada caso



→ Estructuras nuevas o existentes, ¿importa?



Evaluación y rehabilitación de estructuras existentes

- Introducción
- Sobre las diferencias entre evaluar y proyectar
- Especificación Técnica
- Evolución
- Conclusiones



Estado de la información

EVALUAR Y PROYECTAR

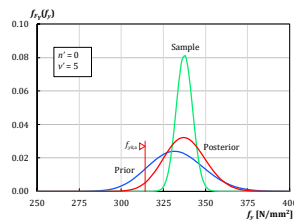
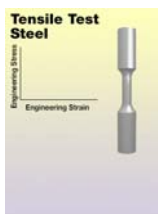
Estructuras	Existentes	Nuevas
Información disponible	Características "determinables"	Características supuestas
Fiabilidad depende de	Información Conocimientos	Variables según normas
Fiabilidad	→ subjetiva	→ +/- objetiva

→ **Evaluación por fases**, mejorando la precisión de la información

Estado de la información

ENFOQUES COMPLEMENTARIOS PARA LA ACTUALIZACIÓN

- **Determinación de probabilidades de fallo para efectos conocidos**
 - Pruebas de carga
 - Acciones aplicadas durante el periodo de servicio pasado
- **Adquisición y evaluación de datos sobre variables básicas**
 - Función de distribución previa, reflejando toda la información disponible antes de la adquisición de datos
 - Nueva información
 - Distribución actualizada, obtenida mediante métodos bayesianos



► Representación de resultados en función del método de verificación

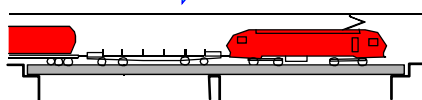
Deterioro

INFLUENCIAS AMBIENTALES COMO EJEMPLO

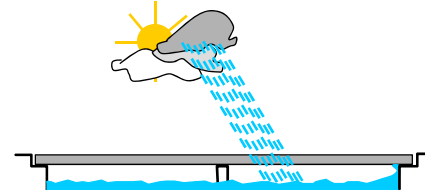
- Estructuras están expuestas simultáneamente a
 - Acciones e influencias mecánicas
 - Condiciones ambientales
- En **proyecto**, separación de requisitos y verificaciones para
 - ELU, ELS
 - Durabilidad → verificaciones basadas en indicadores o *Proxy Limit States*

ELU
ELS

Viento



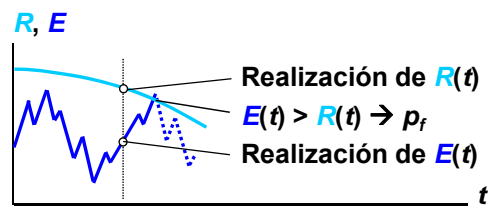
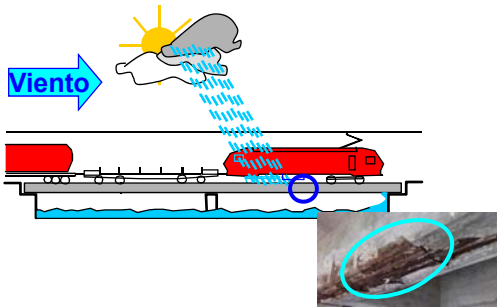
Durabilidad



Deterioro

INFLUENCIAS AMBIENTALES COMO EJEMPLO

- **Estructuras existentes**, a menudo afectadas por deterioro activo
- **Proxy Limit States**, destinados a prevenir deterioro, son inapropiados
 - Se deben considerar efectos combinados de deterioro y acciones relevantes
 - Planificación de inspección y mantenimiento imposible con indicadores



