

Inundaciones en la N-651 a su paso por A Ribeira en el casco urbano de Betanzos.

Estudio y subsanación



Floods on the N-651 in its path by A Ribeira in the urban area of Betanzos. Study and correction

Alvaro L. Nogueira González
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Eduardo Toba Blanco
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El Ministerio de Fomento (hoy MITMA), inició en 2018 las obras de mejora del sistema de drenaje en la carretera N-651, entre los p.k. 0+000 y 0+500, a su paso por Betanzos (A Coruña).

Se ejecutaron: Cierre del murete del malecón; instalación de clapetas anti-retorno en la red de drenaje existente; red de drenaje complementaria; sistema de bombeo con grupo electrógeno y control telemático; reposición de pavimentos.

Posiblemente el primer pólder en España.

The Ministry of Fomento (today MITMA), began in 2018 the works to improve the drainage system on the N-651 road, between p.k. 0+000 and 0+500, as it passes through Betanzos (A Coruña).

The following were executed: Closure of the boardwalk wall; installation of anti-return clappers in the existing drainage network; complementary drainage network; pumping system with generator set and telematic control; replacement of pavements.

Possibly the first polder in Spain.

Desde mediados de los años 60 en la zona del Malecón de Betanzos se vienen produciendo periódicamente inundaciones debido a la acción conjunta de las mareas equinocciales y a los caudales de crecida de los Ríos Mandeo y Mendo. (Figura 1)

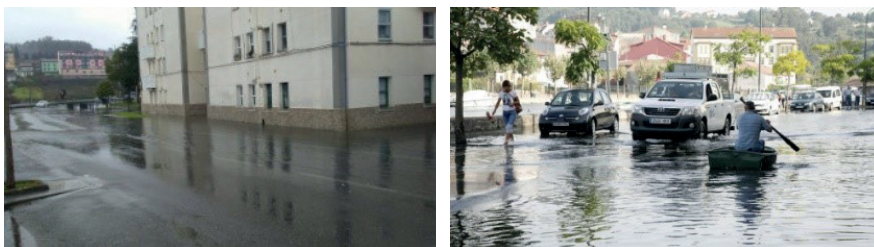


Figura 1.

Estas inundaciones originan importantes molestias debido a que la zona fue urbanizada sobre terrenos inundables con las mareas vivas del río Mandeo y están ocupadas por viviendas, y ocasionan importantes pérdidas económicas a los propietarios y a las administraciones públicas.

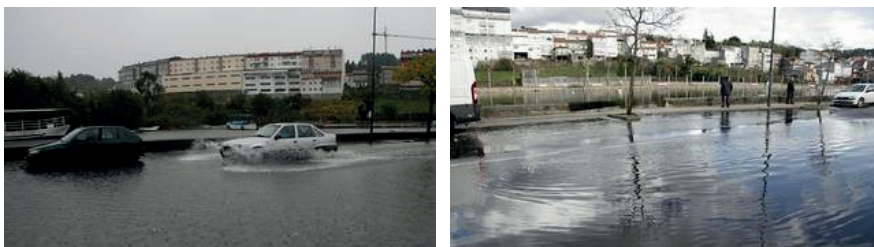


Figura 2.

A todo lo anterior se une el hecho de que la carretera nacional N-651, desdoblada, discurre por el borde del malecón y debe ser cortada durante los periodos de inundaciones (con calados medios entre 15 y 25 cm de agua sobre la calzada). En los últimos 9 años hubo 10, realizándose el desvío a través de calles del casco urbano de Betanzos con las consiguientes molestias para los vecinos, daños en las viviendas y el perjuicio para los usuarios del vial con tiempos perdidos.

La sección transversal de esta calzada en este tramo está formada por dos carriles para el mismo

sentido, aceras en ambos márgenes y del lado del río tiene una zona para el estacionamiento en línea de vehículos y un murete de unos 60 cm de alto que hace las veces de quitamiedos o pretil. Este murete tiene varias discontinuidades que son los accesos a través de unas escaleras en la escollera a las embarcaciones de los lugareños, y por donde penetra el agua en tiempos de crecida. (Figura 2)

Las inundaciones son importantes ya que obligan a cortar la carretera y son noticia en la presa local y autonómica, se pueden apreciar en las fotografías de las últimas inundaciones (Figura 5)

Para determinar las causas de las inundaciones se realizó un estudio de la documentación existente y un trabajo de campo para conocer el sistema de drenaje de la carretera, datos que sirvieron para hacer un inventario y saber con la mayor precisión su funcionamiento, y se determinó que la red de drenaje estaba compuesta por un conjunto de sumideros ubicados en la margen interior de la calzada, adyacentes a la línea de edificación, que desembocan en un colector unitario existente. Este colector desagua parcialmente a los ríos Mendo y Mandeo mediante caños o tajeas sin válvulas anti retorno, que cruzan la calzada a una cota de desembo-



Figura 3. A Ribeira, vuelo de 1945 (existe un camino de sirga)



Figura 4. A Ribeira, vuelo de 2017 (sombreado la zona inundable)



Figura 5.

