

X CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA PORTUARIA

18, 19 Y 20 DE ABRIL 2018 – CIUDAD DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

DIEZ AÑOS DE LA PROLONGACION DE LA ESCOLLERA DEL PUERTO QUEQUEN VALIDANDO HIPOTESIS

Ing. José M. Landa (LANDA INTEC S.R.L)

Ing. Roberto Amarilla (CONSULTORES DICAP S.A.)

Ing. Mario Goicoechea (CONSORCIO DE GESTION PUERTO QUEQUEN)

INTRODUCCION

DESCRIPCION DE LA OBRA:

DESCRIPCION DE LA OBRA

Objetivo de la obra

- Las obras de Reparación, Remodelación y Prolongación de la Escollera Sur del Puerto de Quequen se realizaron entre los años 2004 y 2006 de acuerdo al Proyecto Ejecutivo aprobado en el año 2004.
- Comprendió:
 - Reparación: 150 m, entre las progresivas 840,80 y 990,80 m
 - Remodelación: 198 m, entre las progresivas 990,80 y 1188,80m
 - Prolongación: 400 m
- Su objetivo era aumentar la productividad del puerto en cantidad de días habilitado para el ingreso y egreso de buques.

PARAMETROS DE DISEÑO

PARAMETROS IMPUESTOS POR
EL PLIEGO LICITATORIO

- clima de olas,
- trazado de las obras nuevas,
- geometría de la sección,
- coraza con bloques de hormigón del tipo monocapa,
- cotas de coronamiento (niveles mínimos a alcanzar).

INFORMACION ANALIZADA

- Parámetros de diseño
- Modelos Físicos 2D
- Modelos Físicos 3D
- Temporales Reales
- Mediciones Físicas Evolución de la Estructura
- Operatividad

PARAMETROS DE DISEÑO - OLAS

SECTOR REMODELACION

Remodelación

Sector de la Escollera	Progresivas respecto del morro actual	Progresivas respecto inicio escollera	Longitud del Sector	Altura de ola de diseño	Condición de diseño
-	m	m	m	m	-
1N	-348 / -148	840,8 / 1040,8	200	-	Olas difractadas
1S	-348 / -198	840,8 / 990,8	150	5,6	Rompiente
2S	-198 / -20	990,8 / 1168,8	178	6,4	Rompiente
2N	-148 / -20	1040,8 / 1168,8	128	5,5	Hs no rompiente
3S	-20 / 0	1168,8 / 1188,8	20	6,4	Rompiente
3N	-20 / 0	1168,8 / 1188,8	20	5,5	Hs no rompiente

PARAMETROS DE DISEÑO - OLAS

SECTOR PROLONGACION

Prolongación

Sector de la Escollera	Progresivas respecto del morro actual	Progresivas respecto inicio escollera	Longitud del Sector	Altura de ola de diseño	Condición de diseño
-	m	m	m	m	-
4S	18* / 338	1206,8 / 1526,8	320	6,4	Rompiente
4N	18* / 338	1206,8 / 1526,8	320	5,8	Hs no rompiente
5S	338 / 388	1526,8 / 1576,8	50	7,2	Rompiente
5N	338 / 388	1526,8 / 1576,8	50	7,2	Rompiente
Morro	388 - 400	1576,8 / 1588,8	12	7,2	Rompiente

(*) Las progresivas indicadas se refieren a la intersección de los ejes de los tramos Remodelación y Prolongación.

MODELOS FISICOS 2D

ESCENARIOS MODELADOS

5 secciones tipo, correspondientes a:

Remodelación: perfil 117 lado mar (Core-Loc® de 3.9m³), coronado a la +8.80m y con altura de ola de diseño de 6.40m.

