

6 Conclusions

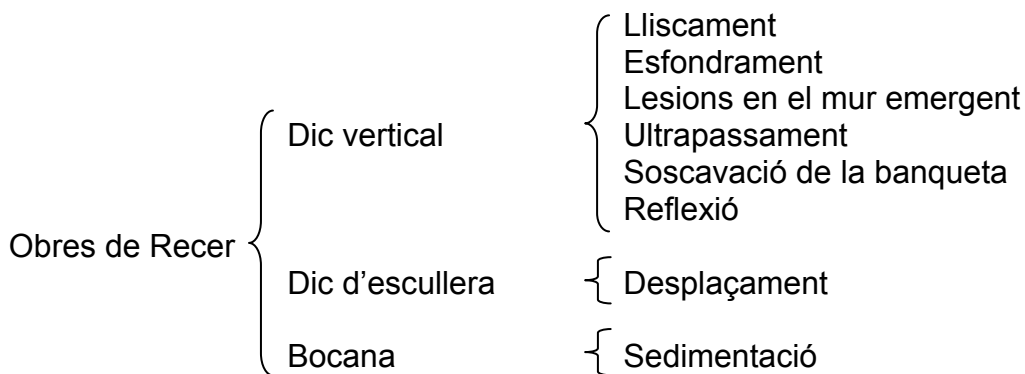
La diferència entre manteniment preventiu i correctiu radica en què el primer es basa en la realització d'un manteniment periòdic fonamentat en un control i supervisió de la infraestructura que evita que aquesta arribi a l'estat d'avaría. En canvi, el segon consisteix en actuar un cop la infraestructura està avariada.

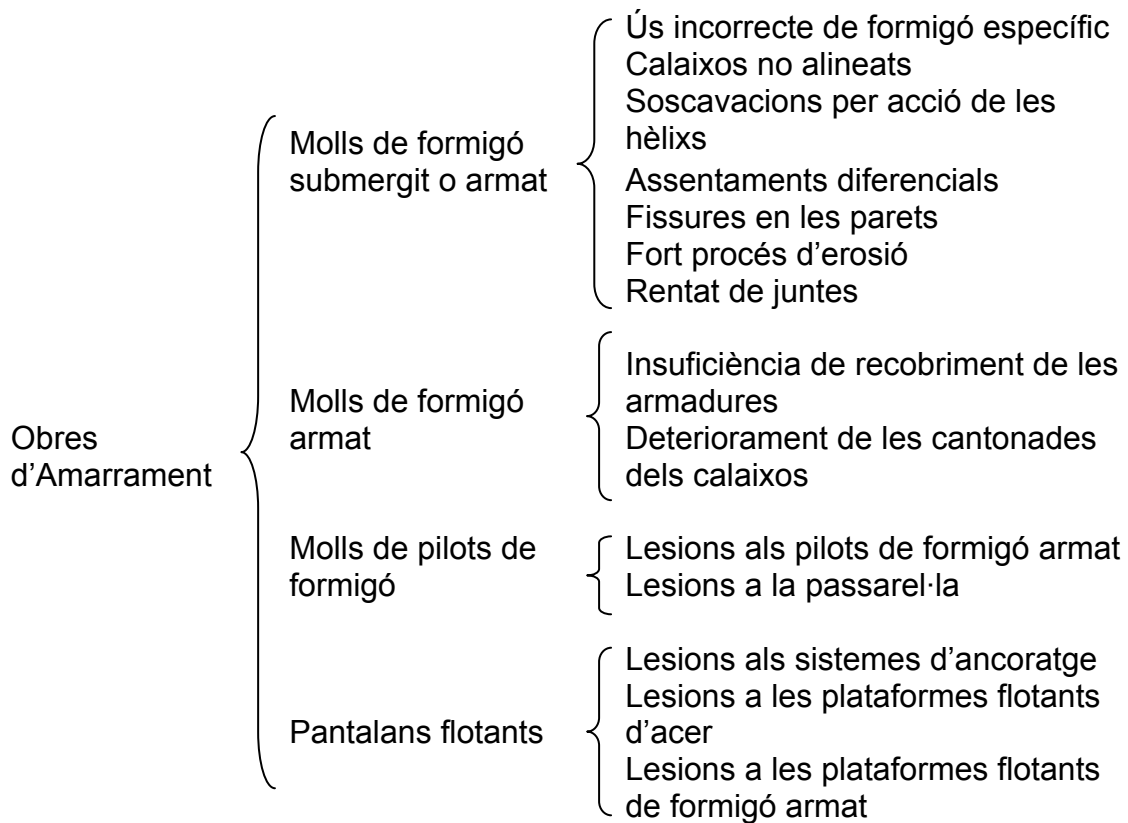
Així doncs, la falta de manteniment preventiu en les infraestructures comporta un ràpid deteriorament d'aquestes que implica una augment de risc d'accidents del seus usuaris i una disminució de la seva eficiència. A més, si a això li afegim el fort ambient agressiu a què està sotmès un port esportiu i la dificultat de les seves reparacions, són aquests els motius principals que han portat a redactar aquesta tesina.

