



12-14 de Noviembre del 2012
Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa

APORTE AL ESTUDIO SOBRE LA INCIDENCIA DE LOS FENOMENOS PATOLOGICOS EN PUENTES DE HORMIGON ARMADO EN EL URUGUAY

C. Barboza¹, A. Borges Masuero²

1 Arquitecto por la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República del Uruguay (UDELAR) / Br. Artigas 1031 – Maestrando en la Maestría conjunta dictada junto a la Universidad Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) / Av. Osvaldo Aranha 99, 3o andar

2 Ingeniera por la Universidad Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Dra. por la Universidad Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Prof. del programa de pos graduación en Ingeniería Civil de la Universidad Federal do Rio Grande do Sul (PPGEC-UFRGS) / Av. Osvaldo Aranha 99, 3o andar

RESUMEN

El estudio de las manifestaciones patológicas en el hormigón armado surge como una valiosa herramienta para la comprensión de los procesos involucrados, en la medida que posibilita optimizar su uso en todas las etapas del proceso constructivo. En función de esta circunstancia entendiéndose valioso realizar un levantamiento de sus principales daños en el Uruguay, para lo cual fueron catalogados 93 informes con 313 evaluaciones sobre 147 puentes en el periodo 2004/2010. De su análisis verifico-se la preeminencia de la lesión “Corrosión de armaduras”, la que se localiza principalmente en la zona costera Sur. A sí mismo, constata-se que “Tablero” es el elemento más afectado de estas estructuras seguido por “Protección lateral” y “Veredas”, donde “Armadura expuesta” y “Manchas de humedad” son las lesiones más relevantes.

Palabras clave: durabilidad; hormigón armado; procesos patológicos; daños; corrosión

ABSTRACT

The study of pathological manifestations in concrete emerges as a valuable tool for understanding the processes involved, in it as long as it makes possible to optimize its use in all stages of the construction process. Under this circumstance it was considerate valid to make a survey about the major damages in Uruguay, for which 93 reports were labeled with 313 assessments on 147 bridges in the period 2004/2010. From their analyst's it was verified of injury "Corrosion of reinforcement", located mainly in the coastal South. Makeover, it was found that "Board" is the most affected of the elements followed by "Side Shields" and "Sidewalks", where "Exposed reinforcement" and "Humidity stains" are the most prevalent problems.

Keywords: durability; reinforced concrete; pathological manifestations; damage; corrosion

INTRODUCCION

La rehabilitación y mantenimiento de estructuras es un tema particularmente oportuno, debido al generalizado interés presente hoy por la preservación del patrimonio ya construido [1]. Esta inquietud que pasa necesariamente por el aumento en la vida útil y durabilidad de las edificaciones, implica conocer las causas que generan las anomalías, posibilitando así su mantenimiento en forma consciente, económica y durable.

Si bien los procesos degresivos no son los únicos que determinan la intervención sobre estructuras preexistentes [2], la creciente incidencia de estos plantea la necesidad de profundizar su estudio. En este sentido, el enfoque moderno en el diseño de estructuras es preciso incluya hoy un cuidadoso análisis de la durabilidad a largo plazo, ya que la escalada en los costos de reemplazo y el énfasis puesto en el ciclo de vida están obligando a los profesionales a tomar conciencia sobre la importancia de estos tópicos. [3,4].

Frente a esta multiplicidad de requerimientos no permanece ajeno uno de los principales agentes de la industria de la construcción, el hormigón armado, cuya operación y mantenimiento ha sido relegada a un segundo plano debido a la errónea creencia de su supuesta inalterabilidad [1,5]. Atento a esto, en los últimos años ha crecido el número de estructuras con manifestaciones patológicas tales como corrosión de armaduras, reacción álcali agregado o lixiviación, procesos que se ven desencadenados por el envejecimiento precoz frente al uso y/o acción del medio que las rodea [6].

En el caso particular de Uruguay, donde el hormigón de cemento portland cumple un rol determinante, considero-se valioso explorar la situación presente tentado ofrecer un aporte en relación a lo detallado. Con este objeto, recurrió-se al organismo oficial responsable de la construcción y mantenimiento de las rutas y puentes de jurisdicción nacional, (MTOP - Ministerio de Transporte y Obras Publicas), contemplando que como producto de su actividad el mismo cuenta con valiosos datos referidos a estos temas.

