

ESTUDIO DEL DETERIORO DE DIVERSOS TABLEROS DE HORMIGÓN EN PUENTES CON ZONAS DE INTENSA VIALIDAD INVERNAL

- **Álvaro Navareño Rojo**
- Consejero Técnico
- Ministerio de Fomento
- anavareno@fomento.es



Gonzalo Arias¹ – Emilio Criado² – Marta García³ – Ana B. Menéndez⁴

¹ INES Ingenieros - ² Ministerio de Fomento - ³ Codyatec - ⁴ GEOCISA

0. CONTENIDO

1. Introducción
2. Las estructuras
3. Metodología de estudio
4. Campaña realizada
5. Conclusiones

1. INTRODUCCIÓN

- Afección de las bajas temperaturas y de las sales a la durabilidad de los tableros de hormigón
- Puentes de 15 a 50 años de edad
- Estudio de dos series de puentes: con y sin daños
- Validación de una metodología de estudio e inspección, de muestreo y de ensayos, que permitan comparar los daños y las causas

2. LAS ESTRUCTURAS

- Estructuras de diferentes edades y tipologías
- Localizaciones en zonas con distinta climatología y frecuencia de utilización de sales fundentes
- Losas de hormigón aparentemente sanas y con daños

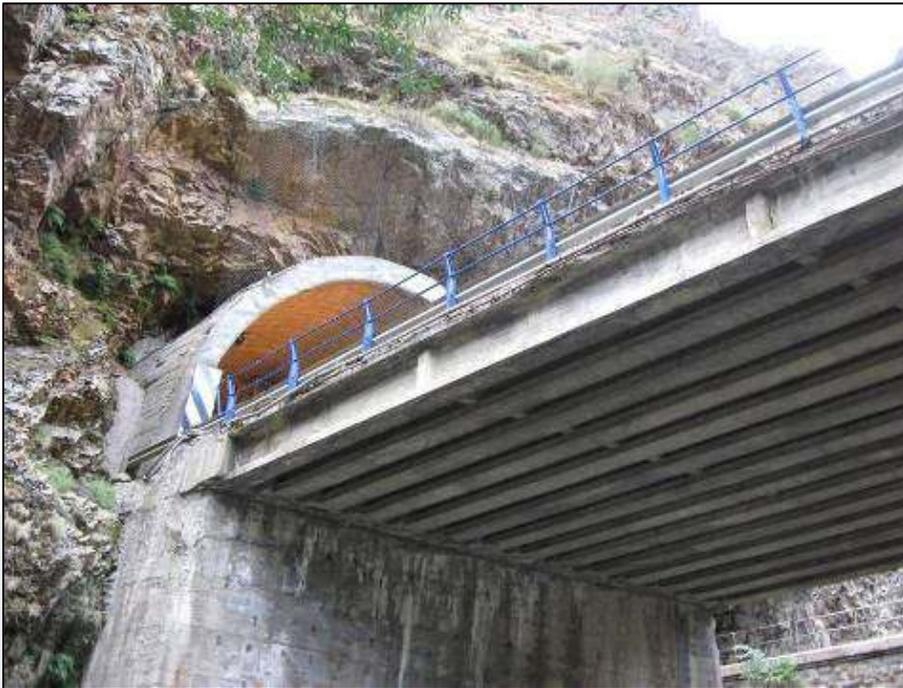


Nº	Codigo	Carretera	PK	Provincia
1	0N-0502-0042+093	N-502	42+100	Avila
2	0N-0630-0088+980	N-630	88+890	León
3	0N-0630-0090+040	N-630	90+025	León
4	0N-0630-091+270	N-630	91+100	León
5	0N-0630-101+300	N-630	101+500	León
6	0N-0630-103+830	N-630	103+850	León
7	0N-0630-0107+400	N-630	107+890	León
8	0A-0067-0111+300	A-67	111+400	Palencia
9	0A-0004-0120+200-I	A-4	120+200	Toledo
10	0N-0630-101+050	N-630	101+100	León
11	0A-0004-0090+000-I	A-4	90+000	Toledo
12	0N-0234-444+200	N-234	445+150	Burgos
13	0A-0062-0078+460	A-62	78+400	Palencia
14	0A-0006-0127+076	A-006	127+180	Avila
15	0N-0502-0055+300	N-502	55+350	Avila
16	0A-006-0157+975	A-6	157+840	Valladolid
17	0A-0004-0069+906	A-4	69+906	Toledo
18	0A-0023-0104+601	A-023	104+750	Teruel
19	0A-0030-0065+536-I	A-30	65+600	Albacete
20	0N-0204-0032+532	N-204	32+532	Guadalajara
21	0A-0042-0071+650+D	A-42	71+500	Toledo