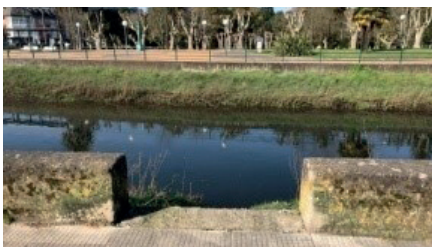


Figura 6. Interrupciones murete de malecón para acceso de embarcaciones

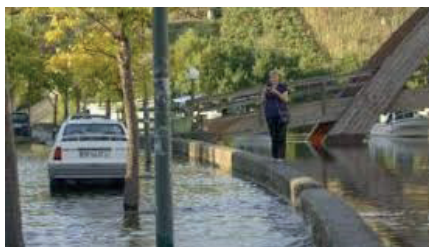


Figura 7. Explicaciones a varias autoridades sobre la problemática



cadura inferior a la de la bajamar, y finaliza en un arenero que es vaciado cada 15 días por parte de los servicios municipales, es parcialmente un sistema unitario

En la zona del aparcamiento la evacuación de las aguas pluviales se realiza mediante un caz longitudinal y unos desagües tubulares de diámetro 110 que atraviesan la acera y el murete para verter en el río.

El nivel de todos estos sumideros varía entre las cotas 3,70 y 3,90 referidas al cero del Puerto de A Coruña, por lo que para mareas superiores a este nivel entra agua del río en la calzada a través de la red de drenaje de aguas pluviales.

Esta situación es frecuente durante los periodos equinocciales en los que las mareas vivas alcanzan frecuentemente niveles comprendidos entre 4,00 y 4,30 m (cero Puerto de A Coruña)

La situación se ve agravada por motivos naturales que pueden coincidir con esas pleamares como son las mareas meteorológicas debidas a las bajas presiones (incremento de 1 cm de altura de nivel del agua por cada milibar de presión por debajo de los 1.033 milibares) y por las crecidas del Río Mandeo que tiene un caudal muy variable (presenta en numerosas ocasiones caudales máximos hasta 20 veces superiores al caudal medio anual), con un tiempo de concentración en su cuenca muy corto, y en el que existen varias mini centrales que se ven obligadas a aliviar en los episodios de lluvias intensas.

También se ha comprobado que para mareas elevadas el gradiente hidráulico ocasiona filtraciones de aguas del río hacia los rellenos antrópicos situados bajo la calzada, lo que unido a la falta de estanqueidad de los colectores y tajeas antiguos ubicados en esa zona ocasiona la

entrada de agua en los mismos y su posterior salida a la calzada a través de los sumideros de la red de pluviales.

Además, se produce un incremento de la inundación por las interrupciones que tiene el murete perimetral del malecón que es por donde se accede a las embarcaciones, estas se sitúan en la cota 4,10 referida al Puerto de A Coruña, por lo que con mareas superiores accede más agua a la calzada. (Figura 6)

De la observación del problema desde Octubre del año 2015 a la actualidad y escuchando los testimonios del Concello de Betanzos y de los vecinos de la zona, se llegó a las siguientes conclusiones iniciales:

- En la mayor parte de las inundaciones el nivel de agua sobre la calzada no sobrepasa los 30 cm y se recuerdan muy pocos casos en los que el agua del río desborda por la parte superior del murete de borde del malecón.
- Si se consiguiese evitar la entrada del río a través de la red de drenaje de aguas pluviales y se cerrasen las interrupciones del murete del malecón se eliminarían más del 95% de las inundaciones que se recuerdan.
- Si coinciden en el tiempo episodios de lluvia y de mareas altas, al no poder desaguar la red de drenaje, sería necesario buscar un sistema de evacuación de las aguas de lluvia para evitar las inundaciones por este motivo. Este aspecto es de especial relevancia porque en la zona objeto del estudio confluye la escorrentía de una cuenca totalmente urbana de una superficie aproximada de 6 hectáreas y con un coeficiente de escorrentía próximo a la unidad.

La solución propuesta para evitar o reducir los efectos de estas inundaciones fue la siguiente:

- Evitar la entrada de agua del río en la red de evacuación de aguas pluviales mediante la instalación de clapetas anti retorno en los desagües de la red al río.
- Cerrar las interrupciones del murete de borde de malecón para impedir la entrada de agua del río por esas zonas.

Con las dos medidas anteriores se evitaran las inundaciones en los días en que no se produzcan lluvias en los lapsos de tiempo en que se producen las mareas vivas y siempre que el nivel del río no supere la cota superior del murete del malecón.

La idea esencial sería crear un Pólder, pero utilizando grupo electrógeno y bombas, con clapetas direccionales antirretorno en los conductos de evacuación. Optamos por crear una red paralela más elevada que llevase las aguas captadas al bombeo. Ya habíamos ensayado una solución semejante en la SC-20 (Santiago de Compostela) para evitar inundaciones en la vía procedentes de las crecidas del SAR, con clapetas direccionales antirretorno, seccionador automático, bombeos, y automatismos.

