

## ANEXO 3: DIAGNOSIS DE LOS DAÑOS Y TRAMIFICACIÓN.

---

# ANEXO 3: DIAGNOSIS DE LOS DAÑOS Y TRAMIFICACIÓN.

---

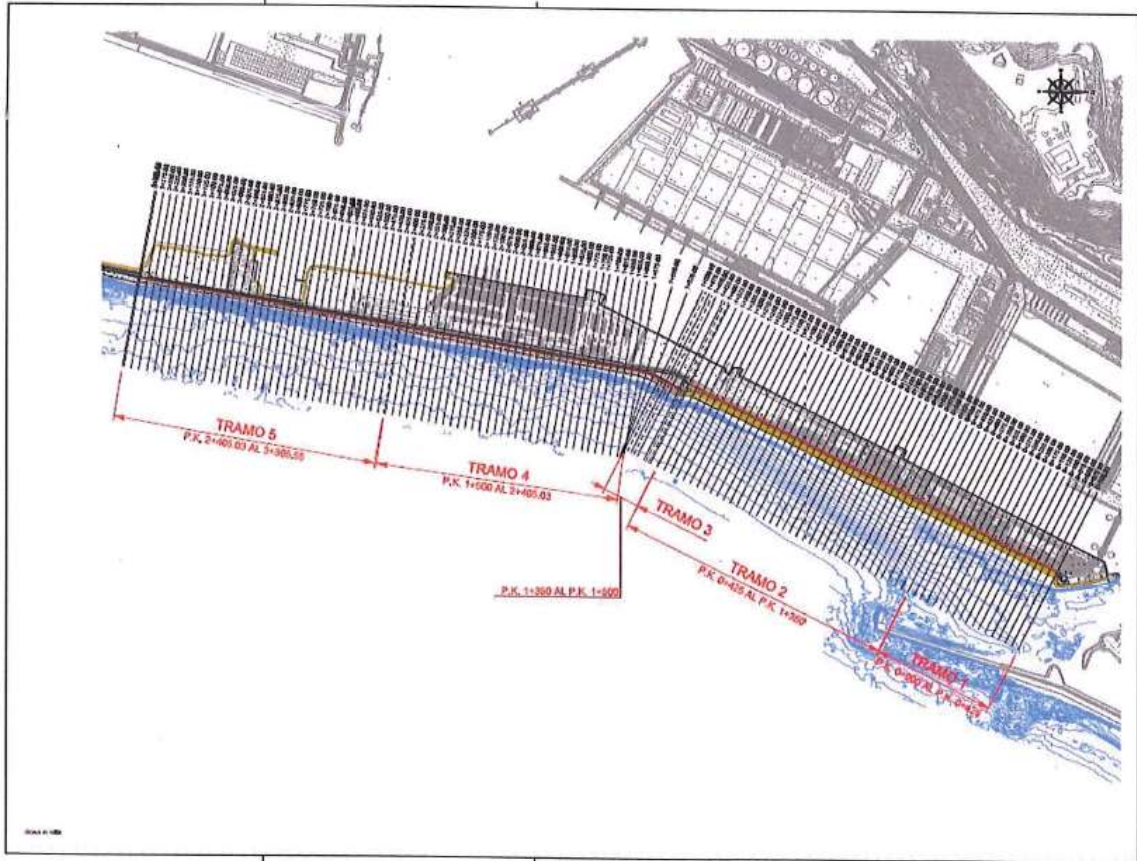
## INDICE

<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>2 2. ESTADO DEL DIQUE DEL ESTE POR TRAMOS Y CONCLUSIONES A PARTIR DE LOS INFORMES.....</b>	<b>49</b>
TRAMO 1 .....	49
TRAMO 2 .....	51
TRAMO 3 .....	55
TRAMO 4 .....	58
TRAMO 5 .....	60
<b>3 TABLA RESUMEN .....</b>	<b>63</b>

## 1. INTRODUCCIÓN.

En el siguiente apartado se analiza el estado actual del dique del Este, informando de los daños que este presenta y apuntando las actuaciones de reparación necesarias.

El dique se puede separar en 5 tramos en función del tipo de construcción como se muestra en la siguiente imagen:



*Imagen 1: Tramificación propuesta según la construcción del manto*

Además, el tramo 2 podría dividirse en subtramos en función de los daños observados y de la cota batimétrica del fondo frente al dique.

A continuación, se incluye una tabla resumen de las características más importantes de cada tramo:

## 2. ESTADO DEL DIQUE DEL ESTE POR TRAMOS Y CONCLUSIONES A PARTIR DE LOS INFORMES.

### 2.1. TRAMO 1

El tramo 1 corresponde al tramo entre los PK 0+000 y 0+450.

La sección tipo teórica es la **ST1**, con **escollera de 6t** en la zona de mareas con un talud 3H:1V. Se comprueba que el **D<sub>50</sub> real es de 7t**, con una variabilidad de pesos importante (se miden escolleras de 4 a 16t).

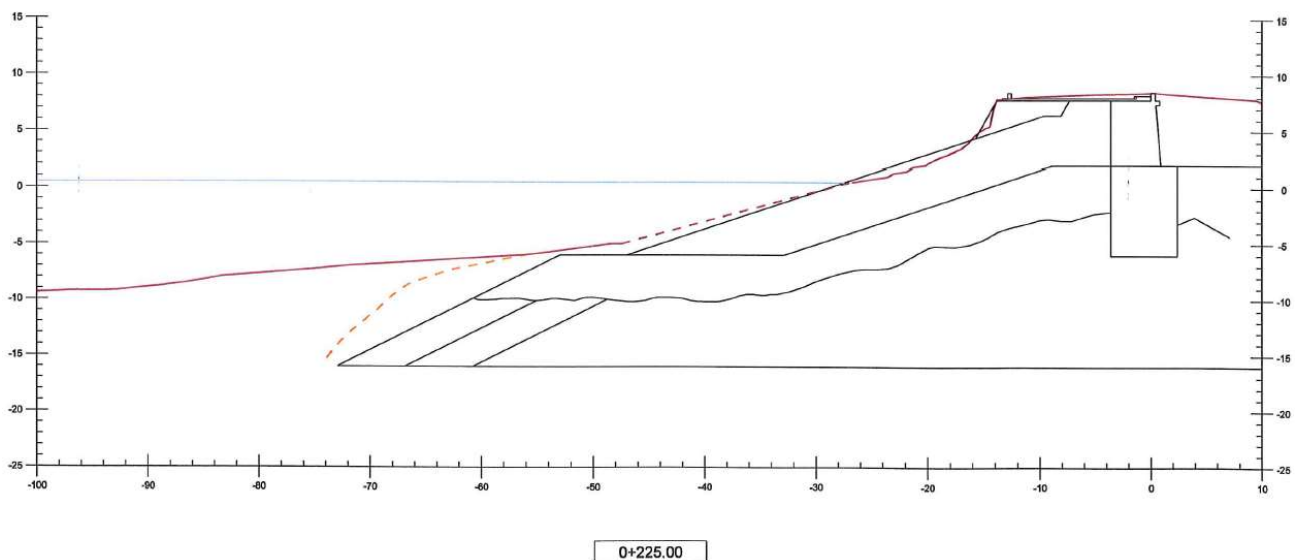
*Según el registro la construcción es anterior al 1920. La protección de escolleras es de los años 50 y la plataforma se generó en 1960.*

La cota de coronación del tramo transitable está sobre la +8.00, con un murete hasta la +8.50.