2. LAS ESTRUCTURAS

CASO 1

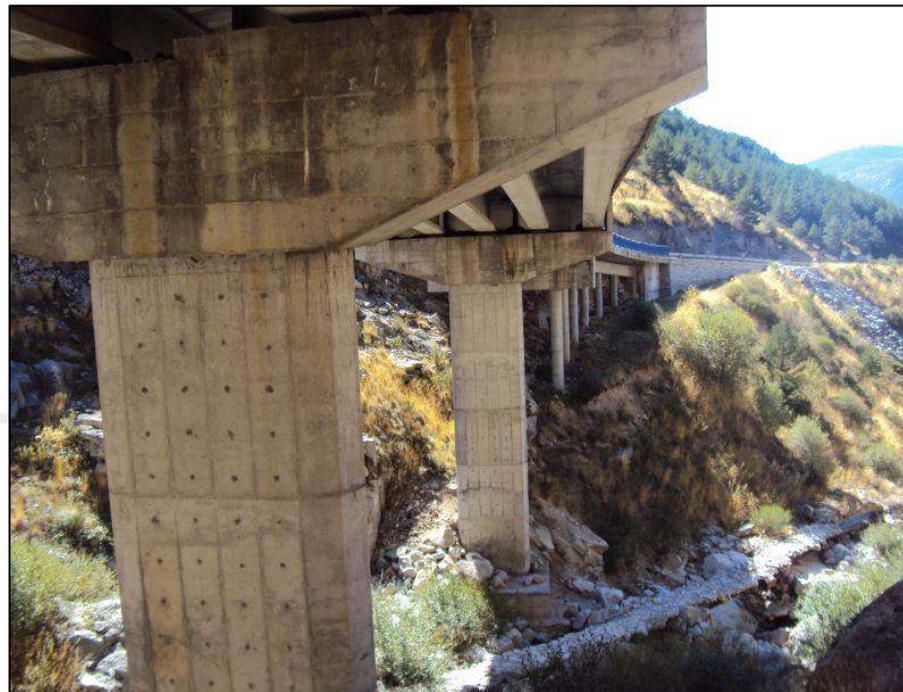
Puentes de vigas de hormigón armado, de un vano, soportando una carretera de 1+1 carriles, construidos entre 1965 y 1980



2. LAS ESTRUCTURAS

CASO 2

Puentes de vigas de hormigón armado, de varios vanos, soportando una carretera de 1+1 carriles, construidos entre 1965 y 1980



2. LAS ESTRUCTURAS

CASO 3

Puentes tipo losa de hormigón armado, de varios vanos, construidos entre 1980 y 1995



2. LAS ESTRUCTURAS

CASO 4

Puentes de vigas de hormigón armado, de varios vanos, soportando la calzada de una autovía de 2 carriles por sentido, construidos entre 1990 y 2000