Para resolver el problema cuando coincidan periodos de lluvia con las pleamares se propusieron las siguientes medidas:

- Ejecución de un nuevo colector de aguas pluviales de polipropileno de 600 mm de diámetro para captar las aguas de la cuenca de 6 hectáreas que vierte su escorrentía en la zona del malecón de A Ribeira.
- Construcción de un pozo de bombeo en el punto más bajo de la zona del malecón para recoger las aguas pluviales captadas por el colector de 600 mm y bombearlas hacia el río.

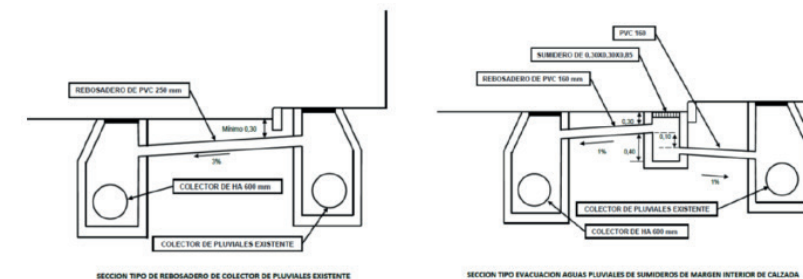


Figura 8.

- Conectar mediante aliviaderos los colectores de aguas pluviales existentes en el malecón y los que confluyen en las calles transversales a este con el nuevo colector, de este modo en aquellos casos en que la red antigua de aguas pluviales no pueda desaguar, por coincidir con pleamares, las aguas de escorrentía pasaran al nuevo colector que las conducirá al pozo de bombeo para su evacuación. (Figura 8)

La amplitud de la cuenca que vierte a la zona de A Ribeira (6 hectáreas), totalmente urbanizada con un coeficiente de escorrentía próximo a la unidad (0,90), los caudales obtenidos para el periodo de retorno habitual para las redes de drenaje (T:10 años) sería muy elevado, lo que originaría unos costes importantes para la ejecución de los nuevos colectores en grandes diámetros y para la instalación y consumo eléctrico de las bombas sumergibles de gran potencia que sería necesario instalar.

Por este motivo se dimensionaron los colectores para el periodo de retorno cuya probabilidad combinada de presentarse junto con las mareas vivas equinocciales sea equivalente o inferior a la del periodo de retorno de 10 años en condiciones normales.

De este modo se adoptó un periodo de retorno de 2 años, para el que la probabilidad de ocurrencia combinada del episodio pésimo en el primer año es del 4%, inferior a la correspondiente únicamente al perio-

do de retorno de 10 años que es del 10%.

La probabilidad de ocurrencia del suceso de incapacidad de desagüe de la red de pluviales por mareas altas (por encima de la 3,90 del Puerto de A Coruña) y caudales elevados del Río Mandeo (por encima de 15 m³/sg) es inferior a la probabilidad de ocurrencia de un suceso de lluvias de un periodo de retorno de 10 años, que es el prescrito para la red de drenaje longitudinal de una carretera. El tiempo en que la marea está por encima de la cota 3,90 viene a ser del orden del 5% del año.

El tiempo durante el año en que las mareas son superiores a 3,50 viene a ser del orden del 10% y el tiempo que los caudales del Mandeo son superiores a 15 m³/sg del orden del 30%.

Con estas hipótesis obtenemos una probabilidad de ocurrencia en el año del suceso compuesto de lluvias elevadas y mareas y/o caudales altos que impidiera desaguar a la red de drenaje que toma el siguiente valor:

$$p = (1/20 + (1/10) \times 0,30) \times 1/2 = 0,04$$

Este valor es inferior a la probabilidad correspondiente a un suceso sencillo de lluvias correspondientes al periodo de retorno de 10 años donde $p = 1/10$

Los caudales obtenidos por el Método Racional para un tiempo de concentración de 10 minutos, coeficiente de escorrentía de 0,90 y para $I/Id=23$ son: (Tabla 1)

Tabla 1.

Periodo de retorno (T)	A (Ha)	C	I/d	Xt (mm/h)	Q (m³/sg)
2 años	6,00	0,9	23	46,05	0,788
10 años	6,00	0,9	23	71,90	1,230

Tabla 2. Caudales máximos

Colector	Periodo de retorno (T)	A (Ha)	C	I/d	Xt (mm/h)	Q (m³/sg)
Oeste	2 años	3,320	0,9	23	43,77	0,436
Este	2 años	2,680	0,9	23	43,77	0,352

Tabla 3. Capacidad con grado de llenado del 85%

Colector	n	I (m/m)	Área	Rh	V (m/sg)	Q 85 (m³/sg)
Oeste	0,012	0,005	0.256	0,18	1,89	0,485
Este	0,012	0,005	0,256	0,18	1,89	0,485

De este modo el caudal a desaguar es un 36% menor que el correspondiente a un periodo de retorno de 10 años.

Por las características del terreno se tuvieron que plantear dos colectores, Este y Oeste que confluirán en el pozo de acometidas al pozo de bombeo

De acuerdo con las tablas 2 y 3 los colectores tienen una capacidad hidráulica superior a los mayores caudales previstos.