La cota de cimentación del dique es constante y está sobre la isobata -16.00. No obstante, **la acumulación de materiales frente al talud del dique hace que la profundidad frente a éste esté sobre la -6.00 en todo el tramo.**

El tramo no presenta averías ni rebases destacables, hecho atribuible al abrigo que proporciona el dique de la nueva bocana de entrada al puerto situado al norte del mismo.

No se detectan zonas con importante pérdida de material ni derrames de escollera, concordando muy bien el perfil real con la sección tipo teórica, presentando un sobreancho de material y en algunos puntos una mínima reducción o pérdida de material. Se muestra la sección del perfil 0+225 que es representativa del tramo:



*Imagen 2: Sección del perfil 0+225 en el que podemos ver que se mantiene prácticamente igual que al teórico*

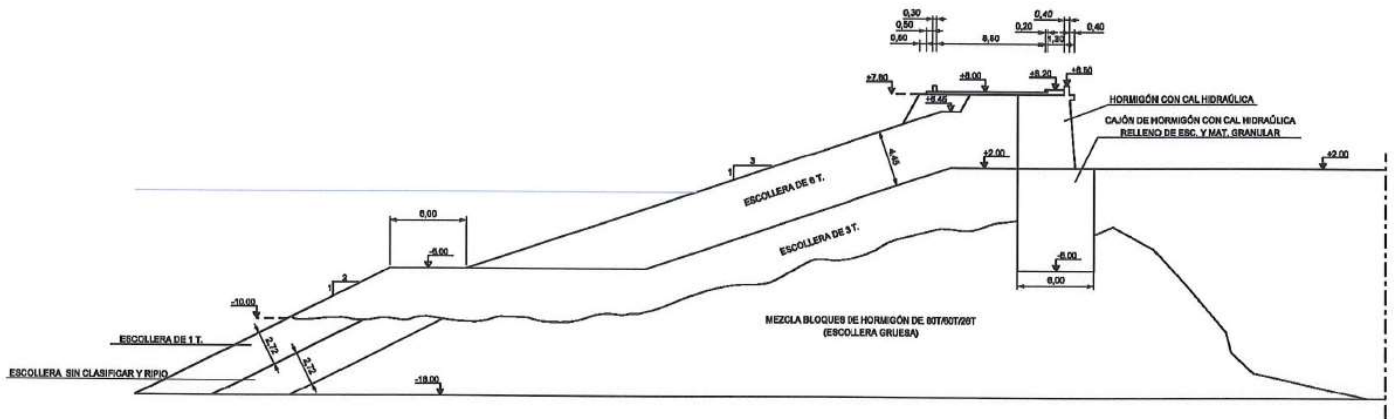
Los daños del tramo 1 son puntuales, concentrados en el tramo entre el PK 0+125 y 0+300.

Además, hay que tener en cuenta que contamos con 3 factores de seguridad adicional:

- El manto de escollera de 6t es tricapa
- El tramo está abrigado por la nueva bocana
- Se está acumulando material, disminuyendo la profundidad a -6.00 en todo el tramo.

**Como consecuencia de todos estos datos se considera que no es necesaria la reparación de los daños puntuales que existen por la seguridad que proporcionan los puntos anteriormente comentados.** Si bien se tendrá que tener en cuenta para el mantenimiento de la operatividad de la dársena al norte de nuestra obra la posibilidad de dragar los materiales que se vayan depositando, no siendo esta parte objeto del proyecto.

La sección teórica de este tramo sería:



**SECCIÓN TIPO 1 (DEL P.K. 0+000 AL P.K. 0+450)**

*Imagen 3: Sección teórica del tramo 1*

## 2.2. TRAMO 2

El tramo 1 corresponde al tramo entre los PK 0+450 y 1+350.

La sección tipo teórica es la **ST2**, con **escollera de 9t** en la zona de mareas con un talud 4H:1V. Se comprueba que el **D<sub>50</sub> real es de 10t**, con una variabilidad de pesos importante (se miden escolleras de 6 a 16t).

*Según el registro la construcción es anterior al 1920. La protección de escolleras es de los años 50 y la plataforma se generó en 1960.*

La cota de coronación del tramo transitable está sobre la +8.00, con un murete hasta la +8.50.

La cota de cimentación del dique es constante y está sobre la isobata -16.00. No obstante, **la acumulación de materiales frente al talud del dique hace que la profundidad frente a éste esté sobre la -6.00 en el perfil 0+450 y a la -15.00 en el perfil 1+350.**

El tramo presenta rebases destacables, al igual que rotura del pavimento (desde el PK 0+900 hasta el PK 1+350) y daños en la terminal marítima D. El PK 0+900 coincide con el punto en el que el dique empieza a notar el resguardo que le produce el dique de abrigo de la nueva bocana con oleajes procedentes de levante.

**El rebase teórico de la sección es de 148l/m/s** para Hs=7.44m y un Tp= 12.2s según formulación analítica (EuroTop):

$$q = 0.2 e^{\left(\frac{-2.3 \cdot R_c}{\gamma_r \cdot H_s}\right)} \sqrt{g H_s^3}$$

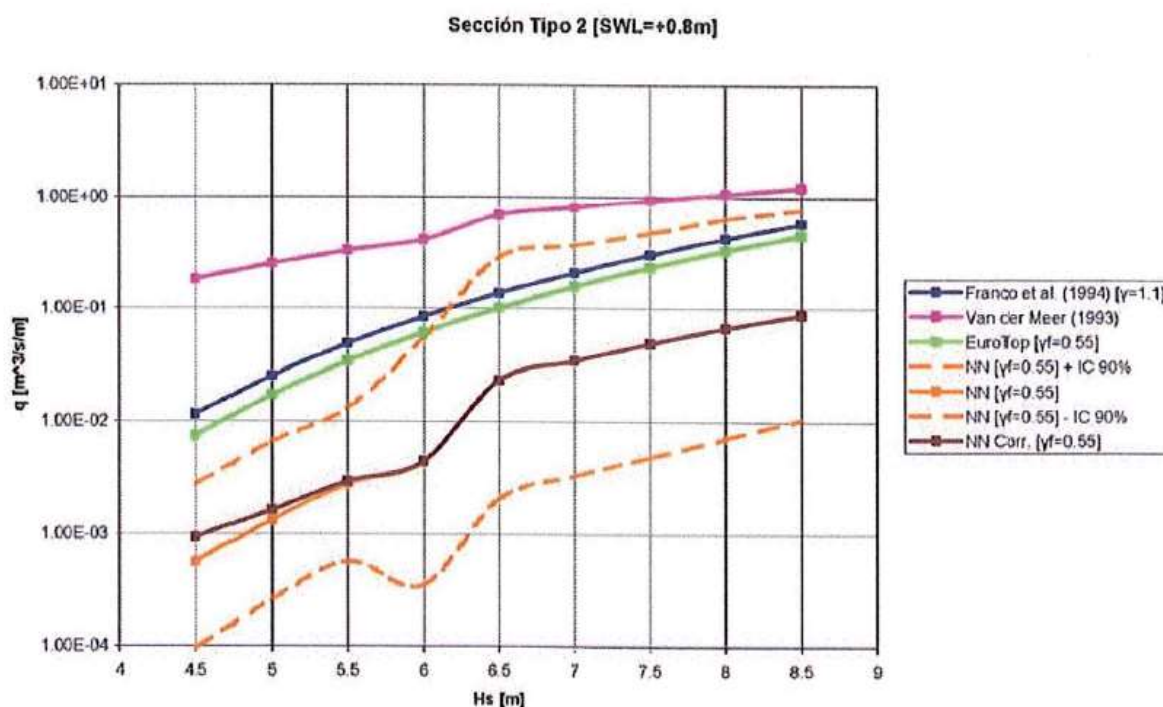


Imagen 4: Cálculo del rebase teórico según distintos autores

El peso de escollera necesario para un talud 4:1,  $H_s = 7.44\text{m}$ , con la formulación de Van der Meer sería de **16t** con el criterio de inicio de averías (solo un 5% de las piezas desplazadas) y de 9t según el criterio limite inferior de daños intermedios (el oleaje puede actuar sobre la 2ª capa del manto):