Primer de tot, a partir d'alguns ports esportius del litoral català s'han definit els elements bàsics a considerar:

- Obres de Recer:
 - Dic d'escullera
 - Dic vertical amb escullera semisubmergida
- Obres d'Amarrament:
 - Moll de formigó submarí
 - Moll de calaixos de formigó
 - Pantalans flotants
 - Pantalans de lloses de formigó pretesat sobre pilones de formigó

Posteriorment, s'ha fet un recull d'algunes de les lesions més típiques dels diferents elements a estudiar:





I a partir de l'anàlisi dels diferents elements d'un port esportiu i de les seves avaries més freqüents s'han determinat alguns paràmetres que poden ser de gran utilitat per la detecció d'aquestes avaries quan encara estan en estat de patologia inicial o avançat, és a dir, amb caràcter preventiu o correctiu. Aquests paràmetres a controlar, diferents per a cada element del port, venen acompanyats de la unitat de mesura que es recomana emprar per tal de discernir entre actuació preventiva i correctiva. Finalment aquestes s'acompanyen amb un apartat d'observacions.

Com a exemple podem agafar el cas de l'escullera, on es recomanen paràmetres diferents per al cas preventiu i correctiu. En el primer cas, el paràmetre "número de blocs extrets" es mesura en % i el seu valor preventiu se situa entre el 5 i el 10 %. Com a observació s'afegeixen les conseqüències visuals que té l'extracció d'aquests primers blocs: "Comencen a veure's clarament els forats en la primera capa de blocs i la deformació del talús". En canvi, quan es dona el cas que s'ha eliminat la primera capa de blocs en una àrea mínima de 3x3 blocs, es pot considerar que la seva reparació formarà part d'un manteniment correctiu, ja que l'avaria tindrà unes conseqüències importants en l'estructura. Com a observació es remarca que aquest estat facilita l'extracció dels blocs de la segona capa i que sovint no és una avaria generalitzada, sinó que es concentra en àrees determinades. En el cas de l'escullera, els paràmetres a avaluar són els mateixos per a inspeccions terrestres que subaquàtiques, però en molts altres elements es recomana utilitzar paràmetres diferents, específics per a cada cas concret. Si es vol una informació més detallada sobre l'element i les seves avaries, a l'apartat

Típiques lesions al dic d'Escullera es pot trobar més informació sobre el tema reforçada amb imatges de diferents ports.

A continuació es mostren les taules resum amb tots els paràmetres recomanats per a inspeccions subaquàtiques (taula 51) i per a inspeccions terrestres (taula 52) en funció dels elements d'un port esportiu considerats en aquesta tesina.