Se planteó una estación de bombeo de hormigón armado enterrado en la zona ajardinada existente en las inmediaciones del antiguo Matadero, con unas dimensiones interiores de 4,80 x 4,30 x 3,68 metros. Para determinar sus dimensiones primero se

tanteó a través del Diagrama de dimensionamiento A-E (Saneamiento y alcantarillado Vertidos residuales de Aurelio Hernández Muñoz publicado por el CICCOP edición 7. Colección Seínor). Su interior se dividió en 3 partes diferenciadas; una cámara de tranquilizamiento de las aguas de llegada, un recinto de emplazamiento de bombas y la cámara de calderería. (Figura 10)

El pozo tendrá 4 bombas sumergibles, dimensionadas para funcionar de forma alternativa o conjunta en función de los caudales de llegada y de forma automática cuando el nivel de agua alcance las alturas programadas con las sondas de activación de las bombas. El funcionamiento de las bombas es alternativo para garantizar el mismo número de horas de trabajo para cada una de ellas e intentar que tengan una vida útil similar.

La tubería de salida de las bombas es de diámetro interior de 300 mm de acero inoxidable y se incorporara en T a la impulsión general de 500 mm de diámetro interior y de fundición.

Aunque el desnivel existente es muy reducido se instalaron válvulas



Figura 9.

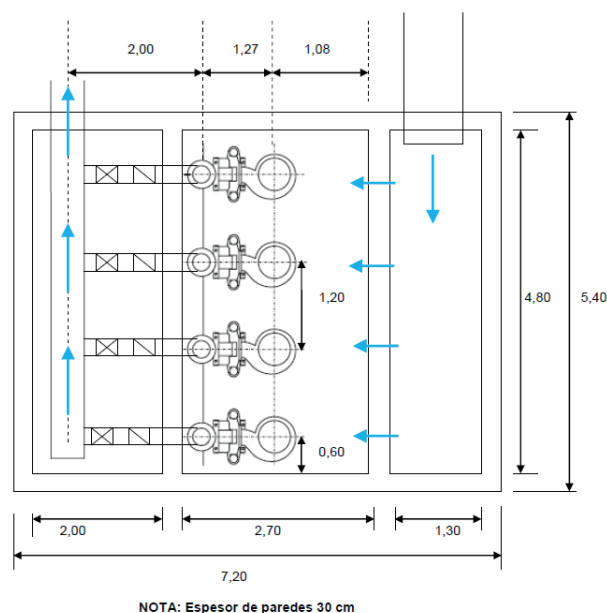


Figura 10.

de bola de retención y de guillotina de control en las tuberías de salida de las bombas en la zona de calderería, que es una cámara de dimensiones 4,80 x 2,00 x 1,55 metros.

Se dimensiona la estación de bombeo para un caudal de 0,788 m³/seg equivalente a un periodo de retorno de 2 años y para una superficie de cuenca de 6,00 Ha.

En las condiciones pésimas se considera que existirá una carga de agua de 1,20 m sobre la salida de la impulsión, estando el nivel del río Mandeo a la cota relativa de la coronación del murete de borde del malecón.

Los parámetros de diseño son:

- Caudal;
0,788 m³/seg
- Desnivel:
 $H = 3,60 - (-0,32) = 3,92$ m.
- Longitud de impulsión:
24,00 m

El croquis del perfil de la impulsión: (Figura 11)

En el punto de desembocadura de la impulsión, situado en el cauce del río Mandeo a la cota relativa 2,40 se colocó una clapeta anti retorno para evitar la entrada de agua en sentido contrario.

Cálculo hidráulico de la impulsión

La altura geométrica de bombeo será de 3,92 metros.

A continuación, se calcula la pérdida de carga total que se produce en la impulsión:

$$H = 3,92 + \Delta H_c + \Delta H_L$$

Donde;

- ΔH_c son las pérdidas de carga continuas
- ΔH_L son las pérdidas de carga localizadas

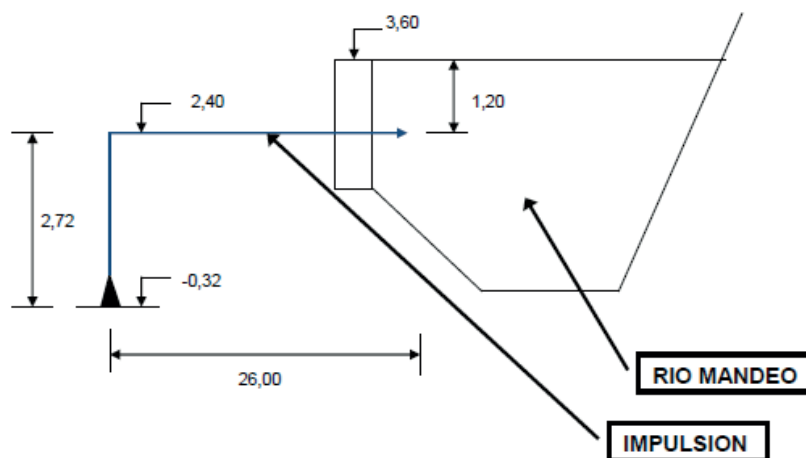


Figura 11.