A partir de lo explicitado, determino-se como objetivo central del planteado estudio efectuar un relevamiento de las manifestaciones patológicas del hormigón armado en el Uruguay, para lo cual se emplearon las informaciones referidas a los puentes. No obstante, atento a las singularidades de la base de datos a que se tuvo acceso, entendió-se oportuno centrar el trabajo en la incidencia de los daños y no en su gravedad, destacando para esto los que muestran un mayor valor relativo. Exponen-se a continuación algunas de las conclusiones del trabajo efectuado.

SISTEMATICA EMPLEADA EN LA COLECTA Y ORGANIZACION DE DATOS

Entre los diversos métodos de evaluación empleados por el MTOP en los puentes de las distintas rutas, sobre aquellos situados en las de mayor exigencia, es realizado mediante contratos con privados un seguimiento de su estado gral de conservación, para lo cual se constatan posibles incumplimientos a parámetros de diagnostico preestablecidos que determinan la urgencia o no de una posible intervención. En base a la información generada por esta actividad, denominada en el transcurso del texto “Contratos de Mantenimiento”, es que fue posible realizar el presente estudio.

LESIONES / COMPONENTES	ELEMENTOS CONSIDERADOS													
	SUBESTRUCTURA				SUPERESTRUCTURA				AUXILIARES					
	FUNDACION	ESTRIBO	PILA	APOYO	TERRAPLENES	TABLERO	PROTECCION LATERAL	PAVIMENTO	JUNTAS	VEREDAS	LOSA DE ACCESO	DRENAJE	ELEM. CARRETEROS	
FISURAS	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
GEL DE EXUDACION SOBRE LA SUPERFICIE	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
EFLORESCENCIAS / FORMACION DE ESTALACTITAS	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
MANCHAS DE OXIDO O VERDOSAS	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	
ARMADURAS EXPUESTAS	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	
CORROSION DE ARMADURAS	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	
MANCHAS DE HUMEDAD	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	
PROTUBERANCIAS (POP-OUT)	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	
DELAMINACION	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	
NIDOS DE ABEJA (CANGERJERAS)	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	
ALTERACION GEOMETRICA	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	
DISGREGACION	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	
ENTUMECIMIENTO	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	
DESGASTE SUPERFICIAL	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	
OTRAS	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	

Figura 2– Vista de la Planilla n° 2 con códigos para realizar los registros en la n°1. Por ej. Corrosión de armaduras en Pila = n° de registro 69

RESULTADOS

De los 712 puentes de jurisdicción nacional contenidos en la lista suministrada, como fuera dicho, poco más de la quinta parte (147 / 21 %) cuenta con evaluaciones realizadas bajo las pautas del régimen de mantenimiento. A sí mismo, en función de lo observado en las 313 evaluaciones puede-se precisar que se registraron 693 juicios, donde el 68 % refiere a aspectos directamente relacionados con el hormigón armado y el 32 % restante es conformado por la no constatación de incumplimientos y/o por temas ajenos a su deterioro.

En relación a los daños especificados, la Tabla 1 y Figura 3 detallan a continuación el conjunto de juicios registrados, donde puede-se notar la relación presente entre los vinculados al hormigón armado y los que no lo están. Obsérvese a su vez que los 42 relacionados con el primero equivalen a poco más de la quinta parte de los 195 posibles contenidos en la Planilla n° 2, descartándose de esta forma más de las tres cuartas partes de los códigos allí presentes. Destaque-se también la relevancia adquirida por los juicios no asociados al material principal (2), quienes congregan en total casi un tercio de los casos generales.