- Verificación de prestaciones al final de t_{ser} considerando t_{ref} de 1 año

Requisitos

FIABILIDAD REQUERIDA

- En general, los requisitos de fiabilidad dependen de
 - La causa y el modo de alcanzar un Estado Límite
 - Las consecuencias, directas e indirectas, de un fallo
 - El coste relativo para elevar el nivel de fiabilidad
 - El periodo de referencia
- Relajación de los requisitos está justificada en estructuras existentes
 - Incrementar fiabilidad es más costoso en estructuras existentes
 - Intervenciones pueden implicar interrupción de actividades
 - Frente a sustitución, alargar periodo de uso reduce consumo de recursos

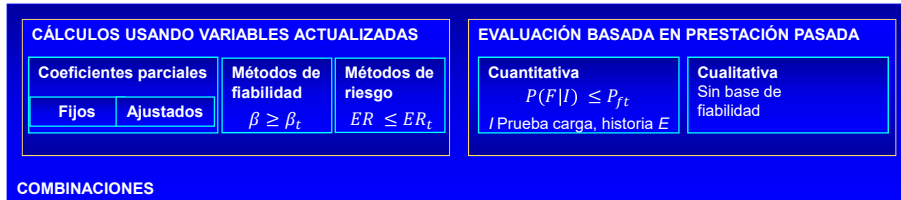


Geocisa. Cesma

Verificaciones

OPCIONES

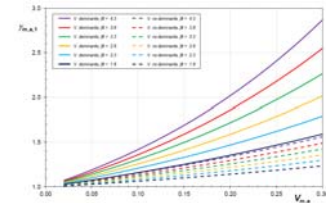
- Disponibilidad de diferentes métodos de verificación



- Caso normal

- Empleo del formato de los coeficientes parciales
- Requiere comprobación de límites de aplicación: V, α_{FORM}

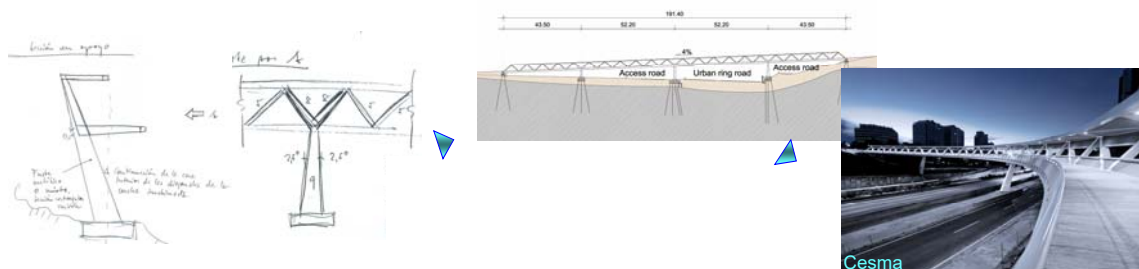
$$E_a = \gamma_{sa} E \left\{ \sum (\gamma_f \psi F_k); a_a; X_{Ra} \right\} \leq R_a = \frac{1}{\gamma_{Ra}} R \left(\frac{\eta X_k}{\gamma_m}; a_a; \sum F_{Ea} \right)$$



Opciones de decisión

RESULTADOS Y SOLUCIONES

- El **proyecto** de una estructura nueva se traduce en una definición inequívoca del sistema, sus elementos, detalles y materiales



- Múltiples resultados y opciones son posibles en una **evaluación**

- $\beta > \beta_t(T_{rl})$
- $\beta > \beta_t(v_{ass})$, pero $\beta < \beta_t(T_{rl})$
- $\beta < \beta_t(v_{ass})$
- **Intervención inmediata**

Intervención	Construction	Maintenance Rehabilitation	Revolting	Repair Upgrading
	Operation	Inspection Maintenance Monitoring Change in use	Revolting	Repair Upgrading

Evaluación y rehabilitación de estructuras existentes

- Introducción
- Sobre las diferencias entre evaluar y proyectar
- **Especificación Técnica**
- Evolución
- Conclusiones