Pérdidas continuas

Pérdida de carga en la tubería de fundición 500 mm:

$$\Delta H_c = L \cdot \frac{(n \cdot v)^2}{R_h^{\frac{4}{3}}}$$

Donde aplicando los valores se tiene:

$$\Delta H_c = 24,00 \cdot \frac{(0,012 \cdot 4,01)^2}{\left(\frac{0,50}{4}\right)^{\frac{4}{3}}} = 0,890 \text{ m}$$

Pérdidas continuas tubería de acero de 300 mm:

$$\Delta H_c = 5,00 \cdot \frac{(0,008 \cdot 2,79)^2}{\left(\frac{0,30}{4}\right)^{\frac{4}{3}}} = 0,079 \text{ m}$$

Pérdidas localizadas en los elementos

Pérdidas localizadas en codos y cambios de ángulo en tubería de 300 mm (Se considera que existen 2 codos a 90° en el interior de la cámara de bombeo y una incorporación en T a la tubería principal de 500 mm de diámetro), junto con una válvula de retención y otra de cierre, de diámetro 300 mm

$$\Delta H_L = K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde;

K es el coeficiente de pérdidas adimensional

V es la velocidad en m por segundo

g, es la aceleración de la gravedad 9,81 m/s²

Codo a 90°

$$\Delta H_L = K \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,30 \cdot \frac{2,79^2}{2g} = 0,12 \text{ m}$$

Incorporación

$$\Delta H_L = K \cdot \frac{v^2}{2g} = 1,30 \cdot \frac{2,79^2}{2g} = 0,52 \text{ m}$$

V mariposa

$$\Delta H_L = K \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,50 \cdot \frac{2,79^2}{2g} = 0,20 \text{ m}$$

V retención

$$\Delta H_L = K \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,30 \cdot \frac{2,79^2}{2g} = 0,12 \text{ m}$$

Pérdidas totales

$$H = 5,84 \text{ m}$$

En función de lo anterior se instalaron 4 bombas sumergidas con las siguientes características por bomba:

- Potencia hidráulica 20 Kw
- Caudal 3000 m³/h

- Altura de impulsión 6 metros
- Frecuencia nominal 50 Hertzios
- Tensión nominal 400 voltios
- Velocidad nominal 1445 rpm
- Corriente nominal 41,7 Amperios
- Peso de 522 kg cada una

Suministro eléctrico

Las bombas requieren el suministro de energía eléctrica trifásica a 400 V, pero debido al elevado coste que supondría realizar la conexión eléctrica desde la línea de media tensión más próxima y a los elevados costes fijos que tendría el contrato de suministro con la empresa concesionaria del servicio para un uso de la instalación de muy pocas horas al año, se decidió instalar en las inmediaciones del pozo de bombeo un grupo electrógeno insonorizado alimentado por gasoil que arranca de forma automática cuando se le envía la señal de arranque desde las bombas. Sus características son:

- Potencia emergencia 220 KVA
- Potencia emergencia 176 Kw
- Consumo combustible 32 l/h
- Voltaje de salida 230/400 Vac
- Eficiencia 93,2%

Este grupo electrógeno se sitúa en una caseta de madera con ventilación natural adyacente al pozo de bombeo para su mejor conservación e integración en el entorno.

Obra civil

La primera actuación que se realizó fue el cierre de las discontinuidades (acceso a las embarcaciones) del murete perimetral en las zonas de inundación. Se ejecutó de una manera sencilla y rápida, encofrado, con hormigón



Figura 12.



Figura 13.

armado y anclajes al murete. Para mantener el servicio del malecón se instalaron unas escaleras para salvar el muro y poder bajar hacia las embarcaciones por parte de sus propietarios. Las escaleras se fabricaron de aluminio lacado en color ocre para su integración en el entorno. (Figura 12)

El colector se decidió ubicarlo entre el aparcamiento y el carril más exterior, con el fin de que la carretera permaneciera abierta con el carril interior y evitar restricciones entre las calles aledañas y favorecer la circulación.

En la zona de A Ribera el punto bajo se encuentra aproximadamente en la mitad de la herradura que la conforma, ubicación de la estación de bombeo, por ello había que construir dos colectores,

denominados este y oeste que confluyen en un pozo de convergencia (acometida) que conduce el agua hacia la cámara de tranquilizamiento. Junto al pozo de convergencia se construyó otro de sección rectangular de 2,00x2,00 m² conectados y con salida por gravedad al Río Mandeo, pozo denominado PA donde se instaló una válvula clapeta para impedir la entrada del agua con mareas altas y desaguar por gravedad las aguas procedentes de los colectores con mareas bajas. La construcción del pozo PA fue prefabricado por causa de las mareas, ejecución junto a su posición final para evitar traslados y una vez fraguado se realizó la excavación y se colocó sobre las esperas de una solera de hormigón armado de 20 cm. (Figura 13)

Los dos colectores tienen las siguientes características: (Tabla 4)