Tabla 1 – Listado de los juicios presentes en los 93 informes

JUICIO / LESION		INCIDENCIA	INCIDENCIA %
JUICIOS RELAC. CON EL HGON			
1	Fisuras-Apoyo	1	0,14
2	Fisuras-Pavimento	1	0,14
3	Fisuras-Losa Acceso	1	0,14
4	Manchas oxido-Pila	1	0,14
5	Armaduras expuestas-Losa acceso	1	0,14
6	Nido de abeja-Protección lateral	1	0,14
7	Disgregación-Losa acceso	1	0,14
8	Otras-Fundación	1	0,14
9	Otras-Tablero	1	0,14
10	Otras-Pavimento	1	0,14
11	Armaduras expuestas-Apoyo	2	0,29
12	Corrosión armaduras-Estribo	2	0,29
13	Corrosión armaduras-Pila	2	0,29
14	Disgregación-Apoyo	2	0,29
15	Disgregación-Pavimento	2	0,29
16	Otras-Estribo	2	0,29
17	Fisuras-Protección lateral	3	0,43
18	Fisuras-Vereda	3	0,43
19	Armaduras expuestas-Estribo	3	0,43
20	Manchas de humedad-Tablero	3	0,43
21	Fisuras-Fundación	4	0,58
22	Disgregación - Protección lateral	4	0,58
23	Manchas de humedad-Juntas	5	0,72
24	Nido de abeja-Tablero	6	0,87
25	Corrosión armaduras-tablero	7	1,01
26	Disgregación-Veredas	7	1,01
27	Disgregación-Estribo	8	1,15
28	Armadura expuesta-Pila	10	1,44
29	Corrosión de armaduras-Protección lateral	10	1,44
30	Disgregación-Pila	10	1,44
31	Fisuras-Estribo	14	2,02
32	Armadura expuesta-Veredas	15	2,16
33	Fisuras-Tablero	18	2,60
34	Disgregación-Tablero	21	3,03
35	Fisuras-Terraplenes	23	3,32
36	Otras-Terraplenes	24	3,46
37	Fisuras-Pila	27	3,90
38	Armadura expuesta-Tablero	30	4,33
39	Disgregación-Juntas	44	6,35
40	Manchas de humedad-Veredas	45	6,49
41	Manchas de humedad-Drenaje	51	7,36
42	Armadura expuesta-Protección lateral	54	7,79
		471	67,97
JUICIOS NO RELAC. CON EL HGON.			
43	Sin incumplimientos	81	11,69
44	Incumplimientos no rela con el hgon.	141	20,35
		222	32,03
TOTAL DE JUICIOS		693	100,00