Especificación Técnica

MOTIVACIÓN

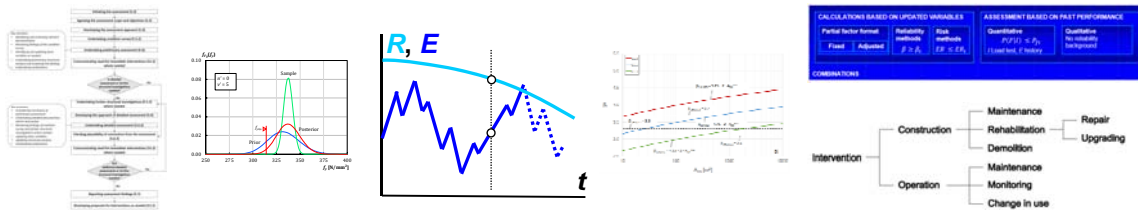
- **Principios generales** de fiabilidad, establecidos en EN 1990, también son válidos para evaluaciones
- Existen **diferencias** importantes entre evaluar y proyectar
- Reglas destinadas al proyecto son **conservadoras** para la evaluación
 - Consecuencias económicas
 - Ecológicas
 - Socio-políticas
- Existen enfoques divergentes para tratar las **diferencias**
 - Opciones nacionales
 - Preferencias en función del material
- Armonización necesaria



Especificación Técnica

HITOS

- **2015** Informe de ciencia y política de JRC
 - Marco de la política a seguir
 - Reglamentos y normas existentes
 - Perspectiva para las normas CEN
- **2020** Especificación Técnica
 - Complementa EN 1990
 - Reglas generales y acciones

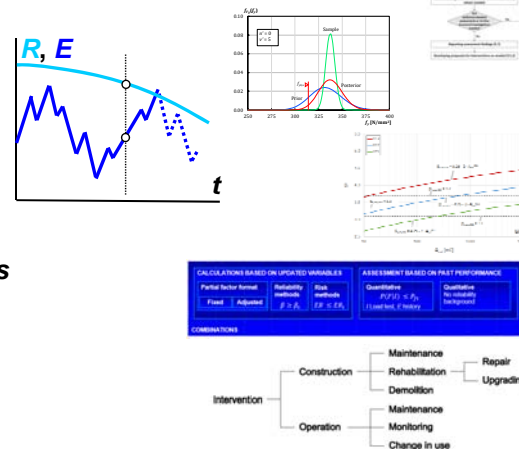


Especificación Técnica

CEN/TS 17440:2020

- *Assessment and retrofitting of existing structures*
- **Contenido**
 1. Scope
 2. Normative references
 3. Terms, definitions and symbols
 4. Principles of assessment
 5. Assessment process
 6. Assessment by calculation
 7. Basic variables and updating
 8. Structural modelling, updating and analysis
 9. Verifications
 10. Assessment based on past performance
 11. Interventions

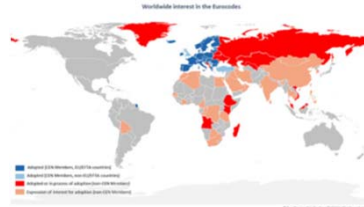
Four informative annexes



Especificación Técnica

ESTATUS DE CEN/TS 17440:2020

- DAV Fecha de disponibilidad **Julio 2020**
 - DOP Fecha de publicación **DAV + 6 meses**
 - DOW Fecha de derogación **DAV + 6 meses**
- Pero: normas nacionales contradictorias pueden seguir en vigor**
- Anejos Nacionales
 - Solo GB, F prepararon AN
 - La mayoría de los países renunciaron a preparar AN en esta fase
 - ¿España?