$H_s$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_z$ (s)	$S_z$	$\cot\alpha$	ens.esco	$\xi_{sc}$	$S_d$		N	duración (t)	P	$\xi_{sc}$	$N_s$	$K_d$	W(T)
6,50	9,17	12,2	0,0281	4,00	2,65	1,492	3,0		2000	6,8	0,40	2,6	3,5187	10,89	11,6
7,00	9,87	12,2	0,0303	4,00	2,65	1,437	3,0		2000	6,8	0,40	2,6	3,5845	11,51	13,8
7,50	10,58	12,2	0,0324	4,00	2,65	1,389	3,0		2000	6,8	0,40	2,6	3,6469	12,13	16,1
8,00	11,28	12,2	0,0346	4,00	2,65	1,345	3,0	inicio de	2000	6,8	0,40	2,6	3,7062	12,73	18,6
8,50	11,99	12,2	0,0367	4,00	2,65	1,304	3,0	averías	2000	6,8	0,40	2,6	3,7628	13,32	21,3
6,50	9,17	12,2	0,0281	4,00	2,65	1,492	8,0		2000	6,8	0,40	2,6	4,2813	19,62	6,5
7,00	9,87	12,2	0,0303	4,00	2,65	1,437	8,0		2000	6,8	0,40	2,6	4,3614	20,74	7,6
7,50	10,58	12,2	0,0324	4,00	2,65	1,389	8,0	límite inferior	2000	6,8	0,40	2,6	4,4372	21,84	8,9
8,00	11,28	12,2	0,0346	4,00	2,65	1,345	8,0	de daños	2000	6,8	0,40	2,6	4,5094	22,92	10,3
8,50	11,99	12,2	0,0367	4,00	2,65	1,304	8,0	intermedios	2000	6,8	0,40	2,6	4,5783	23,99	11,8
6,50	9,17	12,2	0,0281	4,00	2,65	1,492	12,0		2000	6,8	0,40	2,6	4,6430	25,02	5,1
7,00	9,87	12,2	0,0303	4,00	2,65	1,437	12,0		2000	6,8	0,40	2,6	4,7298	26,45	6,0
7,50	10,58	12,2	0,0324	4,00	2,65	1,389	12,0	inicio de	2000	6,8	0,40	2,6	4,8121	27,86	7,0
8,00	11,28	12,2	0,0346	4,00	2,65	1,345	12,0	daños	2000	6,8	0,40	2,6	4,8903	29,24	8,1
8,50	11,99	12,2	0,0367	4,00	2,65	1,304	12,0	intermedios	2000	6,8	0,40	2,6	4,9650	30,60	9,3
6,50	9,17	12,2	0,0281	4,00	2,65	1,492	17,0		2000	6,8	0,40	2,6	4,9779	30,84	4,1
7,00	9,87	12,2	0,0303	4,00	2,65	1,437	17,0		2000	6,8	0,40	2,6	5,0710	32,60	4,9
7,50	10,58	12,2	0,0324	4,00	2,65	1,389	17,0		2000	6,8	0,40	2,6	5,1592	34,33	5,7
8,00	11,28	12,2	0,0346	4,00	2,65	1,345	17,0	inicio de	2000	6,8	0,40	2,6	5,2431	36,03	6,6
8,50	11,99	12,2	0,0367	4,00	2,65	1,304	17,0	rotura	2000	6,8	0,40	2,6	5,3232	37,71	7,5

Imagen 5: Cálculo según formulación de Van der Meer para distintas alturas de ola y escenarios previstos

Como este tamaño de escollera empieza a ser difícil de encontrar se propondrá utilizar o bien bloques de hormigón o Cubípodos para subsanar los daños.

No se detectan zonas con importante pérdida de material ni derrames de escollera del talud.

Del PK 0+450 al 0+700 (coincide con la profundidad de -6.00 metros) el perfil real se ajusta de manera casi perfecta con la sección teórica tipo del proyecto, presentando sobreancho de material y en algunos puntos una disminución mínima de material. Como perfil representativo de esta zona podría ser el PK 0+550:

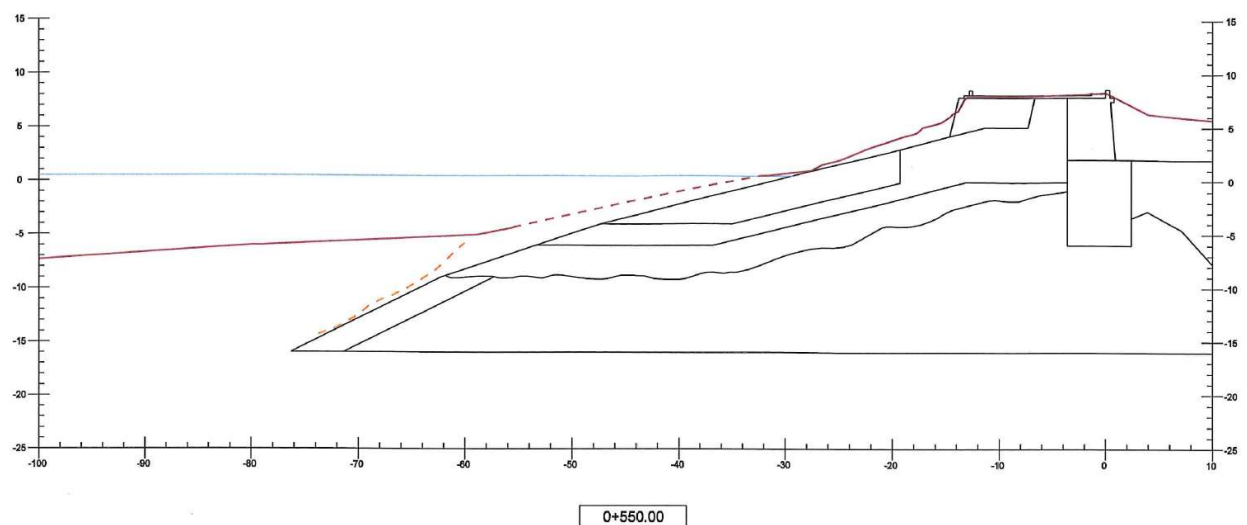


Imagen 6: Perfil del PK0+550 representativo del tramo 2.1



Del perfil 0+725 hasta el perfil 1+150 (profundidad de -6.00 a la -11.00) el perfil real sigue ajustándose bien con el teórico, pero empieza a presentar tramos con cierta pérdida de material, con profundidades que van de 0.50 a 1.50 metros según los perfiles. De este tramo sería representativo el perfil 0+975:

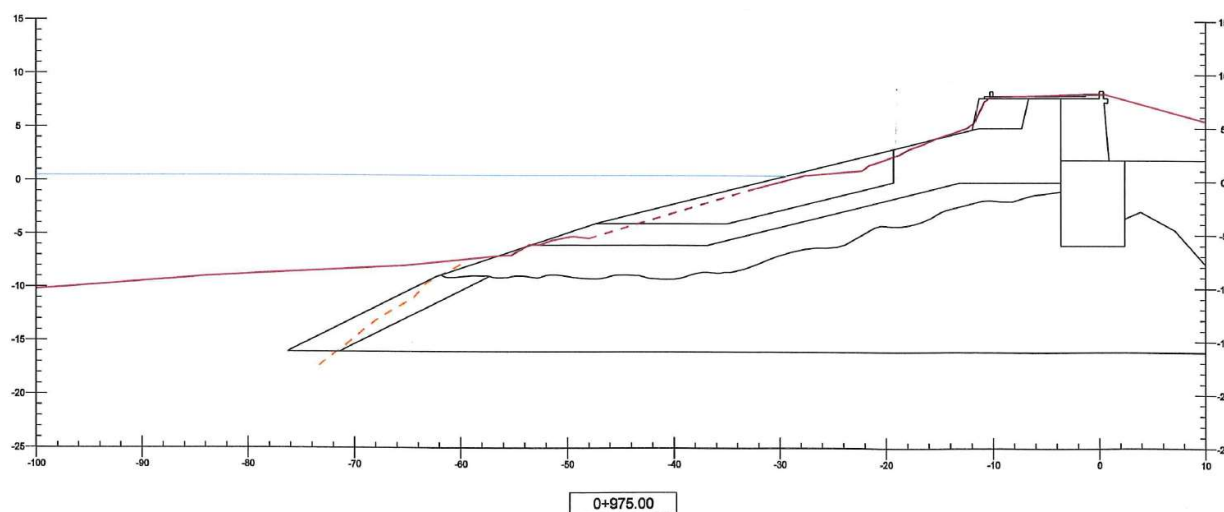


Imagen 7: Perfil del PK0+975 representativo del tramo 2.2

Desde el perfil 1+175 al 1+350 (profundidades desde la -11.50 a la -15.00) el perfil real sigue pareciéndose a la sección tipo teórica pero ya empieza a presentar tramos con una considerable pérdida de material, con profundidades comprendidas entre los 0.50 y 2.00 metros según los perfiles. Además, presenta pérdidas de escollera de la base del talud de hasta 3 metros de profundidad. Como perfil representativo se escoge el 1+250:

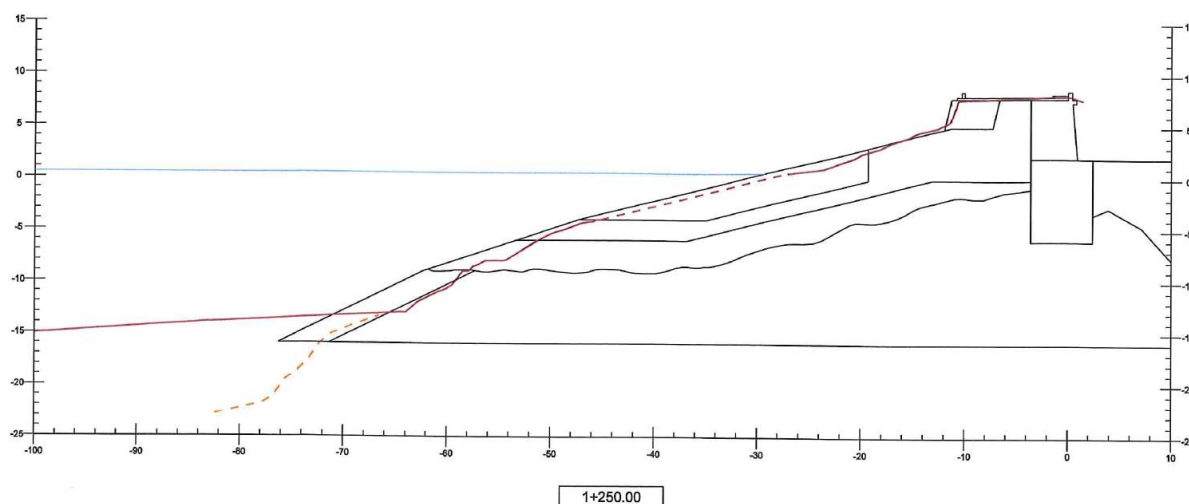


Imagen 8: Perfil del PK 1+250 representativo del tramo 2.3

Como hemos visto los daños del tramo 2 se encuentran en los tramos 2.2 y 2.3 (desde el PK 0+700 hasta el 1+350). En el tramo 2.2 se puede ver que la falta de material es continua en toda la sección y con espesores aproximados de 1 capa de escollera. Mientras que en el tramo 2.3 los daños se encuentran en la zona sumergida e incluso en el pie del talud, desapareciendo o siendo modificado de como estaba diseñado en la sección tipo.



Las consideraciones para este tramo serían:

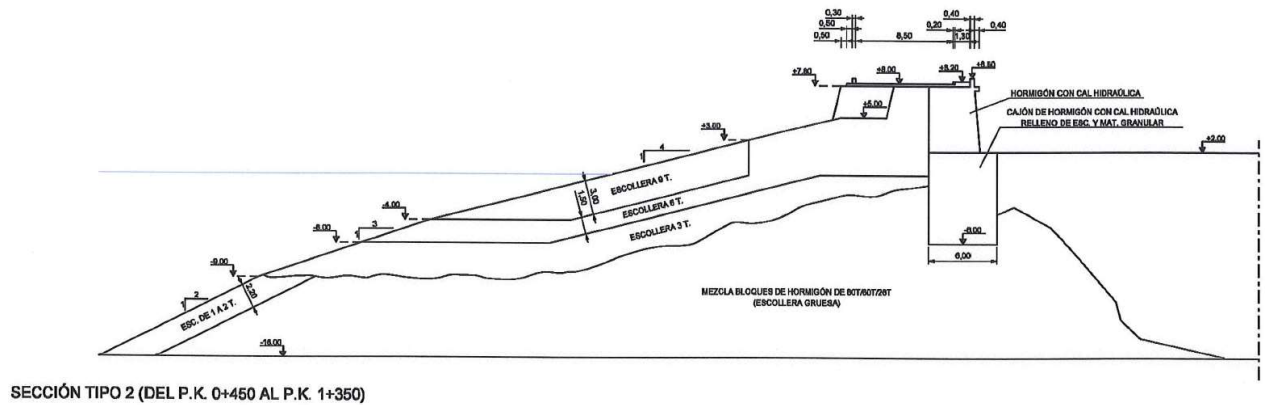
- El **manto de escollera de 9t** es **bicapa**, pero **debajo tiene una capa de escollera de 6t** con lo que tendríamos que en realidad actúa como un tricapa.
- Según avanzamos a lo largo de la traza del dique la **acumulación de material depositado decrece**, empezando en -6.00 metros y terminando en -15.00 metros.

Además, aparece la rotura de pavimento, pérdida de material del pie en la zona final y un importante rebase hacen necesario plantear una actuación para solucionar la situación actual.