Una vez ejecutado este pozo se procedió a abrir la zanja para los colectores, previamente realizado el corte del aglomerado para la demolición de una franja de 1,80 metros de ancho, y luego se comenzó la excavación, primero la del colector este y después la del oeste. La zanja se ejecutó con paredes rectas y en las zonas de mayor profundidad se colocó entibación cuajada con paneles blindados para proteger convenientemente a los operarios. La dificultad en la construcción de los colectores era que se tenía el tiempo limitado por la influencia de la marea, penetraba a través del terreno el agua e inundaba las zanjas, se debía interrumpir el trabajo e intentar realizar otras labores. Durante la ejecución de las obras se tuvieron mareas altas, incluso las que los lugareños llaman las Lagarteiras, que son las mayores del año. (Figura 14)

La tubería instalada es de polipropileno de diámetro exterior de 630 mm y para evitar que la subpresión levantara la tubería se utilizó hormigón en masa sobre las juntas de la tubería para contrarrestar el empuje vertical.

La posición de los pozos estaba condicionada por las juntas y la ubicación de los pozos y sumideros existentes del otro lado de la calzada dado que se debía garantizar el funcionamiento como aliviadero del colector existente. Estos pozos se ejecutaron con hormigón y en dos fases, la primera con un encofrado prefabricado para que fueran todos iguales en sección y otra que consistía en suplementarlos en función de la altura de cada uno. Los sumideros junto al aparcamiento se conectaron al nuevo colector. La tapa de estos pozos lleva inscrita la concha del Camino de Santiago, el del Norte. (Tabla 5)



Figura 14.

Tabla 4.

Colector	ϕ_{ext} (mm)	Longitud (m)	Profundidad (m)		Pendiente (%)	
			min	máx	min	máx
Oeste	630	260	0,90	1,91	0,33	0,68
Este	630	230	0,97	1,91	0,25	0,70

Tabla 5.

Colector	Número de pozos (ud)	Profundidad (m)		Conexiones colector existente (ud)
		min	máx	
Oeste	9	1,2	2,10	7
Este	10	1,10	2,10	9



Figura 15.

La ejecución de las zanjas del colector provocó deterioros importantes en la acera junto al murete por lo que se tenía que plantear también la mejora de la humanización, y dejar una integración ade-

cuada entre la obra ejecutada y la zona de A Ribeira. (Figura 15)

La ubicación de la estación de bombeo es en el punto bajo, en un jardín próximo y junto a un par-



Figura 16.



Figura 17.



Figura 18.

que infantil, por los que primero se hizo es vallar la zona de exclusión para que cualquier persona ajena a la obra no pudiera acceder. Una vez replanteado se procedió a la excavación para poder construirlo in situ, se tuvo la ventaja que el terreno era bueno para el vaciado

con un talud de 1 a 3, haciéndose la excavación completa y rápida en apenas dos días y moviéndose unos 400 m³ de tierras. (Figura 16)

Realizada la excavación hasta cota de cimentación se procedió a rebajar algo más el terreno para

dotarlo de un encachado de unos 50 cm y reducir las subpresiones, posteriormente se niveló el suelo con hormigón de limpieza y se procedió a realizar una losa de hormigón armado de 30 cm de espesor con armadura de espera para las paredes de la estación de bombeo, cuando la solera de hormigón tuvo la resistencia adecuada se procedió con los encofrados de las paredes, la armadura y hormigonado, que se realizó mediante el procedimiento de bombeo, posterior vibrado y curado. (Figura 17)

Las divisiones de los tres compartimientos de la estación de bombeo se ejecutaron también, quedando los tres volúmenes comunicados, la cisterna o cámara de tranquilizamiento de 23 m³, cámara de bombas de 48 m³ y zona de calderería con 15 m³. La losa superior de 30 cm de hormigón armado dispone de tapas de acero inoxidable, que por seguridad son muy pesadas y con candados.

Las paredes exteriores se impermeabilizaron con pintura asfáltica, luego se envolvieron con materiales plásticos y después se rellenó con grava los huecos restantes entre la obra y los taludes naturales del terreno.

Construida la obra civil de la estación de bombeo se procedió a la ejecución de la tubería de impulsión y salida al río Mandeo, está se ejecutó con tubería de fundición dúctil de diámetro interior de 500 mm y con una longitud de 24 metros, atraviesa perpendicularmente la calzada, el aparcamiento, la acera y el murete, y mientras no se terminó con el equipamiento de la estación de bombeo, se colocó un globo para impedir la entrada de agua desde el río. (Figura 18)

Una vez colocadas las tapas de la estación de bombeo se procedió a la instalación del equipamiento interno, formado por las cuatro bombas y la calderería de la impulsión (tubos, carreteras, válvulas y cableado de control).

En el compartimiento del medio, donde se instalaron las bombas, previamente se realizaron sendos zócalos para recibir las cuatro bombas y quedaron a la altura correcta tanto estas como la boquilla de toma de agua. La cámara de bombas tiene el cableado de arranque y las sondas de accionamiento en función del calado de la cámara, cuatro niveles. Para llevar el cableado al cuadro de mandos se ejecutaron dos arquetas, una junto a la estación de bombeo y otra junto a la caseta donde se instaló el aparellaje eléctrico y el grupo electrógeno.