- Remodelación: perfil 117 lado canal (Core-Loc® de 2.4m³), coronado a la +5.50m y con altura de ola de diseño de 5.50m.
- Prolongación: progresiva 80 (Core-Loc® de 6.2m³), coronada a la +10.50m y con altura de ola de diseño de 6.40m.
- Prolongación: progresiva 280 (Core-Loc® de 6.2m³), coronada a la +10.50m y con altura de ola de diseño de 6.40m.
- Prolongación: progresiva 360 (Core-Loc® de 8.5m³) con y sin formación de un banco sedimentológico enfrente de la escollera, coronada a la +11.00m y con altura de ola de diseño de 7.20m.

Cada sección se ensayó para distintas alturas de ola de diseño crecientes, dos períodos (12s y 15s) y dos alturas de marea (+0,00m y +3,2m) a fin de observar su comportamiento frente a sollicitaciones crecientes.

MODELOS FISICOS 2D

RESULTADOS

- Para la sección 117 lado mar no se detectaron averías en ninguna capa para ninguna condición de ensayo.
- Para la sección 117 lado canal se detectaron averías en la capa de Coreloc de $2,4\text{m}^3$ para la condición $H_s = 6,99\text{m}$, $T_p = 15\text{s}$ y Nivel del mar = $+3,2\text{m}$
- La progresiva 80 no muestra daños en la coraza exterior ni en el pie para cualquier condición ensayada. Presenta daños menores en el antepie
- La progresiva 280 no muestra daños en ninguna de sus capas para cualquier condición ensayada (habiendo incluso alcanzado la condición de ensayo $H_s = 8,22\text{m}$, $T_p = 15\text{s}$ y Nivel del mar = $+3,2\text{m}$)
- La progresiva 360 solo muestra daños en la capa de Coreloc de $8,5\text{m}^3$ al alcanzar la condición de ensayo $H_s = 8,78\text{m}$, $T_p = 15\text{s}$ y Nivel del mar = $+3,2\text{m}$
- Se ensayaron condiciones de ola superiores a la de diseño.

Sólo recomendaban aumentar el peso de los elementos de 1,8t.

MODELOS FISICOS 3D

ESCENARIOS MODELADOS

- 2 direcciones de incidencia oblicua del oleaje, correspondientes al SE y S.
- Cuatro escalones de altura de ola de energía creciente (siendo la altura de ola de diseño de 7.20m), para dos periodos de pico (12s y 15s) y dos niveles de mar (+0.00m y +3.20m).

MODELOS FISICOS 3D

RESULTADOS

- Para las dos direcciones de incidencia de ola ensayada, los elementos de Core-Loc utilizados (11m^3 , $8,5\text{m}^3$, $6,2\text{m}^3$, $3,9\text{m}^3$ y $2,4\text{m}^3$) resultaron completamente estables aun con la incidencia de oleajes superiores a los de diseño.
- Los elementos naturales de 7t proyectados para el pie mostraban el mismo comportamiento sin daños.
- Sólo se registraban daños para los elementos de antepie de 1,8t, específicamente en el tramo comprendido entre las secciones +40 y +140 de la Prolongación.
- Se ensayaron condiciones de ola superiores a las de diseño.
- Estos resultados eran coincidentes con los obtenidos en los ensayos 2D.
- La observación de daños en las capas de elementos de 1,8t derivó en la recomendación de aumentar el peso de los mismos.

TEMPORALES REALES

DATOS OLIGRAFO
DATOS PREDICTORES DE OLAS

- Datos del olígrafo instalado con la obra desde marzo 2007 hasta julio 2010
- Datos predicción de oleaje desde marzo 2014 hasta marzo 2016