Evaluación y rehabilitación de estructuras existentes

- Introducción
- Sobre las diferencias entre evaluar y proyectar
- Especificación Técnica
- **Evolución**
- Conclusiones



Evolución

TRABAJOS EN EL MARCO DEL MANDATO M/515

- WG2.T2 era un *Project Team* de la Fase 4 de M/515
- Desarrollo de 3 subareas
 - Conversión de CEN/TS 17440:2020 en EN Eurocódigo para Estructuras existentes – **Reglas generales**
 - Conversión de CEN/TS 17440:2020 en EN Eurocódigo para Estructuras existentes – **Acciones**
 - Guía para el desarrollo de las reglas de evaluación y rehabilitación en los **Eurocódigos de materiales**
- Decisión 15 de CEN/TC 250/SC 10 del 2019-10-02 → prEN 1990-2

SC 10 (...) Agrees that the provisions developed by CEN/TC 250/WG 2 will be incorporated in EN 1990 and that WG 2 proceeds on the assumption that WG 2 will develop a Part 2 of EN 1990, on the condition that:

- TC 250 and SC 10 national delegations **decide their preferred way on the basis of the work of WG2.PT2,**
- SC 10 Management Group in conjunction with CEN/TC 250/WG 2 completes the steps necessary to fulfill this plan.

Evolución

prEN 1990-2:2021

- **Basis of assessment and retrofitting of existing structures**
- Versión del equipo de redacción, disponible desde 24-11-2021
- Alcance
 - Disposiciones adicionales a prEN 1990-1 para evaluación y rehabilitación
 - Reglas relacionadas con la **actualización de información** sobre variables básicas, modelos, probabilidades de fallo
 - Principios para la evaluación en caso de rehabilitación

– Contenido

European Foreword

Introduction

1 Scope

2 Normative references

3 Terms, definitions and symbols

4 General rules

5 Assessment process

6 Basic variables and updating

7 Structural modelling, updating and analysis

8 Verifications

9 Qualitative assessment methods

10 Interventions

Annex A Guidance relating the assessment process

Annex B Updating procedures

Annex C Target reliability and partial factors

Annex D Assessment of heritage structures

Bibliography

Evolución

GUÍA PARA REGLAS EN EUROCÓDIGOS DE MATERIALES

- Versión del equipo de redacción, disponible desde 24-11-2021
- Contenido

INTRODUCTION

- 1 Scope of the document
- 2 Assumptions
- 3 References

PART A

- A.1 General rules for drafting
- A.2 Assessment of structural resistance
- A.3 Establishment of default probabilistic models (and characteristic values) for resistance variables
- A.4 Information update related with resistance variables
- A.5 Testing of material properties and specification of material partial factors
- A.6 Partial factors associated with the uncertainty of resistance models
- A.7 Deterioration
- A.8 Rehabilitation
- A.9 Structural analysis for assessment

PART B

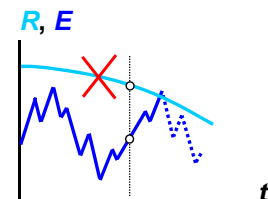
Sections and sub-sections of the document on existing structures	Reference to sections/clauses of part A ^o
1 Scope	
1.1 Scope of the document	
1.2 Assumptions	
2 Normative references	
3 Terms, definitions and symbols	
3.1 Terms and definitions	
3.2 Symbols and abbreviations	
4 Basis of assessment and retrofitting design	
4.1 Requirements	
4.2 Basic variables	A.3, A.4.2, A.6.2, A.6.3, A.7.2, A.7.3, A.8
4.3 Verification by the partial factor method	A.5.1, A.5.4, A.6.1, A.6.2, A.6.3, A.7.2, A.7.3, A.8
5 Material and product properties	A.3, A.4.2
5.1 Materials and products covered by the Eurocodes	A.3, A.4.2, A.4.3, A.5.1, A.5.2, A.5.3, A.8
5.2 Materials and products not covered by the Eurocodes	A.3, A.4.2, A.4.3, A.5.1, A.5.2, A.5.3, A.8
6 Deterioration models	A.3, A.4.1, A.7
7 Structural Analysis	
7.1 Structural analysis for assessment	A.9
7.2 Structural analysis for retrofitting	A.8, A.9
7.3 Assessment and design assisted by testing	A.6.3
8 Ultimate Limit States	
8.1 Resistance models for assessment	A.2, A.3, A.4.2, A.4.3, A.7.1, A.7.2
8.2 Resistance models for retrofitting	A.2, A.3, A.4.2, A.4.3, A.7.1, A.7.2, A.8
9 Serviceability Limit States	A.8
10 Fatigue	A.5.1, A.7.3, A.8
11 Detailing	
11.1 Assessment of detailing	A.2
11.2 Detailing for retrofitting	A.2, A.8