3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

1. Recopilación de datos

Código y fichas de inventario e inspecciones

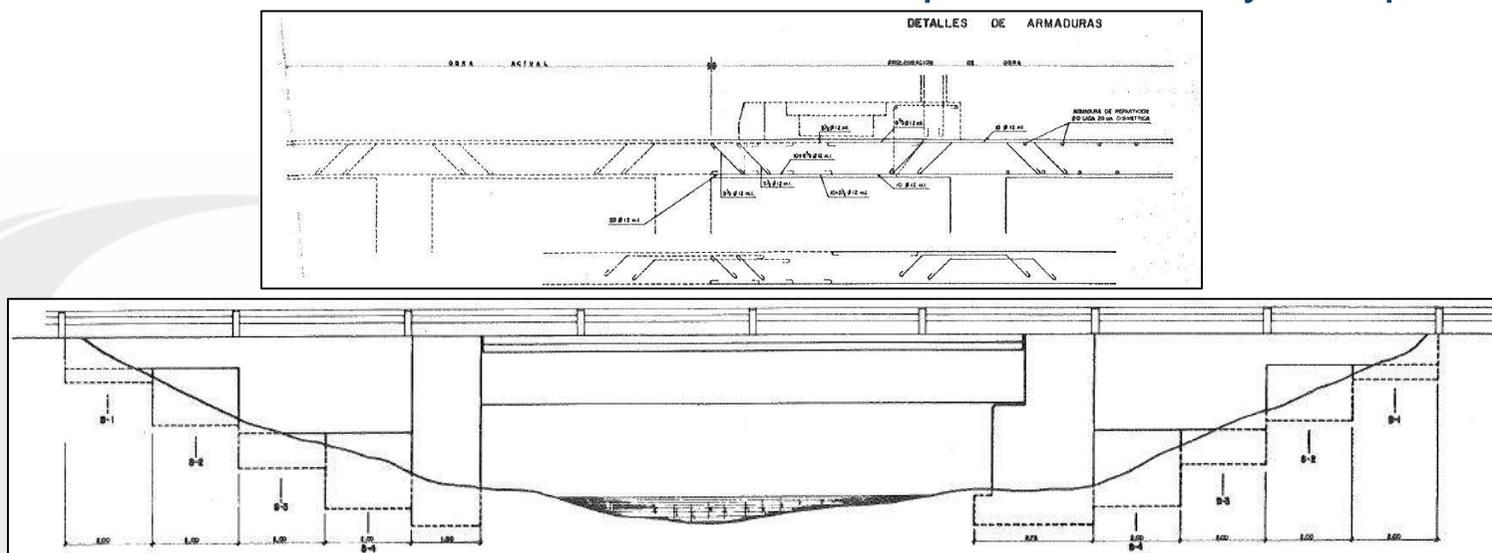
Localización geográfica

Proyectos de ejecución (planos, tipo de hormigón, dosificaciones, aditivos, etc.)

Trazado de la carretera sobre el puente

Climatología local

Régimen de uso de sales fundentes, datos de procedencia y composición



3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

2. Inspección y clasificación

Inspección visual

Clasificación en Nivel 1 o Nivel 2



3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

3. Toma de muestras

NIVEL 1

- T1: lateral derecho próximo a estribo 1
- T2: lateral izquierdo próximo a estribo 2
- T3: centro de tablero (tanto longitudinal como transversalmente)

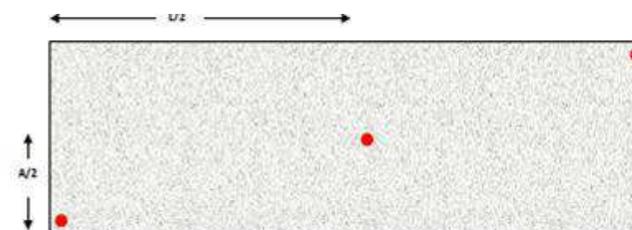


Figura 1: Croquis de muestreo para NIVEL 1.

NIVEL 2

- T1: lateral derecho próximo a estribo 1
- T2: lateral izquierdo próximo a estribo 2
- T3: centro de tablero (tanto longitudinal como transversalmente)
- T4: a $1/4$ del estribo 1 en sentido longitudinal y a $1/3$ del lateral izquierdo
- T5: longitudinalmente a $1/4$ del estribo 2 y a $1/3$ del lateral derecho

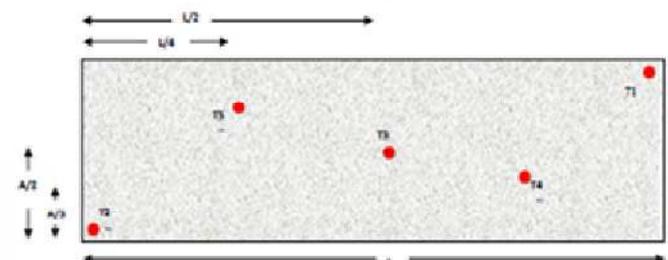


Figura 2: Croquis de muestreo para NIVEL 2 ($\text{sup} > 1000 \text{ m}^2$).