Se plantea como **solución**:

- **Recrecer el espaldón** (incrementando la cota para reducir el rebase).
- **Reponer bloques de escollera** en el talud o bien disponer piezas artificiales.
- **Colocar un pie de protección entre los PK 1+100 y el 1+350.**

La sección teórica de proyecto en este tramo es:



### 2.3. TRAMO 3

El tramo 3 corresponde al tramo entre los PK 1+350 y 1+500 (Porta Coelhi).

Las secciones teóricas tipo en este tramo serían la ST3, ST3', ST4 y ST5 que mostramos a continuación:

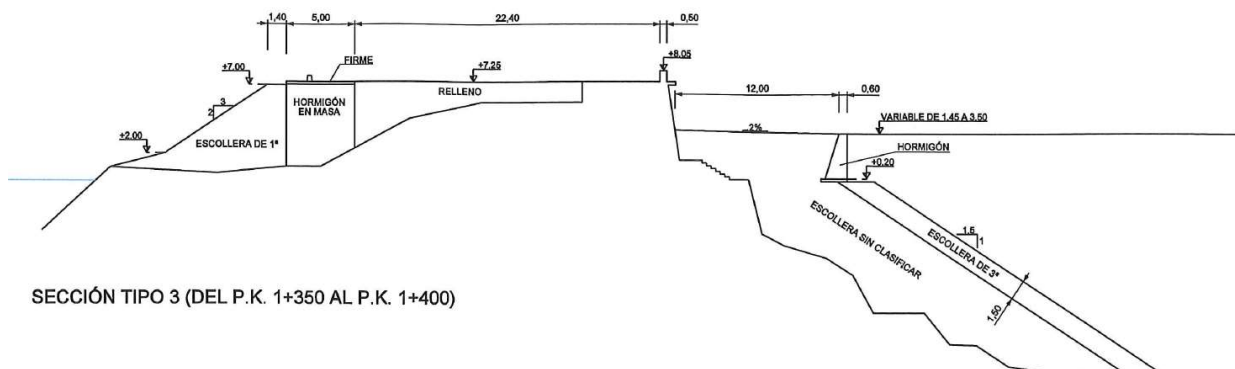


Imagen 10: Sección tipo 3 correspondiente al primer tramo con manto de escollera

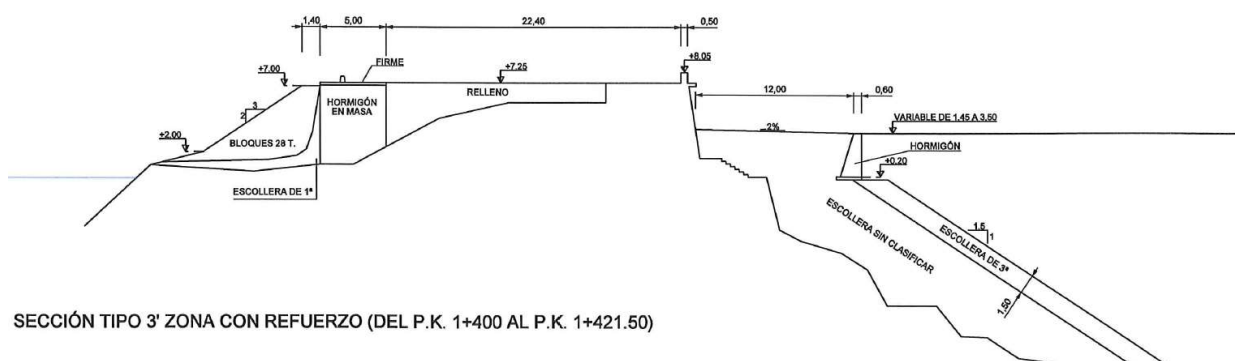


Imagen 11: Sección tipo 3' con la misma geometría del tipo 3 pero con manto de bloques de 28t

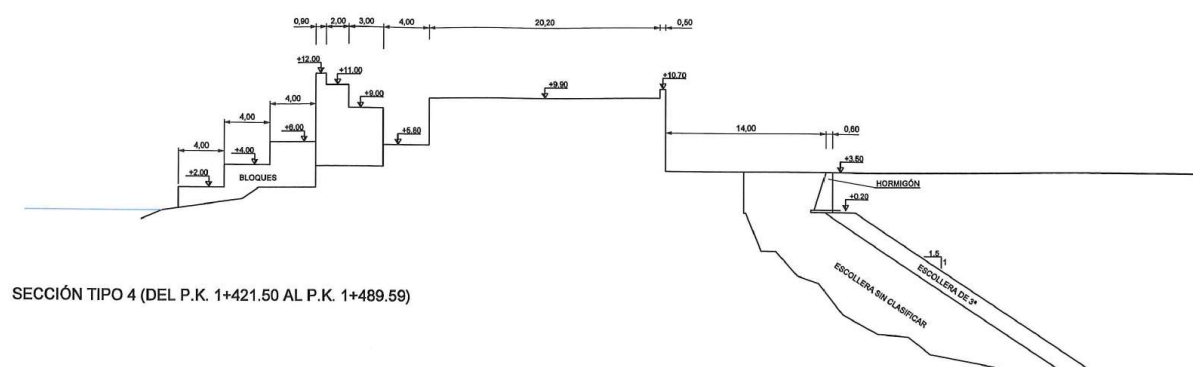


Imagen 12: Sección tipo 4 con un manto de bloques construido por escalones.

La **ST3** tiene un núcleo el morro de la primera alineación del dique del Este (ST2) y se llega al ancho en coronación mediante un bloque de hormigón en masa protegido mediante **escollera de 8t** por encima del nivel de la lámina de agua. Según se observa en las imágenes del multihaz, el talud sumergido está conformado también por escolleras de tamaño similar.

Las secciones tipo **ST4 y ST5** presentan un espaldón que corona a la cota **+12.00**. La cara exterior está protegida:

- La cota de cimentación** del dique es constante en este tramo y está alrededor de la **-16.00**.

Se observa en todo el tramo un gran número de bloques de hormigón acumulados en la base del talud, generando un pie en el talud. Según el tamaño estos bloques corresponden a BCH de 28t.

En la zona en la que teóricamente se realizó un refuerzo de bloques de 28t (ST3' del PK 1+400 al PK 1+421.50) estos han desaparecido de su posición inicial teórica, observándose una importante acumulación de bloques al pie del talud, además de haberse hormigonado una zona de la escollera emergida.

La sección tipo **ST4** presenta realmente 2 alineaciones de bloques de 4 metros de ancho alrededor de la cota +6.60 y un talud de bloques de hormigón de 28t.

En el subtramo **ST5** se observa **pérdida de material en la base del pie** y frente al talud se detectan escolleras de 8t. Todo el tramo tiene un **talud aproximado de 2H:1V** y sobreancho de las secciones reales respecto a las teóricas. Se observan gran número de bloques de 28t en la

zona emergida y talud (pese a que se puede observar las escolleras debajo) lo que hace pensar que esta zona ha sido reforzada mediante bloques de 28t en prácticamente toda su longitud y no han sido estables frente a los temporales, acumulándose en el pie del talud.

En el anejo de cálculo estructural se propondrá la colocación o bien de BCH o bien de Cubípodos de los tamaños que correspondan para la sección.