TAULA RESUM DE PARÀMETRES SUBAQUÀTICS								
Paràmetre	Unitat	Preventiu			Correctiu			Observacions
DIC VERTICAL								
Número de blocs extrets	%	5 – 10						Comencen a veure's clarament els forats en la primera capa de blocs i la deformació del talús.
Eliminació de la primera capa de blocs	-				En un àrea mínima de 3x3 blocs			Els blocs de la segona capa poden ser extrets fàcilment pel flux. Concentrat en determinades àrees.
ESCULLERA								
Número de blocs extrets	%	5 – 10						Comencen a veure's clarament els forats en la primera capa de blocs i la deformació del talús.
Eliminació de la primera capa de blocs	-				En un àrea mínima de 3x3 blocs			Els blocs de la segona capa poden ser extrets fàcilment pel flux. Concentrat en determinades àrees.
ESTRUCTURES DE FORMIGÓ								
Profunditat erosionada	mm	10			20			
Obertura entre calaixos	mm perpendiculars a la junta	30			50			
Desalineació	mm paral·lels a la junta	30			50			
Assentament	cm	2			5			
Obertura fissura	mm	2			5			
Volum soscavat	m ³	0,1			1			També es poden mesurar les inclinacions del moll
		Molt	Mig	Poc	Molt	Mig	Poc	
Àrea erosionada	-	-	X	XX	X	XX	XXX	
		IIIa	IIIb	IIIc	IIIa	IIIb	IIIc	
Resistència del formigó	N/mm ²	30	35	35	25	30	30	
Màxima relació a/c	-	0,5	0,45	0,45	0,6	0,5	0,5	
Mínim contingut de ciment	Kg/m ³	300	325	350	275	300	325	
Ultrasons per fissuració	m/s	4000			3000			
Profunditat màxima de penetració d'aigua	mm	50			60			

Paràmetre	Unitat	Preventiu	Correctiu	Observacions
Profunditat mitja de penetració d'aigua	mm	30	40	
ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT				
Recobriments	mm	Recobriments màxims de la taula 19	Recobriments mínims de la taula 19	
Contingut de clorurs sobre pes de ciment	%	0,2	0,4	En estructures pretesades no hauria de superar el valor preventiu.
Porositat	%	10	15	
Profunditat màxima de penetració d'aigua	mm	50	60	
Profunditat mitja de penetració d'aigua	mm	30	40	
Coefficient de permeabilitat a l'oxigen	m ²	1,5x10 ⁻⁶	3x10 ⁻⁶	
Resistivitat	Ωm	500	100	
Intensitat de corrosió	μA/cm ²	0,5	1	A partir de 0,1 μA/cm ² es despassiva l'armadura
Pèrdua de secció	%	5	10	
Profunditat de carbonatació	mm	Inferior al recobriments de formigó	Superior al recobriments de formigó	
ESTRUCTURES D'ACER				
Angle de la cadena amb el sòl	°	3	6	Superior en ancoratges per gravetat
Espessor capa protectora epòxid	mm	0,2	0,1	
Espessor capa protectora metàl·lica	mm	0,1	0,05	
Pes d'ànode consumit	%	65	85	

Taula 51: Taula resum de paràmetres subaquàtics.

TAULA RESUM DE PARÀMETRES TERRESTRES				
Paràmetre	Unitat	Preventiu	Correctiu	Observacions
DIC VERTICAL				
Distància del desplaçament	m	0,20	0,50	El desplaçament pot provocar fissures o trencaments en l'estructura o estructures adjacents.
Desplaçament vertical	m	0,20	0,50	El desplaçament pot provocar fissures o trencaments visibles en l'estructura o estructures adjacents
Desplaçament horitzontal	cm	5	20	
Ultrapassament mig Q	l/s/m d'ample	0,001	0,03	Dic amb activitat al seu extradós
Ultrapassament mig Q	l/s/m d'ample	2	50	Dic sense activitat al seu extradós
Desplaçament vertical del dic	m	0,20	0,50	
Plànol amb corbes d'isoagitació i coeficient d'agitació mig per zones (K_i)	-	-	Estudi costós només valorable a realitzar si s'aprecia una agitació excessiva.	
ESCULLERA				
Número de blocs extrets	%	5 – 10		Comencen a veure's clarament els forats en la primera capa de blocs i la deformació del talús.
Eliminació de la primera capa de blocs	-		En un àrea mínima de 3x3 blocs	Els blocs de la segona capa poden ser extrets fàcilment pel flux. Concentrat en determinades àrees.
BOCANA				
Temps màxim d'inoperativitat en hores	h/any	10	20	
	h/mes	2	4	
	h consecutives	1	2	
Temps màxim d'inoperativitat en núm. de vegades	A l'any	1	2	
	Al mes	1	2	
	Tancaments successius ininterromputs	2	4	