El control de las bombas se realiza a través de un autómata programable produciendo el arranque mediante el nivel establecido con las sondas distribuidas en cuatro alturas funcionando las bombas según las necesidades. Cada una de las bombas dispone en el cuadro de un interruptor magnetotérmico para la protección ante contactos directos y un interruptor diferencial para los indirectos, un arrancador suave para evitar las intensidades absorbidas durante el arranque sean superiores a las del régimen permanente, el conexionado de los cables eléctricos de alimentación es en triángulo. (Figura 21)

Como la obra está en una zona urbana y de paseo de los habitantes de A Ribeira e incluso de algunos peregrinos hacia Santiago, se decidió ubicar el cuadro eléctrico y el grupo electrógeno dentro de un edificio que se integrara, por ello se eligió como material la madera tratada para ambiente marino, con

el espacio suficiente para albergar los equipos como otros enseres. (Figura 20)

La caseta está ejecutada con listones de madera, colocados en horizontal de tal manera que disponga en su interior ventilación natural

por la acumulación de gases que provoca el grupo electrógeno. La caseta en planta es de 6450x4450 mm y altura entre 2500 y 3000 mm, está formada por postes o soportes de 90x90 mm sujetos al suelo con cazoletas galvanizadas, viga perimetral de 160x80 mm de sec-



Figura 19.



Figura 20.



Figura 21.



Figura 22.



Figura 23.

ción, correas de sección 200x100 mm cada 1000 mm y cubierta de panel sándwich, dispone de una puerta de entrada doble de 1000 mm y dos ventanas traga luz, con dos manos de pintura resistente a ambientes marinos.

Una vez construida la caseta para albergar los equipos exteriores, se procedió a la instalación del cuadro eléctrico y de programación de las bombas, se colocó encima de la arqueta del cableado procedente de las bombas, y junto a este las baterías de arranque. El equipamiento lleva consigo el control por vía web del estado de la instalación a través de cobertura inalámbrica, para ello se contrató una línea móvil de datos.

Para evitar el acceso a la instalación, y consultado con el municipio,

se decidió vallar perimetralmente el recinto y sólo se puede entrar a través de un portalón. El material utilizado en el cierre es mallazo rígido, con una altura de 1,50 m, de color negro anclado al suelo con postes encajados en cazoletas de acero galvanizado. El recinto tiene 145 m², y aproximadamente 60 m² de jardín cubierto con corteza de pino en escamas, adornándose con una docena de rosales, el resto de la superficie es para el pozo de bombeo y la caseta técnica. (Figura 21)

Durante la construcción del colector se provocaron numerosos daños a la acera adyacente, esta estaba con baldosas hidráulicas de 30x30 cm de color gris claro y de difícil adquisición, además que se debía elevar unos 10 cm el bordillo, por lo que se demolió completa-

mente, colocando nuevo bordillo a la cota necesaria y se ejecutó con una solera de hormigón pigmentada en color ocre (ral-1019). La reposición se hizo en toda la longitud de la herradura, 582 metros con una anchura media de 1,75 m y con una mejora local en el acceso a la pasarela de madera (río Mandeo) y la senda de la pasarela metálica (río Mendo) con 153 metros y una anchura de 2,40 m. (Figura 22)

En cuanto a las actuaciones en la acera de la otra margen, consistieron en arreglar algunos deterioros existentes, como la falta de baldosas o hundimientos localizados, la mejora de la accesibilidad a los garajes y pasos de cebra, y la retirada de los tubos salva aceras que estaban atascadas con lo que el sistema de sumideros existente volvió a funcionar.

Una vez finalizados los trabajos de reconstrucción de las aceras, se comenzaron los del firme, primeramente con la reparación de los deterioros puntuales existentes, que algunos casos la demolición llegó a las capas granulares, posteriormente se fresó todo el ancho de la calzada y se extendió una capa de aglomerado con el cuidado de dar la inclinación adecuada para la evacuación de las aguas al drenaje, para la capa de rodadura se utilizaron 1300 toneladas de AC22 SURF D con un espesor medio de 9 cm.

Estos trabajos de aglomerado finalizaron con el pintado de las marcas viales y la instalación de pasos de cebra, aumentando en tres para la mejora de la seguridad vial.

Como la carretera N-651 también presentaba drenaje defectuoso en torno al km 0,440, coincidiendo con la calle Alfoli de Betanzos donde se formaban balsas de agua que llegaban a inundar la acera, se procedió a la instalación de un nue-

vo colector que cruza la carretera y lleva el agua al sistema de drenaje existente, dos pozos y 25 metros de diámetro 400 mm.