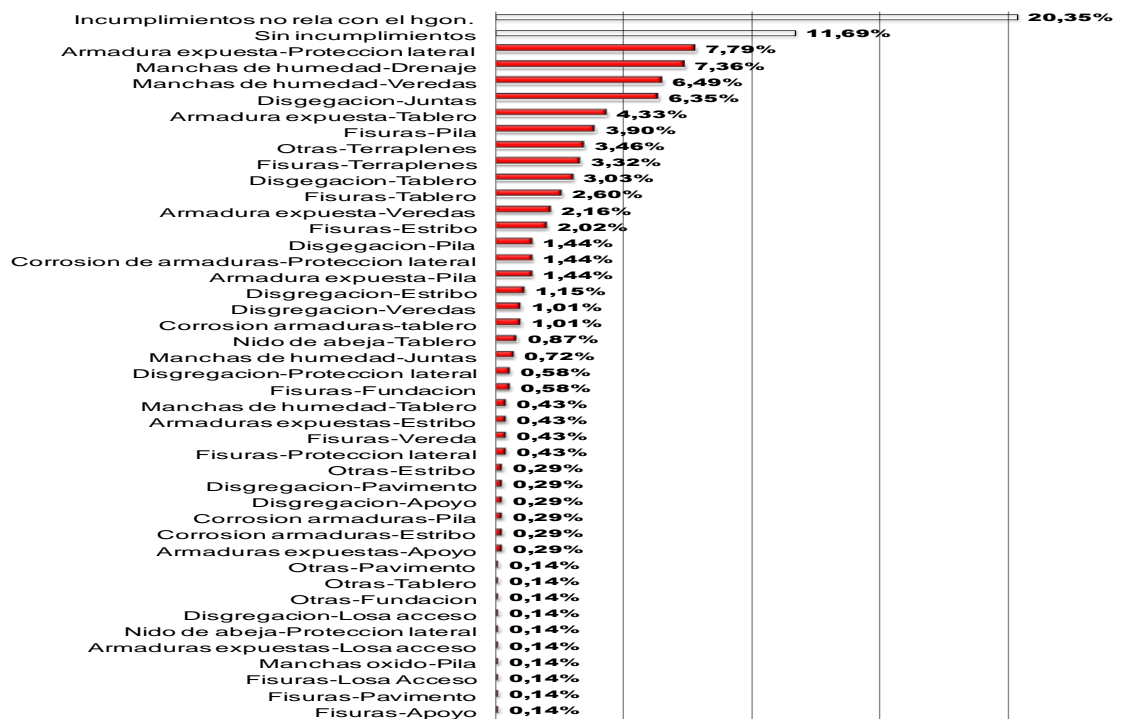


Figura 3 –Incidencia porcentual ordenada de la totalidad de los juicios emitidos

Puesto el foco en los 42 juicios relacionados con el hormigón armado y agrupados estos por categoría, obsérvese que la exposición queda planteada en 8 ítems; “Armadura expuesta”, “Manchas de humedad”, “Disgregación”, “Fisuras”, “Otras”, “Corrosión de armaduras”, “Nidos de abeja” y “Manchas de oxido”, cuando la Planilla nº 2 permitía contemplar hasta 15 (Figura 4)

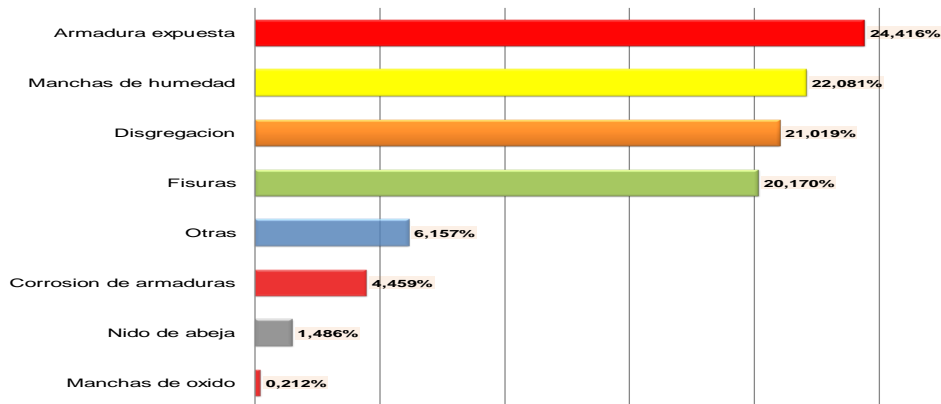


Figura 4 –Incidencia porcentual ordenada por categorías de lesiones relacionados con el hormigón armado

Valorado el hecho que por la forma de registrar los casos se generan ítems que podrían ser considerados uno, los nombrados “Armadura Expuesta”, “Corrosión de armaduras” y “Manchas de Oxido” son agrupados bajo la denominación del segundo. Planteado a continuación el grafico que recoge esta asociación, observe-se el aumento experimentado por el rubro que la contiene, destacando aun más la relevancia de los daños vinculados al acero. (Figura 5)

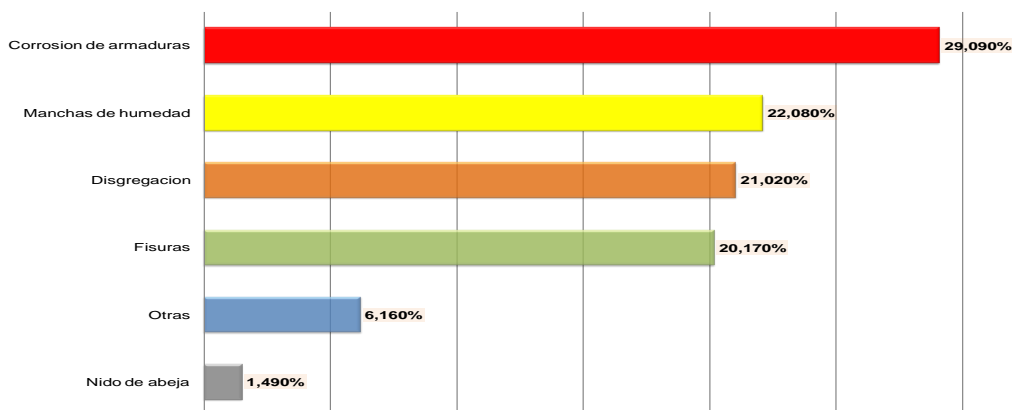


Figura 5 –Incidencia porcentual ordenada por categorías agrupadas de lesiones relacionados con el hormigón armado

Planteadas las lesiones por categoría contemple-se en la Figura 6 los componentes de los puentes afectados, donde destaca-se claramente el predominio del denominado “Tablero” con casi una quinta parte de los casos (18.259%). En segundo y tercer lugar se ubican “Protección lateral” y “Veredas” en torno al 15% y seguidamente lo hacen “Drenajes”, “Pilas”, “Juntas” y “Terraplenes” cercanas al 10%.