Como **conclusión**:

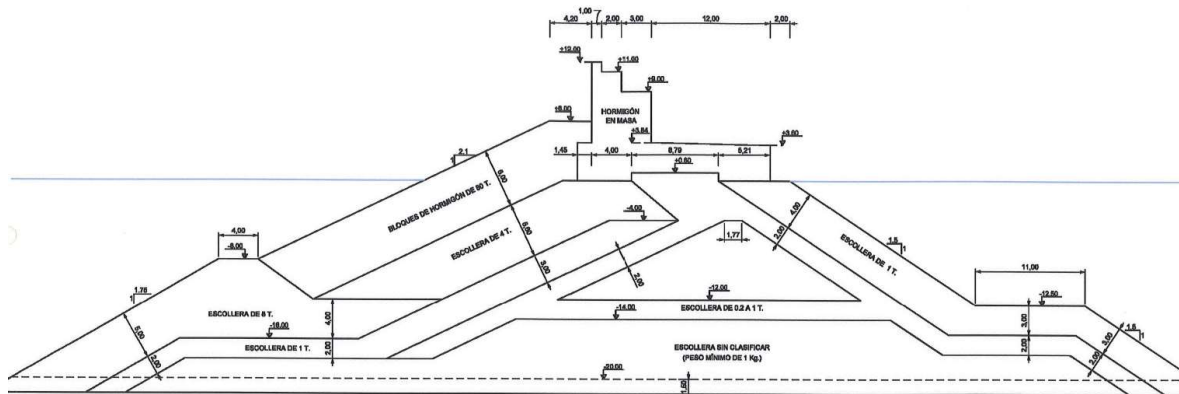
- La presencia de un pie considerable hace pensar que la base de los tramos ST3 y ST3' sea la sección ST'' original de PortaCoelhi.
- Aunque parece razonablemente estable los bloques de 28t con talud 3:2 según la formulación que se utilice sería **conveniente retaluzar la sección hasta un talud cercano al 2:1 o probar con otro tipo de piezas.**
- La mayor parte del espaldón presenta el botaolas roto.

Se plantea como **solución**:

**Retaluzar o cubrir con una capa de bloques de hormigón o Cubípodos** de peso suficiente además de **reparar el botaolas del espaldón.**

## 2.4. TRAMO 4

Correspondiente a los PK 1+500 y 2+405, la sección teórica sería la **ST6**, con **Bloques de hormigón de 80t (4x3x2.8 metros) en talud 2.1H:1V** desde la cota -8.00 hasta la cota +6.00, sobre un **pie de escolleras de 8t**:



SECCIÓN TIPO 6 (DEL P.K. 1+500 AL P.K. 2+405.03)

*Imagen 14: Sección tipo del tramo 4 con manto de bloques paralelepípedos de 80t sobre berma de escollera de 8t*

La construcción del tramo está fechada en los años 60 el tramo sumergido y en los años 70 el tramo emergido.

El espaldón presenta un escalonado con cota de coronación teórica +12.00m, e intermedias de +11.00 y +9.00. Se observa que estas cotas han sido reducidas en alturas de hasta 1 m (mayores asientos según avanzamos en PK).

La cimentación del dique va de la -16.00 a la -20.00.

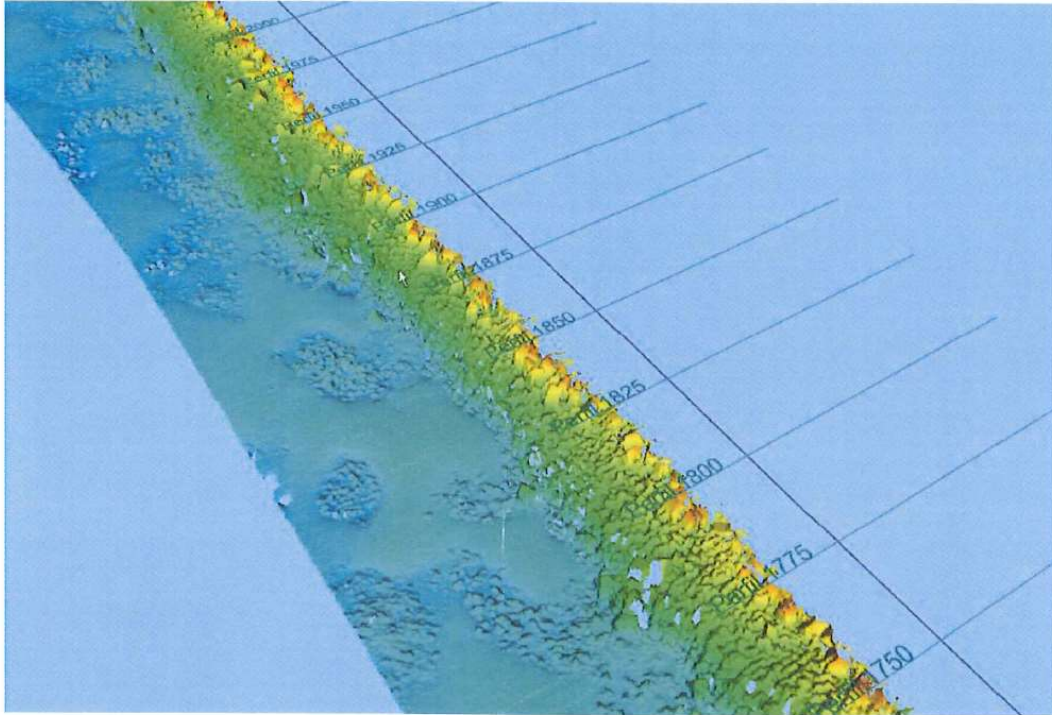
El tramo presenta **rebases importantes**.

El **rebase esperado es de unos 15 l/m/s** para  $H_s=7.44$  y  $T_p=12.2s$  según la formulación EuroTopII para la cota teórica de coronación de +12.00.

Los cubos al no ser cúbicos si no paralelepípedos (caras de  $A \times 1.1A \times 1.4A$ ), por lo que si tenemos en cuenta las conclusiones de Losada y Desiré (1985) de sus estudios de experimentación con bloques paralelepípedicos llegamos a que para el inicio de averías y un talud 2.1H:1V, el peso debía ser el doble del calculado para un bloque cúbico de arista A.

Se observa en todo el tramo **derrames de escollera del pie del talud**. En las imágenes del multihaz no se detectan zonas en las que el filtro del pie quede al descubierto.

Se observa un asiento generalizado, que según las medidas tomadas en el espaldón llegan hasta valores de 1 metro.



*Imagen 15: Imagen generadas a partir del multihaz donde se puede ver las zonas con derrames y se contabilizan 53 bloques de 80t caídos*

En todo el tramo se detecta perdidas de material siendo esta más acusada en la zona inicial en el pie del talud (hasta el PK 1+650) y de manera general en toda la sección en el resto del tramo.

Los informes parecen indicar que las averías se deben a que el pie de escollera de 8t a la cota - 8.00m no es suficientemente estable, perdiéndose parte de este y provocando la falta de apoyo del talud de bloques de hormigón produciendo la perdida de un 2,3% del total de los bloques (53 bloques de unos 2.300 aproximados).

En el anejo de cálculo se comprobará mediante la formulación CIRIA el pie de berma necesario para esta sección.

#### Como **conclusiones**:

- Falta de un volumen importante del manto (bien por asiento del tramo de 1m o por la caída de bloques)
- El ancho de coronación (4,20m) solo permite la disposición de 1 bloque en coronación que podría bascular fácilmente debido a la falta de apoyo
- El espaldón recibe tensiones superiores a las de su diseño debido a que el manto no consigue reducir estas presiones debido a su perdida de material.