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

4. Ensayos

Catas

Caracterización visual del hormigón

Estado de las armaduras (aspecto, potencial de corrosión y resistividad eléctrica del hormigón)

Espesores de recubrimiento

Revelado del perfil de neutralización de la basicidad (medida carbonatación)

Testigos

Caracterización visual del testigo

Perfil de cloruros a 2 profundidades

Contenido de sulfatos, sodio y potasio

Revelado del perfil de neutralización de la basicidad

Compacidad del hormigón (porosidad, absorción y densidad)

Contenido en cemento en el hormigón

Resistencia a compresión

Ensayos de microscopía electrónica



4. CAMPAÑA REALIZADA

Inspección visual

Principales deterioros:

- Humedades y eflorescencias
- Descascarillados por hielo-deshielo
- Desconchones, fisuras y armaduras vistas con corrosión

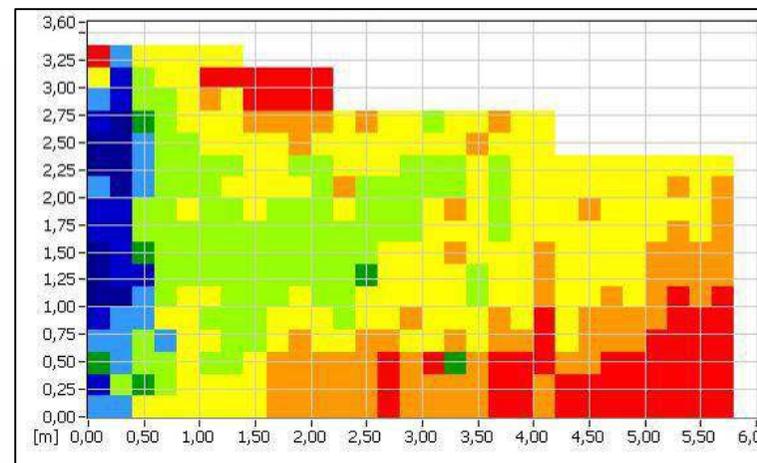


4. CAMPAÑA REALIZADA

Estado de las armaduras (Potencial de corrosión - UNE 122083 “Medición del potencial de corrosión libre en estructuras de hormigón armado”)

Armaduras en buen estado en inspección visual y potencial de corrosión no muy elevado en zonas de hormigón deteriorado

ELECTRODO	VALORES LÍMITE DE E_{corr} PARA RIESGO DE CORROSIÓN		
	< 10 %	≥ 50 %	> 90 %
Cu/CuSO4 saturado	> -275 mV	-275mV < E_{corr} < -425mV	< -425 mV
Calomelanos (ESC)	> -200 mV	-200mV < E_{corr} < -350mV	< -350mV



4. CAMPAÑA REALIZADA

Espesores de recubrimiento y carbonatación

(UNE 112-011-94) Nulo avance del frente de carbonatación en parte superior de las losas

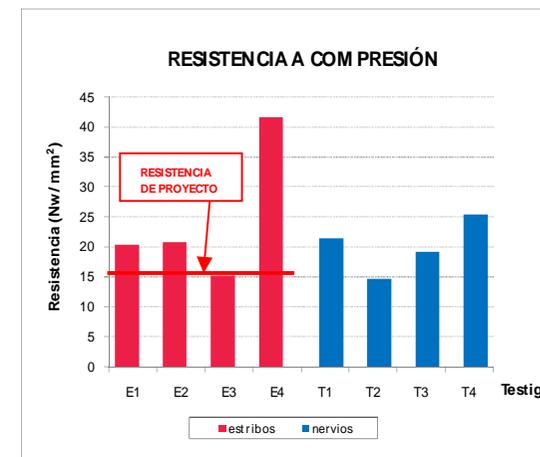
Calidad del hormigón (Resistencia a compresión y módulo de elasticidad de probetas de hormigón y determinación de la velocidad de ultrasonidos in-situ)