TEMPORALES REALES

Hs > 4m

Temporales con Hs>4m para los períodos analizados

	Hs (m)	Hmax (m)	Tp (s)	Dirección
23/06/2007	3,92	6,16	9,6	197
24/06/2007	4,06	6,36	10,9	191
26/07/2007	4,59	7,21	9,7	196
27/07/2007	4,99	7,78	12,6	184
23/11/2007	4,04	6,36	9,7	196
11/06/2008	4,02	6,3	10,2	189
12/06/2008	3,93	6,17	10,2	190
14/06/2008	3,93	6,2	9,1	195
14/09/2008	4,11	6,29	14,7	155
15/11/2008	4,61	7,22	12	172
16/11/2008	4,13	6,41	12,7	164
31/01/2009	3,98	6,27	9,73	184
01/02/2009	3,95	6,21	10,18	181
24/02/2010	4,19	6,51	8,3	170
14/03/2010	4,09	6,4	10,63	175
15/03/2010	4,46	6,94	10,8	175
12/07/2010	4,15	6,4	12,35	168
25/08/2014	5,43	10,85	10,67	160
26/08/2014	4,89	9,66	11	167
04/11/2014	4,1	8,31	9	193
03/05/2015	4,15	8,23	12	197
23/08/2015	4,01	8,13	9	188
16/10/2015	4,42	8,81	11	188
2016 HASTA MARZO NO SE REGISTRAN TEMPORALES				

MEDICIONES FISICAS EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA

CAMPAÑAS DE MEDICION:

MAYO 2007 – VALORES MEDICION INICIAL

JUNIO 2007

NOVIEMBRE 2007

ABRIL 2008

OCTUBRE 2008

MARZO 2009

SEPTIEMBRE 2009

Relevamiento de puntos fijos de la Escollera Sur de Puerto Quequén					
Punto	Norte	Este	Cota	Prog aprox	Observ.
PF0	1256,415	994,096	6,773		Paralelepip.
PF1	962,424	991,862	9,981	7,40	Bloque Core Loc C2969
PF2	946,818	998,866	10,008	21,40	Bloque Core Loc C513
PF3	933,683	987,691	10,028	36,40	Bloque Core Loc C1245
PF4	908,169	989,520	9,468	61,10	Bloque Core Loc C692
PF5	886,463	976,940	9,075	84,80	Bloque Core Loc C2692
PF6	865,978	982,568	9,589	103,85	Bloque Core Loc C2679
PF7	842,138	969,804	9,636	129,70	Bloque Core Loc C2923
PF8	830,415	973,087	10,183	140,60	Bloque Core Loc C2314
PF9	819,251	967,230	10,108	152,65	Bloque Core Loc C3346
PF10	781,762	966,318	10,327	189,60	Bloque Core Loc C1400
PF11	774,971	957,824	10,263	197,90	Bloque Core Loc C3087
PF12	758,509	960,239	10,186	213,60	Bloque Core Loc C2616
PF13	744,620	953,358	10,368	228,55	Bloque Core Loc C3037
PF14	733,429	954,420	10,339	239,35	Bloque Core Loc C2791
PF15	715,378	949,944	10,176	257,90	Bloque Core Loc C2624
PF16	700,997	952,531	9,944	271,55	Bloque Core Loc C3254
PF17	683,022	948,408	10,652	290,00	Bloque Core Loc C3327
PF18	681,425	941,050	10,793	292,90	Bloque Core Loc C3316
PF19	665,178	943,442	11,157	308,45	Bloque Core Loc D454
PF20	642,765	931,990	11,436	332,60	Bloque Core Loc D4
PF21	626,962	935,883	11,662	347,40	Bloque Core Loc D615
PF22	616,890	924,711	11,342	359,40	Bloque Core Loc D223
PF23	594,598	921,913	11,937	381,80	Bloque Core Loc E333
PF24	599,833	935,799	12,531	374,05	Bloque Core Loc E625
PF25	592,570	928,271	12,643	382,60	Base Baliza

MEDICIONES FISICAS EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA

CAMPAÑAS DE MEDICION:

MAYO 2007 – VALORES MEDICION INICIAL

JUNIO 2007

NOVIEMBRE 2007

ABRIL 2008

OCTUBRE 2008

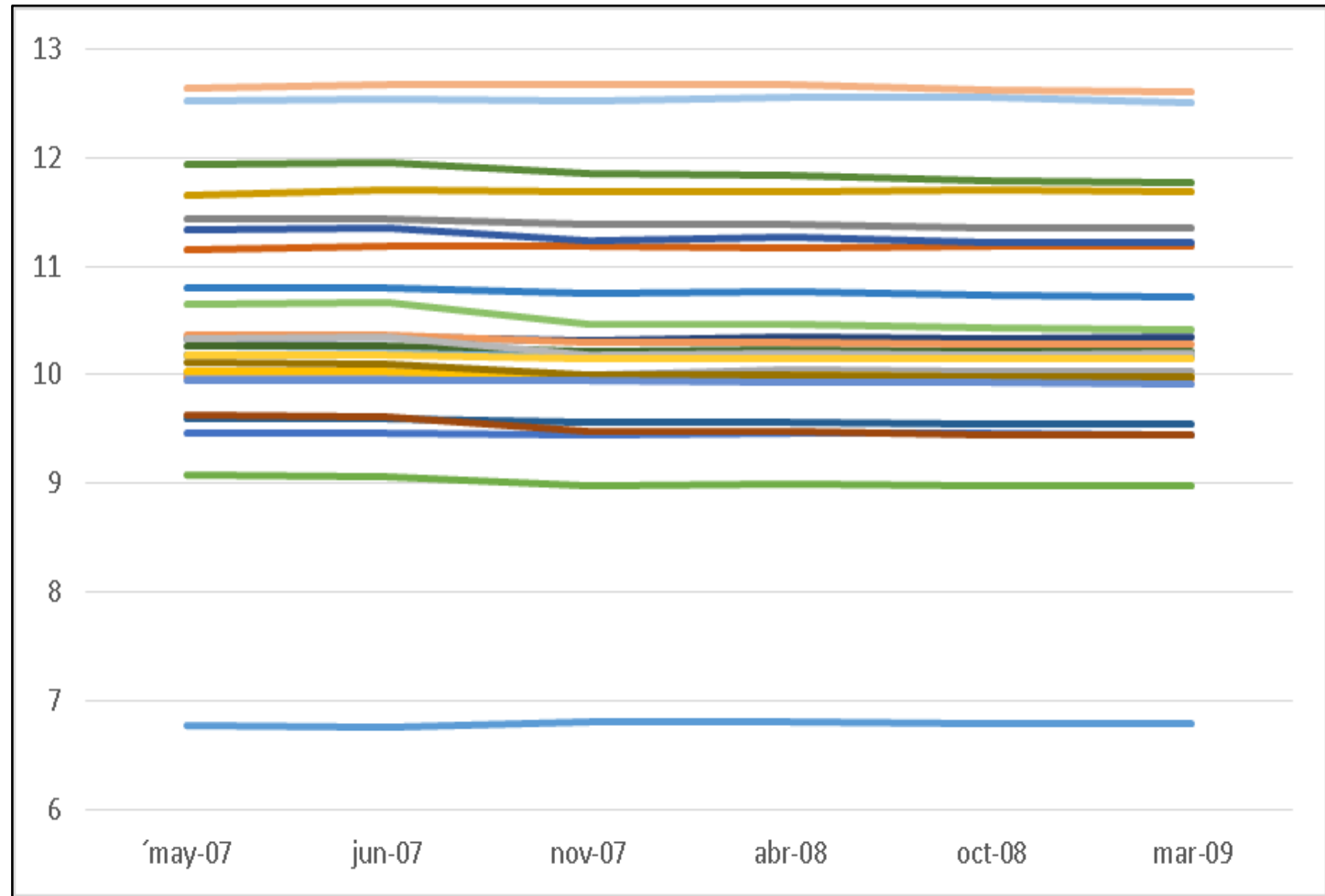
MARZO 2009

SEPTIEMBRE 2009

Punto	Cotas					
	Junio 2007	Noviembre 2007	Abril 2008	Octubre 2008	Marzo 2009	Setiembre 2009
PF0	6,711	6,816	6,806	6,795	6,785	6,817
PF1	9,940	9,981	9,982	9,976	9,971	9,999
PF2	9,969	10,011	10,046	10,032	10,034	10,052
PF3	9,992	9,987	9,995	9,984	9,981	9,936
PF4	9,428	9,461	9,459	9,462	9,449	9,477
PF5	9,026	8,993	8,997	8,980	8,972	8,945
PF6	9,550	9,567	9,569	9,551	9,551	9,572
PF7	9,576	9,484	9,486	9,454	9,451	9,448
PF8	10,145	10,193	10,190	10,178	10,173	10,211
PF9	10,063	10,006	9,992	9,981	9,980	9,830
PF10	10,305	10,332	10,346	10,338	10,350	10,366
PF11	10,217	10,222	10,237	10,209	10,211	10,180
PF12	10,150	10,183	10,179	10,181	10,178	10,212
PF13	10,317	10,307	10,304	10,281	10,285	10,267
PF14	10,304	10,198	10,197	10,190	10,196	10,150
PF15	10,146	10,159	10,157	10,152	10,143	10,146
PF16	9,906	9,950	9,937	9,927	9,910	9,916
PF17	10,629	10,482	10,465	10,435	10,409	10,392
PF18	10,764	10,756	10,771	10,732	10,712	10,648
PF19	11,140	11,199	11,177	11,182	11,185	11,173
PF20	11,400	11,392	11,384	11,350	11,347	11,336
PF21	11,661	11,696	11,683	11,703	11,688	11,653
PF22	11,310	11,239	11,267	11,225	11,219	11,187
PF23	11,913	11,861	11,846	11,781	11,768	11,700
PF24	12,500	12,534	12,560	12,564	12,509	12,542