#### Se plantea como **solución**:

- **Recrecer el espaldón** (aumentando la cota de este para que llegue a la que estaba proyectada).
- **Generar una berma de pie estable.**
- **Reparar o cubrir con una capa de bloques de hormigón o Cubípodos estable.**

## 2.5. TRAMO 5

Corresponde a los PK 2+405 al 3+306, su sección teórica tipo es la **ST7**, con **Bloques de hormigón de 80t (4x3x2.8 metros)** en talud **3H:2V** desde la cota -8.00 hasta la cota +6.80, sobre un **pie de fondo de escolleras de 3.5t** y una **capa superior de 8t** a la cota -12.50:

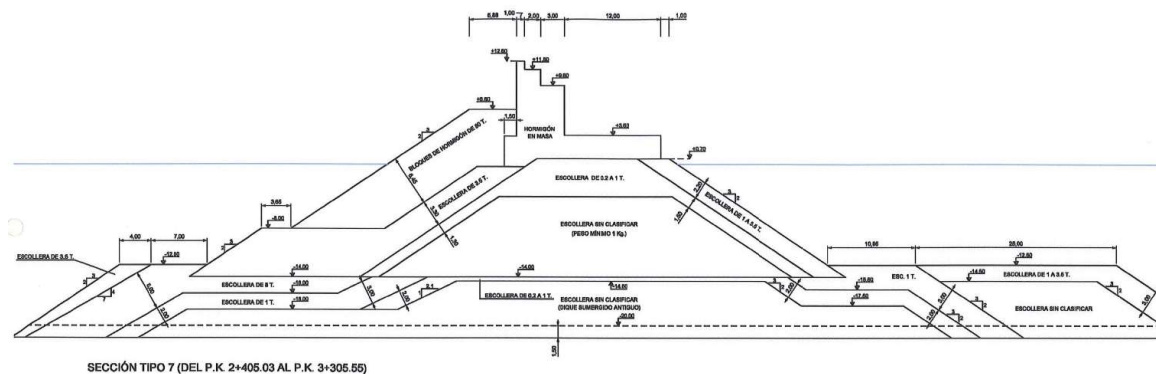


Imagen 16: Sección tipo del tramo 5 con manto de bloques paralelepípedos de 80t sobre berma de dos capas.

El espaldón tiene un escalonado a **cota teórica de coronación de +12.80**, e intermedias de +11.80 y +9.80. **En la realidad** se ha comprobado que estas alturas **se reducen entre 1,4 y 1,9 metros** a lo largo del tramo.

La **cota de la cimentación** está aproximadamente a lo largo de todo el tramo sobre la **-20.00m**.

El tramo presenta **rebases importantes**. Siendo el **rebase esperado es de unos 10 l/m/s** para  $H_s=7.44$  y  $T_p=12.2s$  según la formulación EuroTopII para la cota teórica de coronación de +12.80.

Al igual que en el tramo anterior habrá que tener en cuenta las consideraciones de que los bloques no son cúbicos para determinar si los bloques dispuestos serían adecuados para resistir el oleaje.

A lo largo del tramo se pueden observar **derrames de escollera del pie del talud** que terminan arrastradas unos metros hacia fuera. Se pueden apreciar tres **zonas escolleras de pequeña dimensión en el talud (1t)** y **zonas en la que la capa del filtro queda al descubierto**:

- PK 2+980 al PK 3+030

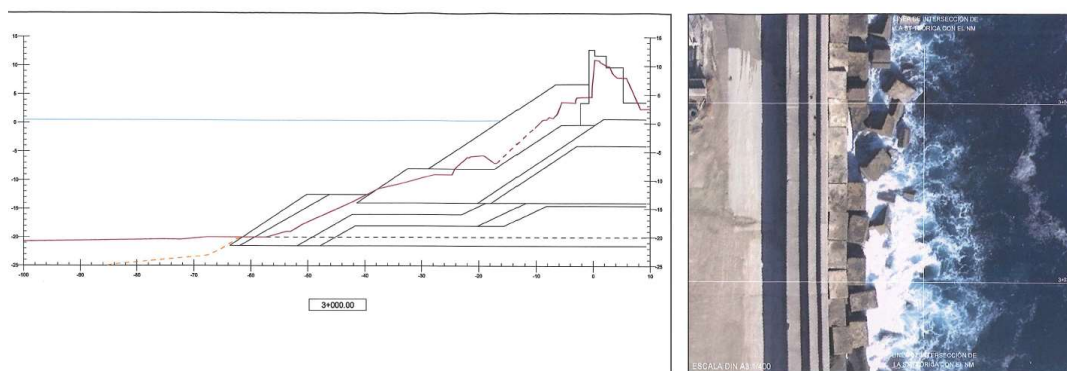


Imagen 17: Sección del PK 3+000 con imagen aérea donde se puede apreciar la pérdida de bloques y pérdida de sección con respecto a la teórica.



- PK 3+185 al PK 3+210

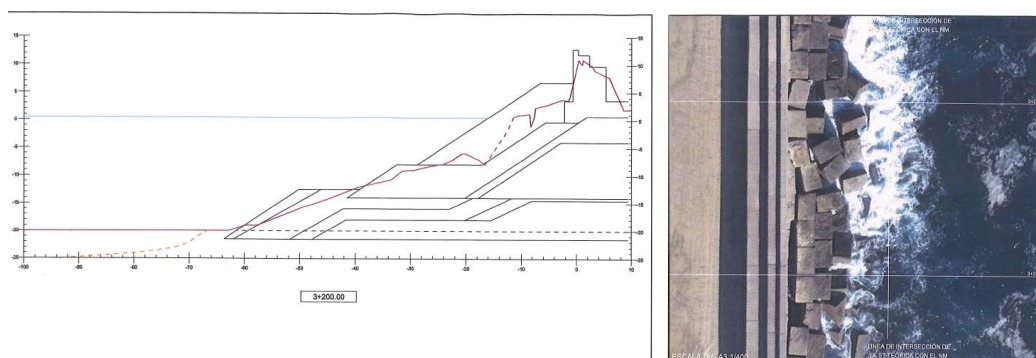


Imagen 18: Sección del PK 3+200 con imagen aérea donde se puede apreciar la pérdida de bloques y pérdida de sección con respecto a la teórica.

- PK 3+290 al PK 3+325).