Valorado a su vez el número de elementos registrados en relación a las posibilidades, evidenciase que estos son doce, cuando la Planilla nº2 permitía contemplar hasta trece. (Figura 6)

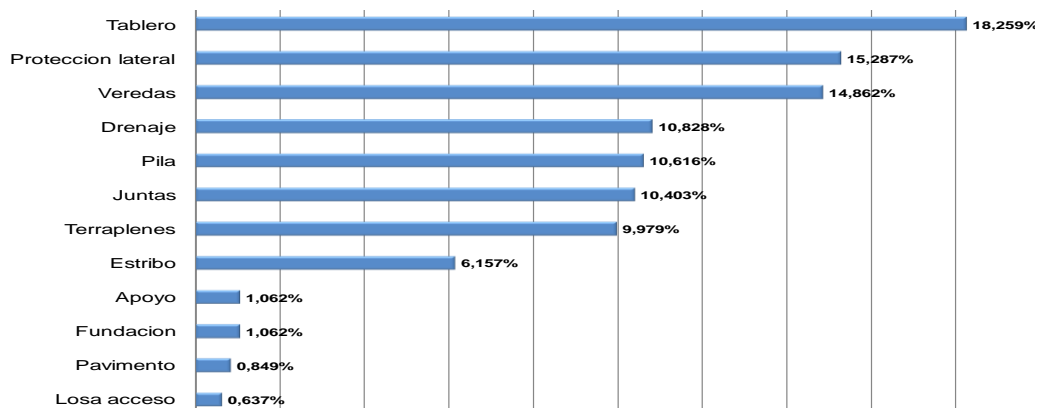


Figura 6 –Incidencia porcentual ordenada de los elementos afectados

Si bien es de por sí ilustrativo el visualizar las lesiones presentes y determinar qué elementos son más exigidos, surgía como ineludible el cruzar ambos datos, obteniéndose así los daños de cada uno. En función de esta premisa elaboró-se la Tabla 2, que detalla a continuación; elemento afectado según ordenamiento de la figura precedente.

Cotejadas las cifras allí presentes observa-se que los componentes “Tablero” y “Protección lateral” presentan mayormente la “Armadura expuesta” y los restantes diez elementos muestran fundamentalmente problemas de “Fisuras”, “Manchas de humedad” y “Disgregación”.

Tabla 2 – Lesiones por elemento

ELEMENTO	LESION	INCIDENCIA	SUB-TOT.	% DE C / LESION	% ACUM.
Tablero	Armadura expuesta	30	86	34,88	100,00
	Disgregación	21		24,42	
	Fisuras	18		20,93	
	Corrosión armaduras	7		8,14	
	Nido de abeja	6		6,98	
	Manchas de humedad	3		3,49	
	Otras	1	1,16		
Protecc. lateral	Armadura expuesta	54	72	75,00	100,00
	Corrosión de armaduras	10		13,89	
	Disgregación	4		5,56	
	Fisuras	3		4,17	
	Nido de abeja	1		1,39	
Veredas	Manchas de humedad	45	70	64,29	100,00
	Armadura expuesta	15		21,43	
	Disgregación	7		10,00	
	Fisuras	3		4,29	
Drenaje	Manchas de humedad	51	51	100,00	100,00
Pila	Fisuras	27	50	54,00	100,00
	Armadura expuesta	10		20,00	
	Disgregación	10		20,00	
	Corrosión armaduras	2		4,00	
	Manchas oxido	1		2,00	
Juntas	Disgregación	44	49	89,80	100,00
	Manchas de humedad	5		10,20	
Terraplenes	Otras	24	47	51,06	100,00
	Fisuras	23		48,94	
Estribo	Fisuras	14	29	48,28	100,00
	Disgregación	8		27,59	
	Armaduras expuestas	3		10,34	
	Corrosión armaduras	2		6,90	
	Otras	2		6,90	
Apoyo	Armaduras expuestas	2	5	40,00	100,00
	Disgregación	2		40,00	
	Fisuras	1		20,00	
Fundacion	Fisura	4	5	80,00	100,00
	Otras	1		20,00	
Pavimento	Disgregación	2	4	50,00	100,00
	Fisuras	1		25,00	
	Otras	1		25,00	
Losa Acceso	Fisuras	1	3	33,33	100,00
	Armaduras expuestas	1		33,33	
	Disgregación	1		33,33	
TOTALES		471	471		