PF25	12,625	12,681	12,674	12,623	12,614	12,624

MEDICIONES FISICAS EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA

GRAFICO COMPARATIVO



En el gráfico se aprecia que ninguno de los puntos había sufrido variaciones importantes respecto de sus cotas originales entre la medición inicial y cada campaña posterior.

OPERATIVIDAD

DIAS OPERATIVOS EN FUNCION
DE ALTURA DE OLAS

RESTRICCIONES A LA OPERACION

- Ordenanza Marítima 1/74 – PNA (Hs < 1m)
- Disposición QUEQ, RB6 N°246/06 – PNA (Hs < 1,85m // Hs < 2,1m)
- Disposición QUEQ, RB6 N°09/07 – PNA
- Disposición QUEQ, RB6 N°124/07 – PNA
- Disposición QUEQ, RB6 N°199/07 – PNA (Hs < 1,8m // Hs < 2,1m // Hs < 2,4m // Hs < 2,7m)
- Disposición QUEQ, RB6 N°159/09 – PNA (Hs < 1,8m // Hs < 2,1m // Hs < 2,4m // Hs < 2,7m)

OPERATIVIDAD

DIAS OPERATIVOS EN FUNCION
DE ALTURA DE OLAS

DIAS OPERATIVOS

Según distintas limitaciones por altura de olas según
Disposiciones PNA

	Hs < 1m	Hs < 1,80m	Hs < 1,85m	Hs < 2,1m	Hs < 2,4m	Hs < 2,7m
2007	194	308	312	333	348	355
2008	209	311	316	335	347	355
2009	229	333	336	348	354	359

OPERATIVIDAD

ESTADISTICAS CONSORCIO
GESTION PUERTO QUEQUEN

20/4/2018

Estado del Puerto

Desde 01/01/2014 Hasta 31/12/2014

<u>Totales</u>			
<u>Estado</u>	<u>Dias</u>	<u>Horas</u>	<u>Minutos</u>
Operable	267	10	21
Restringido	45	20	32
Cerrado x Viento	32	12	26
Restr. PNA Res. 51/14	11	13	15
Cerrado x Niebla	7	15	25