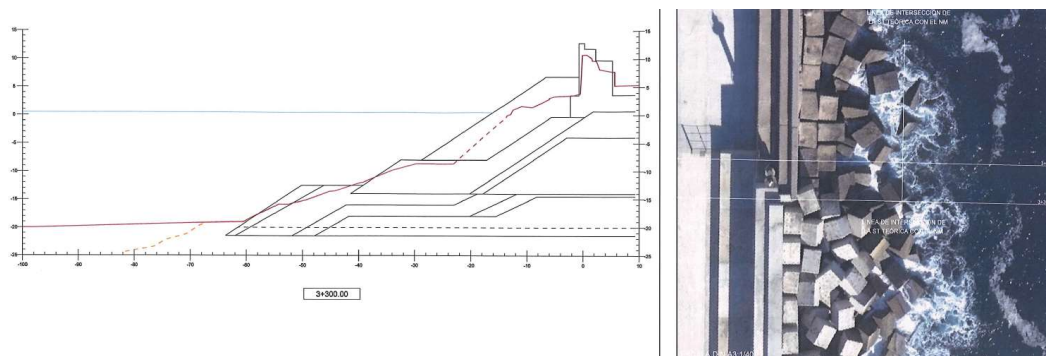
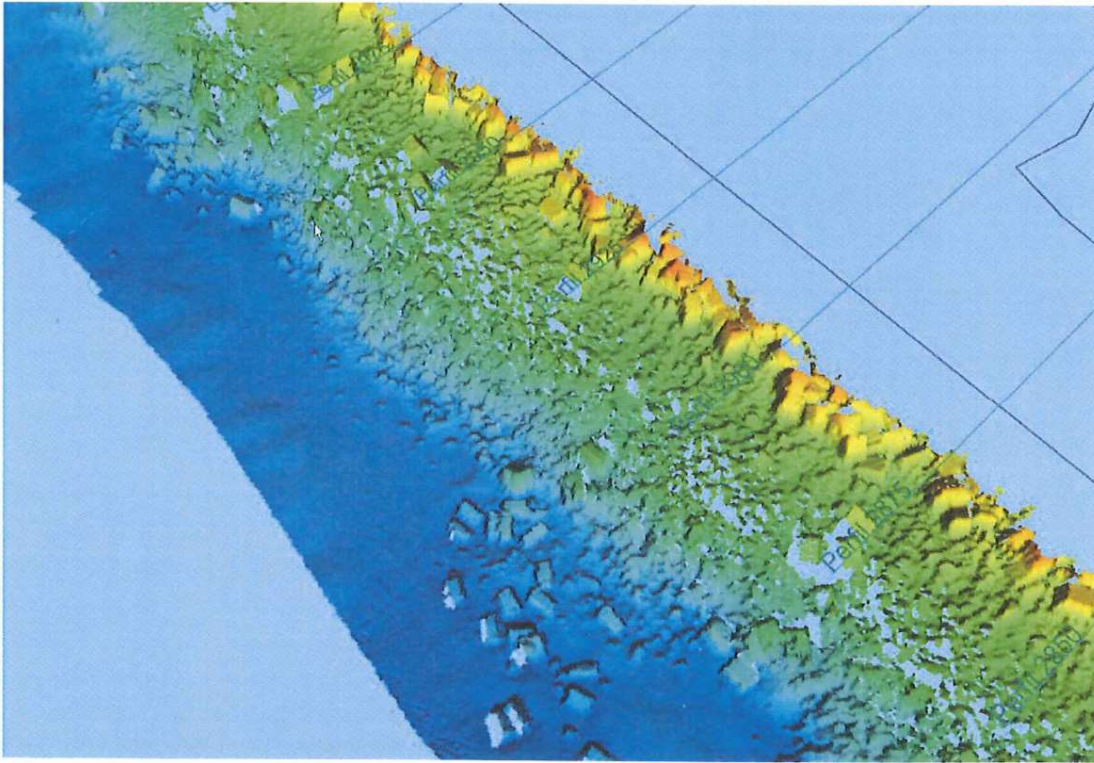


Imagen 19: Sección del PK 3+300 con imagen aérea donde se puede apreciar la pérdida de bloques y pérdida de sección con respecto a la teórica.

Se puede observar un asiento generalizado que en el espaldón varía entre 1.4 y 1.9 metros

Además, en todo el tramo se contabilizan **179 bloques caídos**, con una pérdida de sección superior en los perfiles de 5 metros de espesor. Hay que destacar que los 179 bloques **perdidos suponen un 7.2% sobre el total** (se estima que en la sección del talud habría unos 2500 bloques aproximadamente) mientras que los derrames de escolleras frente al pie del talud son menores que en el bloque 4 pese a que sigue habiendo una pérdida considerable.



*Imagen 20: Imagen generadas a partir del multihaz donde se puede ver las zonas con derrames y se contabilizan 179 bloques de 80t caídos*

Como **conclusiones** tendríamos:

- **Las escolleras de pie de 3.5t sería insuficiente** y podría conllevar descalces.
- **La escollera de 8t presenta un asiento importante siendo insuficiente** frente a los temporales y provocando pérdida de algunos bloques.
- **El peso de los bloques quizás con esta tipología no sea el adecuado**, además del **ancho de coronación del manto no permite disponer 2 piezas** en coronación haciéndolo inestable.
- La pérdida de material del manto provoca en el **espaldón presiones superiores a las de diseño.**

Se propone como solución:

- **Recrecer el espaldón** (aumentando la cota de este para que llegue a la que estaba proyectada).
- **Generar una berma de pie estable.**
- **Reparar o cubrir con una capa de bloques de hormigón o Cubípodos estable.**

## 3. TABLA RESUMEN

TRAMO	SUBTRAMO	PK	MANTO PRINCIPAL (REAL)	COTA DE CORONACIÓN	PROFUNDIDAD	DAÑOS	COMENTARIOS	REPARACIONES NECESARIAS
1	-	0+000 A 0+450	Escollera 6t (media de 7t, de 4 a 16t) talud 3:1	8,50	-6,00	Puntuales, falta de algunas unidades de escollera	Abrigo del dique de la nueva bocana. Protección por material acumulado frente al dique.	NO
2	1	0+450 A 0+700	Escollera 9t (media de 10t, de 6 a 16t) talud 4:1	8,50	-6,00/-7,00	Puntuales falta de material del talud, de 0,5m de profundidad máxima	Abrigo nueva bocana. Protección por material acumulado frente al dique.	NO
	2	0+700 A 1+150			-6,00/-10,00	Falta de material en algunos puntos del talud, máximo 1,50m de profundidad. Importantes rebases. Rotura del pavimento a partir del PK 0+900	-	Modificación de la tipología del paseo y elevación de la cota de coronación.
	3	1+150 A 1+350			-10,00/-15,00	Falta de material en algunos puntos del talud, máximo 2,00m de profundidad. Pérdida de material del pie. Importantes rebases. Rotura del pavimento. Daños en la terminal D	En la inspección con buzos se detectó puntos con falta de escollera en los que se observa el filtro	Recolocación puntual de piezas en el manto principal. Modificación de la tipología del paseo y elevación de la cota de coronación. Construcción de una berma de pie de protección.
3	-	1+350 A 1+500	Bloques de 28t en la zona emergida, escolleras en el talud sumergido	12,00 (11,25)	-16,00	Daños muy importantes. Caída de bloques al pie del talud. Rotura del tramo superior del espaldón.	En la inspección con buzos detectó escolleras muy pequeñas entre +0,00 y -8,00	Revestimiento de todo el tramo con nuevas piezas del manto principal, con un ancho mínimo de 1 capa (con filtro cuando exista ancho suficiente mayor a 2 BCH).
4	-	1+500 A 2+405	BCH 80t, talud 2.1:1 pie de escollera 8t	12,00	-16,00/-20,00	Wescollera de pie insuficiente (inestable) >>> caída de BCH. Importante falta de material respecto la ST original. Asiento del espaldón.	En la inspección con buzos se ha detectado en general monocapa de BCH en el manto	Recricido de la cota de coronación.
5	-	2+405 A 3+305,5	BCH 80t, talud 3:1 pie de escollera 3,5- 8t	12,80 (11,40 a 10,90)	-20,00			

Tabla I: Resumen de los daños encontrados en cada tramo con los informes de las exploraciones submarinas y exteriores