Planteada por ultimo la inquietud de visualizar el daño mayormente presente en el territorio expone-se a continuación la Figura 7, la que permite explicitar este punto a partir de los datos de un grafico de la planilla electrónica empleada que vincula; lesiones, ubicación y número de veces que cada una es citada.¹

Planteada la citada figura observe-se que si bien lo marcadores muestran casos en diversos puntos los más significativos se ubican en la zona costera sur-este, sector predominantemente marcado por el tramo final del Rio de la Plata y el inicio del Océano Atlántico.

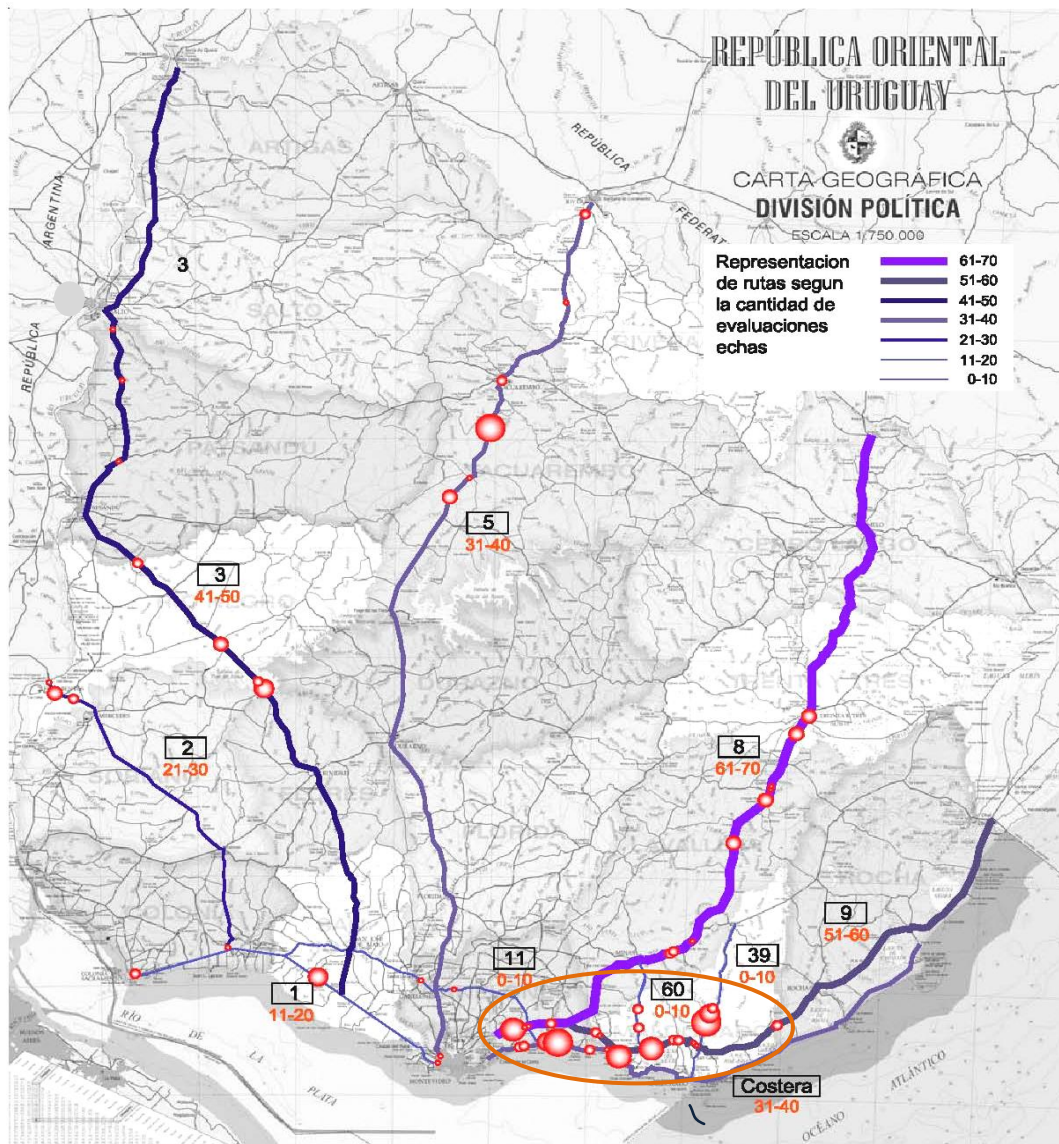


Figura 7 - Carta geográfica del Uruguay con rutas donde realizaron-se inspecciones bajo el régimen de “Contratos de Mantenimiento” + indicadores de “Corrosión de armaduras”

¹ El tamaño relativo de cada esfera marca la cantidad de veces que el juicio “Corrosión de armaduras” es emitido y permite visualizar las áreas donde este muestra una mayor concentración. La diferencia en el trazo de las rutas señala la cantidad de evaluaciones efectuadas.

CONCLUSIONES

Realizado el proceso general de la información en función del objetivo explicitado, enuncian-se a continuación las siguientes conclusiones:

- de los 712 puentes contenidos en la lista suministrada por el MTOP, 147 han sido efectivamente inspeccionados (20.6 %);
- en los 147 puentes elaboraron-se 93 informes que contienen 313 evaluaciones donde se detallan 693 juicios;
- estos 693 juicios son de 44 tipos, estando 42 de ellos directamente relacionados con el hormigón armado;
- entre los no vinculados al material principal (2), predominan juicios que describen daños como; “Deterioros en la silicona de las juntas”, “Vegetación en terraplenes” etc.;
- entre los que detallan daños referidos al hormigón (42), prevalecen “Armadura expuesta”, “Manchas de humedad” y “Disgregación”;