Estado del Puerto

Desde 01/01/2016 Hasta 31/12/2016

<u>Totales</u>			
<u>Estado</u>	<u>Dias</u>	<u>Horas</u>	<u>Minutos</u>
Operable	295	22	32
Restringido	52	18	30
Cerrado x Viento	16	0	22
Cerrado x Niebla	1	6	35

Estado del Puerto

Desde 01/01/2015 Hasta 31/12/2015

<u>Totales</u>			
<u>Estado</u>	<u>Dias</u>	<u>Horas</u>	<u>Minutos</u>
Operable	295	4	48
Restringido	47	8	20
Cerrado x Viento	18	8	25
Cerrado x Niebla	4	2	26

Estado del Puerto

Desde 01/01/2017 Hasta 31/12/2017

<u>Totales</u>			
<u>Estado</u>	<u>Dias</u>	<u>Horas</u>	<u>Minutos</u>
Operable	286	21	39
Restringido	59	2	10
Cerrado x Viento	14	14	40
Cerrado x Niebla	3	8	50
Restringido/Correntada	1	0	40

OPERATIVIDAD

ESTADISTICAS CONSORCIO DE
GESTION PUERTO QUEQUEN

	ESTADO OPERATIVO (días)		
	SIN RESTRICCIONES	CON RESTRICCIONES	TOTAL
2014	267	46	313
2015	295	47	342
2016	295	52	347
2017	286	59	345

RESULTADOS

- Estructura frente a los temporales
- Operatividad

RESULTADOS

ESTRUCTURA FRENTE A LOS
TEMPORALES

- En los períodos analizados el temporal más crítico acaecido fue el 25 de Agosto de 2014, con una altura de ola significativa, en promedio, $H_s = 5,43$ m. Los otros parámetros, en promedio, fueron:

$$H_{\max} = 10,85 \text{ m}$$

$$T_p = 10,67 \text{ s}$$

- Estos valores son inferiores a la altura de ola de diseño y las condiciones de temporal asociadas:

$$H_s = 7,2 \text{ m}$$

$$T_p = 12 \text{ a } 15 \text{ s}$$

- Las mediciones realizadas en la escollera en el período 2007 – 2009 no evidencian daños o asentamientos significativos.

RESULTADOS

OPERATIVIDAD

- Se pasó de 1m de H_s previa a la ejecución de la obra a un máximo de 2,7m (con limitaciones) en la actualidad.
- Este cambio, muy significativo, hizo que el puerto alcance actualmente índices de operatividad de 336 días en los últimos años.
- Este valor prácticamente duplica la operatividad previa a las obras.

CONCLUSIONES

- La hipótesis del aumento de operatividad del Puerto de Quequén, que constituyó el objetivo principal de la ejecución de la obra, resultó validado y la solución adoptada aportó un incremento de los días operativos muy importante llegando a duplicar la media existente antes de la ejecución de la obra.
- En los períodos relevados (mayo 2007 - marzo 2009) no se midieron variaciones significativas en las posiciones de los elementos estructurales.
- Los elementos de coraza soportaron bien los temporales acaecidos hasta marzo 2009.
- Las hipótesis de diseño de los elementos de la escollera, tanto de la remodelación como de la prolongación, han resultado válidos hasta esa fecha.
- Cabe destacar que en los períodos analizados la escollera no ha soportado ninguna tormenta equivalente a la de diseño.
- Se recomienda retomar un plan de seguimiento de la evolución estructural de la escollera de acuerdo al plan original a fin de contar con datos que permitan prever la necesidad de reparaciones y estudiar mejor su comportamiento frente a los temporales que se produzcan.

MUCHAS GRACIAS

Ing. José M. Landa (ing_landa@yahoo.com.ar)

Ing. Roberto Amarilla (amarilla@dicap.com.ar)

Ing. Mario Goicoechea (ingemagoico@yahoo.com.ar)