



<http://ingcaba.blogspot.com>

► Strépy-Thieu en Bélgica: Donde los Buques Vuelan

María Cristina Rojas Cruz

Periodista Metal Actual

Una de las ocho superestructuras más importantes del mundo que materializa las infinitas posibilidades de la ingeniería.

Es una de las súper estructuras más impresionantes construidas hasta hoy: el ascensor funicular de Strépy-Thieu, una solución de ingeniería al cuello de botella que durante años afectó las cuencas del Mosa y el Escalda, producto de un desnivel en las aguas de más de 88 metros en una distancia muy corta. Se invirtieron 20 años y aproximadamente 600 millones de euros en su construcción.

Un gigante, declarado patrimonio mundial por la UNESCO se alza en el corazón industrial del Delta – Escaut y Mosa en el Rin: Strépy-Thieu, el ascensor funicular de barcos más grande del mundo hasta ahora construido; una maravilla arquitectónica de 102 metros de altura, 85 metros de ancho y 140 metros de largo que ha demostrado no sólo el desarrollo alcanzado por la ingeniería belga, sino una ingeniosa forma de dar solución a los problemas que por décadas complicaron el comercio y transporte en la región.

Partiendo que el triángulo rodado y ferroviario entre Alemania, Bélgica y Holanda se considera saturado, que al menos el 12 por ciento de la totalidad de la carga de productos comercializados por Europa transita al interior de los canales, que la navegación es y ha sido la forma

de transporte más económica, que a su vez ofrece eficiencia amigable con el medio ambiente y que ha sido vía obligada para la extracción y comercio de productos en general, un desnivel de 88.15 metros en la ruta de canales, representaba una gran limitación.

De hecho, para Valonia, una de las tres regiones que componen el estado federal belga, ubicada en la parte sur del país, este desnivel dificultaba el transporte del carbón –producto vital de su economía– obligando a sus grandes barcos y a otros provenientes de distintos puntos de Europa a gastar al menos seis horas de viaje en un tramo de 7.0 kilómetros.

Con este panorama, realizar una obra que diera solución definitiva al problema se hizo urgente. Así surgió Strepny-Thieu, una construcción determinante para la economía europea, ubicada precisamente en la ciudad de Mons al sur de Bélgica, y que hoy facilita el tránsito por las autopistas de agua que forman los ríos y canales al norte de Europa. Una megaestructura que conecta fluvialmente a Alemania, Bélgica y Holanda, agiliza la navegación hacia el puerto francés de Dunkerque y aporta al despeje de las vías terrestres –ya colapsadas– elevando barcos de gran envergadura, en minutos.

Concepción de la Obra

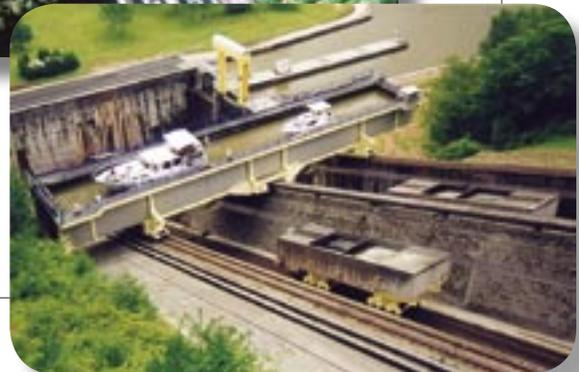
La superestructura se inició en 1917 con el Canal Du Centre –un complejo sistema formado por 16 esclusas que utilizaba 10.200 metros cúbicos de agua e invertía entre 8 y 13 horas para adelantar el proceso total de paso– y a través del cual se buscaba posibilitar la navegación de barcos de hasta 300 toneladas; sin embargo éste no salvó el complicado desnivel, lo que obligaba a las grandes embarcaciones a invertir varias horas para ir de un lugar a otro.

A partir de la Segunda Guerra Mundial, con la aparición de barcos motorizados más largos y de profundo



www.canalducentre.be/Education

▶ Aunque el perfil de hormigón no es una proeza estética, su envergadura, eficiencia operativa y funcionamiento resultan fascinantes.



http://en.wikipedia.org

calado, los países de la zona vieron la necesidad de adaptar el sistema a la realidad de la navegación, anticiparse y considerar las verdaderas necesidades e intereses de la región, de hecho Francia, muy interesada en la adaptación del Canal del Centro, buscaba una apertura hacia el este y unir la región de Liégeoise con el Rin.

Así, amparados en la Conferencia Europea de Ministros de Transporte de 1954 en la que se establecieron las normas mínimas para las vías navegables de IV clase en general, y el programa para ampliar la red de vías belga de 300 a 1350 toneladas de peso por embarcación, iniciaron la proyección del Strépy-Thieu en el año 1963, pero sólo hasta el 4 de mayo de 1982 comenzaron los trabajos de modernización.