Propuesta de índice de Anejo / Parte

Referencia a la Parte A

prEN 1992-1-1:2022 ANNEX I

- **Assessment of existing structures**
- **Alcance**
 - Reglas adicionales sobre aspectos no tratados en la parte de proyecto: materiales, detalles constructivos, adherencia de barras lisas
 - **Consideraciones genéricas** sobre deterioro
- **En caso de deterioro, la evaluación debería considerar**
 - Sección de hormigón reducida
 - Área y ductilidad reducida de la armadura
 - Concentración de tensiones por corrosión y corrosión bajo tensión
 - Adherencia reducida entre hormigón y acero
 - Pérdida de propiedades mecánicas del hormigón
 - Fisuración o expansión del hormigón
- **No incluye reglas sobre propagación del deterioro**

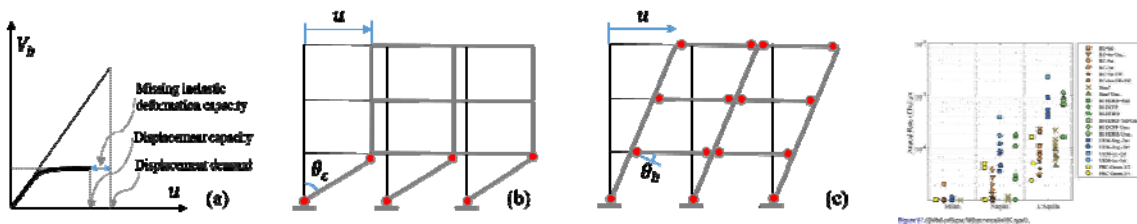


Evolución

Evolución

prEN 1998-3:2021

- Evaluación y rehabilitación en caso de sismo está fuera del alcance de prEN 1990-2
- Tema tratado ya en la primera generación del Eurocódigo 8
- Evolución en el marco de la segunda generación
 - Reglas sobre actualización de información
 - Métodos no lineales como opción predeterminada
 - Coeficientes parciales en función de niveles de conocimiento



Evaluación y rehabilitación de estructuras existentes

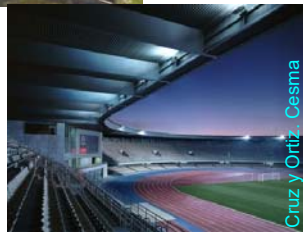
- Introducción
- Sobre las diferencias entre evaluar y proyectar
- Especificación Técnica
- Evolución
- Conclusiones



Evaluación y rehabilitación de estructuras existentes

CONCLUSIONES

- Necesidad de evaluar una estructura existente puede surgir por diferentes motivos
- Todos relacionados con dudas sobre fiabilidad estructural



→ ¿Fiabilidad adecuada para uso futuro?

Evaluación y rehabilitación de estructuras existentes

CONCLUSIONES

- Problema fundamental consiste en contestar a la pregunta: **¿tiene la estructura una fiabilidad adecuada?**
- Sólo dos posibles respuestas: **si** o **no**
- Requisitos inapropiados y decisiones equivocadas pueden implicar consecuencias significativas

Hacer nada



Sobreactuación?



Evaluación y rehabilitación de estructuras existentes

CONCLUSIONES

– *If*



– *Ask*