- asociadas en una las categorías que detallan “Corrosión de armaduras”, constata-se que la misma predomina sobre las demás, congregando solo ella casi una tercera parte de los casos;
- valorados los componentes afectados destaca-se que los principales son “Tablero” y “Protección lateral”, quienes presentan mayormente “Armadura expuesta”. A estos les siguen “Veredas” y “Drenajes” con problemas de “Manchas de humedad” y “Pilas” con “Fisuras”;
- contemplada el área donde el daño “Corrosión de armaduras” muestra una mayor significación, observa-se que los casos se concentran mayormente en la zona costera sur, tramo que es determinado por el final del Rio de la Plata y el inicio del Océano Atlántico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] BRANCO F. Prologo. En: Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto. San Pablo: Paulo Helene y Fernanda Pereira editores, 2007. p 10-11
- [2] RIO BUENO, A. Patología, Reparación y Refuerzo de Estructuras De Hormigón Armado de Edificación. Informe inédito. Departamento de Estructuras de Edificación E.T.S. de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid: [s.n.], 2005, p 4-6
- [3] MANCIO M.; ZHANG J; MONTEIRO M. Nondestructive surface measurement of corrosion of reinforcing steel in concrete. 2004. Disponible en <<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ircpubs> > Acceso el 10 / 2 / 2012.p 2-3
- [4] TAUS V.; DI MAIO A.A.; TRAVERSA L.P. Sorptivity: Parameter for the Evaluation of Cover Concrete Quality En: Quality of Concrete Structures and Recent Advances in Concrete Materials and Testing, Olinda-PE. 2005. p 121-134
- [5] FARIAS DE MEDEIROS M; HELENE P. Durabilidad e protección do concreto armado. 2009. Disponible en: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/151/artigo-durabilidade-e-protecao-do-concreto-armado-154416-1.asp>. Acceso el 10 / 3/ 2010. p 1-2
- [6] PEREIRA F.; HELENE P. Reparación de Estructuras. En: Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto. San Pablo: Paulo Helene y Fernanda Pereira editores, 2007 a. p 321-366