Resistencias con amplias dispersiones, pero con valores medios por encima de las resistencias estimadas y requeridas en proyecto

Compacidad del hormigón (Porosidad, densidad y absorción)

Hormigones de calidad buena y moderada

Las vigas presentan hormigones de mejor calidad y mejor ejecutadas. Estribos muy susceptibles a daños por hielo-deshielo en general

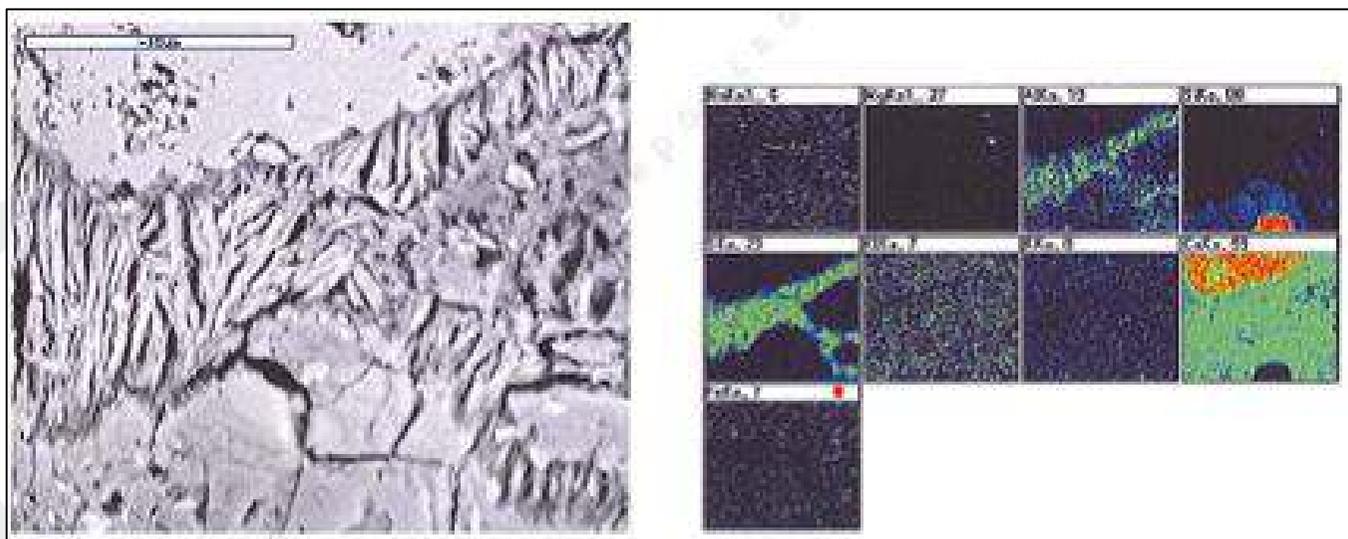


4. CAMPAÑA REALIZADA

Análisis micro-estructural del hormigón (ensayos de microscopía)

Degradación del hormigón por la presencia de compuestos expansivos (ettringita o gel de reacción árido-álcali, sal de Friedel, etc.)

Presencia de ettringita y reacciones incipientes de árido-álcali en varias estructuras



5. CONCLUSIONES

- Zonas de entrada de agua: bordes de losa, vigas de borde, cargaderos y estribos.
- Corrosión de las armaduras baja en general
- La carbonatación de la losa en cara superior es nula
- Aumento de la degradación del hormigón del tablero. Deterioros debidos al hielo-deshielo, descascarillados ligados a zonas de entrada de agua
- Formación de compuestos
- Contenidos en álcalis elevados (contenido original del cemento empleado y adición de sodio, en forma de sal fundente tipo NaCl)
- Metodología apropiada para el estudio de la durabilidad en puentes en zonas de vialidad invernal