En la calle Alfoli, para incrementar la seguridad vial, sobre todo de los peatones, y como la cota de la acera en algunas zonas coincidía con la del firme, muy deteriorado, se procedió a rebajar la cota mediante fresado y reposición con AC22 SURF D, con 396 toneladas para la capa de rodadura. (Figura 23)

Durante la excavación de las zanjas del nuevo colector se observó que para mareas elevadas las filtraciones de agua del río a las zanjas eran bastante importantes, lo que se achacó a que la escollera de protección del cauce tenía numerosos huecos, y que el agua circulaba por debajo de la carretera debido a que la zona de la Ribeira es un relleno antrópico y heterogéneo, lo que facilitaba la entrada de esta agua en los colectores y tajeas existentes a través de juntas no estancas o en mal estado, se comprobó que durante las pleamares existía un volumen importante de agua del río que accedía de este modo a los colectores y que era evacuado a través de los aliviaderos de la red de drenaje antigua hacia el colector de nueva construcción y desde este al pozo de bombeo.

Para reducir estas filtraciones se decidió rejuntar la escollera de protección del cauce con mortero de cemento a la cota de la bajamar y su coronación, siendo este trabajo muy lento y duradero por la carrera de mareas, pero se obtuvo como resultado una reducción de las filtraciones, la superficie en la que se actuó fue de 2.500 m², operación imitada en la otra margen del río recientemente, dentro de esta actividad y previamente al rejuntado se limpió con agua a presión toda

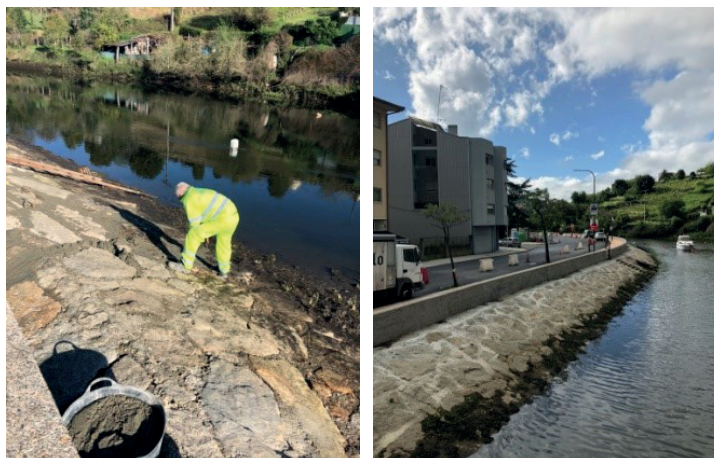


Figura 24.



Figura 25.

la escollera y el murete, también se sellaron con resina las juntas del murete. (Figura 24)

Para acceder la pasarela del río Mendo se reconstruyó la acera con solera de hormigón pigmentada, en ella existían dos sumideros por donde la marea entraba, para evitar este problema y los usuarios pudieran seguir usándola, se reconstruyeron los sumideros y se colocaron dos válvulas clapetas de pared, fabricadas en PVC y de diámetro 160 mm, estas se protegieron con aletas ejecutadas en piedra para que no se deterioraran por los golpes de los materiales que puede arrastra el río. (Figura 25)

Por último, se tuvo que tener en cuenta el sistema de alcantarillado de A Ribeira, finaliza en un arenero,

que es vaciado cada quince días, que tiene un sistema de aliviadero formado por una tubería de 500 mm que finaliza en un pozo de resalto que desagua mediante un ovoide al río Mendo y por donde retorna el agua con mareas altas, y dado el grado de deterioro que tiene el alcantarillado, esta agua accedía a través del colector Oeste al pozo de bombeo por lo que se decidió ejecutar un pozo con una clapeta de 500 mm de pared junto al arenero y que intercepta al aliviadero con el fin de evitar la entrada del agua desde el río.

Resultado de la actuación

Las primeras pruebas de funcionamiento de la instalación se realizaron en Diciembre de 2018 y se puso en funcionamiento definitivo en Abril de 2019. (Figura 26 y 27)

Desde entonces y hasta la fecha se han producido varias mareas equinocciales importantes con niveles de hasta 4,30. Durante estos episodios la instalación ha funcionado de forma automática con normalidad y no se han producido inundaciones en la calzada de la carretera N-651 ni en los edificios colindantes con esta.

Esta solución constituye una singular aportación desde el punto de vista tecnológico al mundo del dre-

naje de las carreteras, suponiendo un importante avance, siendo más ecológica y resultando del orden de diez veces inferior en coste a la cámara de tormentas prevista por los responsables hidráulicos, y que por otra parte no resolvería el problema de penetración marina.

Tal y como resolvimos en la SC-20 se podrá con bajo coste enviar la información de estado telemáticamente, y disponer de cámara web para controlar el grado de funcionamiento del sistema.

La flexibilidad del sistema permitiría en un futuro negativo por cambio climático, recrecer ligeramente el malecón y aumentar la dotación de bombas.

Dirección Proyecto y Obra
Eduardo Toba Blanco. ICCP

Co-Dirección de Obra
Francisco Prego Gómez. ICCP

Asistencia Técnica
IPRENOR

Constructora
Construcciones Taboada y Ramos S.L.

Jefe de Obra
Álvaro L. Nogueira González. ICCP

Encargado de Obra
Manuel Bermúdez Mouriño



Figura 26.



Figura 27.