Paràmetre	Unitat	Preventiu			Correctiu			Observacions
ESTRUCTURES DE FORMIGÓ								
Profunditat erosionada	mm	10			20			
Obertura entre calaixos	mm perpendiculars a la junta	30			50			
Desalineació	mm paral·lels a la junta	30			50			
Assentament	cm	2			5			
Obertura fissura	mm	2			5			
Volum soscavat	m ³	0,1			1			També es poden mesurar les inclinacions del moll
		Molt	Mig	Poc	Molt	Mig	Poc	
Àrea erosionada	-	-	X	XX	X	XX	XXX	
		IIIa	IIIb	IIIc	IIIa	IIIb	IIIc	
Resistència del formigó	N/mm ²	30	35	35	25	30	30	
Màxima relació a/c	-	0,5	0,45	0,45	0,6	0,5	0,5	
Mínim contingut de ciment	Kg/m ³	300	325	350	275	300	325	
Ultrasons per fissuració	m/s	4000			3000			
Profunditat màxima de penetració d'aigua	mm	50			60			
Profunditat mitja de penetració d'aigua	mm	30			40			
ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT								
Recobriments	mm	Recobriments màxims de la taula 19			Recobriments mínims de la taula 19			
Contingut de clorurs sobre pes de ciment	%	0,2			0,4			En estructures pretesades no hauria de superar el valor preventiu.
Porositat	%	10			15			
Profunditat màxima de penetració d'aigua	mm	50			60			
Profunditat mitja de penetració d'aigua	mm	30			40			
Coefficient de permeabilitat a l'oxigen	m ²	1,5x10 ⁻⁶			3x10 ⁻⁶			
Resistivitat	Ωm	500			100			
Intensitat de corrosió	µA/cm ²	0,5			1			A partir de 0,1 µA/cm ² es despassiva l'armadura
Pèrdua de secció	%	5			10			

Paràmetre	Unitat	Preventiu	Correctiu	Observacions
Profunditat de carbonatació	mm	Inferior al recobriments de formigó	Superior al recobriments de formigó	
ESTRUCTURES D'ACER				
Angle de la cadena amb el sòl	°	3	6	Superior en ancoratges per gravetat
Espessor capa protectora epòxid	mm	0,2	0,1	
Espessor capa protectora metàl·lica	mm	0,1	0,05	
Pes d'ànode consumit	%	65	85	

Taula 52: Taula resum de paràmetres terrestres.


Posteriorment s'han proposat les freqüències amb què es recomana realitzar les inspeccions. Per aquests casos s'han diferenciat també les inspeccions subaquàtiques de les terrestres degut a la dificultat d'execució de les primeres.


Com a exemple il·lustratiu es poden prendre les estructures de formigó armat, on per tal de controlar el recobriment de les armadures i deteriorament de les cantonades es recomana realitzar inspeccions de dos tipus:

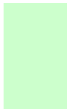
1. *De caràcter bàsic*, inspeccions visuals que només necessiten d'eines mínimes com per exemple càmera de fotos i cinta mètrica.
2. *Completes*, inspeccions visuals que van acompanyades de presa de dades i que necessiten d'una instrumentació més específica i d'uns assajos de laboratori.

Així doncs, es recomana realitzar inspeccions cada 3 anys en el cas subaquàtic alternant inspeccions del primer tipus amb les de segon tipus, de tal manera que en cicles de 6 anys es realitzi una inspecció de cada tipus. Per al cas terrestre en canvi, es recomana fer les inspeccions cada 2 anys de tal manera que en un cicle de 6 anys es combinin dues inspeccions bàsiques amb una completa.


A partir d'aquí llavors s'ha definit un programa d'inspeccions tipus per a 25 anys diferenciant-lo per al cas d'inspeccions subaquàtiques i terrestres (veure taules 53 i 54). S'adjunta a continuació la llegenda de colors utilitzada per la seva correcta interpretació.


 En color vermell estan marcades les inspeccions visuals que necessiten només d'eines mínimes com per exemple càmera de fotos i cinta mètrica.

 En color taronja estan marcades les inspeccions visuals que van acompanyades de presa de dades i que necessiten d'una instrumentació més específica i d'uns assajos de laboratori.

 En color verd clar estan marcades les inspeccions visuals que són necessàries després d'un temporal i que necessiten bàsicament d'un replanteig topogràfic.

 En color verd fosc estan marcades les batimetries a realitzar.

 En color verd poma està marcat el replanteig topogràfic necessari de realitzar en cas de no haver sofert cap temporal en els 5 primers anys.

 El color rosa indica que només és necessari realitzar un plànol d'isoagitació en cas de queixes per part dels usuaris del port.

TAULA RESUM D'INSPECCIONS SUBAQUÀTIQUES																										
Anys	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Dic vertical																										
Soscavació		■			■			■			■			■			■			■			■			
Escullera																										
Desplaçament	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ESTRUCTURES DE FORMIGÓ																										
Dic vertical																										
Molls de formigó submergit																										
Molls de pilots de formigó																										
Molls de formigó armat																										
Formigó per ambients marins			■			■			■			■			■			■			■			■		
Calaixos no alineats			■			■			■			■			■			■			■			■		
Fort procés d'erosió			■			■			■			■			■			■			■			■		
Soscavacions degut a les hèlixs			■			■			■			■			■			■			■			■		
Rentat de juntes			■			■			■			■			■			■			■			■		
Assentaments			■			■			■			■			■			■			■			■		
Fissures			■			■			■			■			■			■			■			■		
ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT																										
Molls de pilots de formigó																										
Molls de formigó armat																										
Insuficiència de recobriment			■			■			■			■			■			■			■			■		
Deteriorament de cantonades			■			■			■			■			■			■			■			■		
Pantalans flotants																										
Pantalà flotant de formigó armat			■			■			■			■			■			■			■			■		
ESTRUCTURES D'ACER																										
Pantalans flotants																										
Ancoratge			■			■			■			■			■			■			■			■		
Pantalà flotant d'acer			■			■			■			■			■			■			■			■		

Taula 53: Taula resum d'inspeccions subaquàtiques.

TAULA RESUM D'INSPECCIONS TERRESTRES																										
Anys	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Dic vertical																										
Lliscament i esfondrament																										
Lesions en el mur emergent																										
Ultrapassament																										
Reflexió																										
Escullera																										
Desplaçament																										
Bocana																										
Sedimentació																										
ESTRUCTURES DE FORMIGÓ																										
Dic vertical																										
Molls de formigó submergit																										
Molls de pilots de formigó																										
Molls de formigó armat																										
Formigó per ambients marins																										
Calaixos no alineats																										
Fort procés d'erosió																										
Soscavacions degut a les hèlixs																										
Rentat de juntes																										
Assentaments																										
Fissures																										
ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT																										
Molls de pilots de formigó																										
Molls de formigó armat																										
Insuficiència de recobriment																										
Deteriorament de cantonades																										
Pantalans flotants																										
Pantalà flotant de formigó armat																										
ESTRUCTURES D'ACER																										
Pantalans flotants																										
Ancoratge																										
Pantalà flotant d'acer																										

Taula 54: Taula resum d'inspeccions terrestres.

L'objectiu d'aquesta tesina és que aquest programa d'inspecció junt amb els paràmetres a avaluar sigui susceptible de ser aplicat a qualsevol port esportiu però sempre tenint en compte les particularitats d'aquest i el seu estat de conservació. És per això que s'ha decidit aplicar-lo en aquesta tesina a un cas real com el del Port Olímpic de Barcelona, tal i com es pot veure a l'Annex 1.

Finalment, només esmentar que entre les avantatges del manteniment preventiu, a part d'augmentar la seguretat i eficiència de la infraestructura, també està la disminució dels costos derivats del manteniment de la infraestructura respecte a un manteniment correctiu. Aquesta visió econòmica del manteniment, tot i no haver-se tractat en aquesta tesina (més enfocada en la visió estructural) està constatada experimentalment en altres infraestructures. Tot i això, es recomana que en un futur es realitzi una tesina comparant el cost econòmic de diferents escenaris d'un manteniment preventiu com el proposat en aquí enfront d'un possible manteniment correctiu, per tal d'així poder avaluar quin tant per cent d'estalvi suposa un respecte l'altre. A més, el fet que el programa de manteniment creat en aquesta tesina per al Port Olímpic de Barcelona sigui susceptible de ser aplicat a la realitat permetria fer un seguiment de la seva evolució i dels seus resultats i poder així millorar el programa de manteniment tipus recomanat en aquesta tesina per a casos posteriors.