A cargo de la planeación, ejecución y finalización de las obras quedaron reconocidas firmas europeas: AIB-Vinçotte y SECO, responsables de la comprobación de la ingeniería, las empresas Duchêne S.A., Galère S.A. y SOCOGETRA encargadas de adelantar las obras civiles, y la B.N - Bombardero Eurorail, Cegelec S.A., Industrias Mecánicas de Cockerill

S.A y Van Cleemput a la cabeza de la ingeniería mecánica y eléctrica. El Ministère Wallon de l'Équipement et transports del DES y la entidad Infraestructuras del DES de Société Wallonne de Financement, fueron las seleccionadas para administrar, como "propietarias", el ascensor funicular.

En primera instancia la labor de los designados se enfocó a escoger el modelo más adecuado para salvar el desnivel y, por costos, problemas técnicos y de funcionamiento se llegó a la conclusión de realizar una construcción de un único ascensor que considerara el espacio (1ha), el relieve, la carga total de 300.000 toneladas en una zona deformable y la escasez en el suministro de agua, aunque partiendo de cinco posibles soluciones iniciales: Un ascensor longitudinal con plano inclinado al 5%; uno longitudinal con plano inclinado al 10%; uno de agua vertiente o canal inclinado de 3.5%; dos ascensores cada uno de 36.5 metros de caída y una elevación de 73.15 metros de caída.

Tras el estudio fue escogido el ascensor de 73 metros que requería una potencia instalada de 2000 kilowatios, energía

de 50 kilowatios por traslación y que en términos de presupuesto podía solventarse al 100 por ciento, a diferencia de las otras propuestas cuyos costos en porcentaje alcanzaban hasta un 190 por ciento, potencia en Kw de 4.000 y energía por traslación en Kw de 140 (ó 1400).

De igual manera, la solución escogida debía superar otro inconveniente: era imposible mantener el canal en pleno funcionamiento durante el trabajo de modernización y mejoramiento de la construcción, de allí que se determinara que la nueva ruta se establecería a unos doce kilómetros de distancia, cerca de la antigua ruta, a fin de evitar las dos esclusas y los cuatro veteranos ascensores del viejo sistema.

Así, se dio paso a los estudios geológicos realizados por el Instituto Geotécnico del Estado y el Servicio Geológico de Bélgica en los que, gracias a la hidrogeología y a la geotécnica estática, se analizaron los terrenos bajo simulaciones reales para que los constructores pudieran escoger los materiales según las condiciones del lugar. En este proceso se realizaron 3000 metros de perforaciones, 2000 pruebas de laboratorio, 1000 metros de diagráfias, 1000 metros de ensayos de penetración y participaron varias universidades.

Con base en la información recogida se inició una excavación de 60 metros de profundidad que recibiría una carga del orden de las 300.000 toneladas y de forma paralela, la construcción de un puente canal de 500 metros de largo, 20 metros de profundidad y 140.000 toneladas de carga que pasaría sobre un importante nudo de carreteras, y haría posible el "vuelo" de las embarcaciones sobre los autos.

Pero para continuar este ambicioso proyecto era necesario realizar una inversión de más de 600 millones de euros que comenzó a presentar problemas en cuanto a su financiación, por su alto monto. Esta situación provocó que, a pesar de haber iniciado obras en 1982, sólo hasta 1993 la Comisión Europea considerara el proyecto prioritario en su plan de vías navegables de interés comunitario y que en 1996, la Región Valona adjudicara la obra a una sociedad mixta encargada de conseguir fondos de capital, subsidios de la Unión Europea, préstamos a largo plazo en el Banco Europeo de Inversiones y capital privado para hacerla realidad.

Secuencia de Funcionamiento

Los primeros tropiezos, el dilema de la financiación y el reto de adaptar nuevas tecnologías para hacer posible el funcionamiento de esta superestructura se vieron compensados, finalmente con la materialización de un gigante cuyo funcionamiento resulta casi increíble.

El traslado en sólo siete minutos es una aventura fascinante que tiene como principio sencillo de operación el sistema de funcionamiento de un funicular: dos ascensores independientes que comprenden cada uno una cámara o cuba móvil que se desplaza verticalmente entre la porción de un canal ⁽¹⁾ anterior y posterior. Su masa, llena de agua,

es equilibrada por una suspensión de 16 contrapesos: ocho de suspensión y ocho de mando.

La cuba, en posición baja, abre sus puertas posteriores conjuntamente con las del canal para equilibrar el nivel de agua; el barco penetra en la cuba y sus puertas así como las del canal descienden evacuando el agua restante. Se retira la junta de impermeabilidad y la cuba empieza su movimiento.

Vale anotar que cada cámara donde se sientan los barcos tiene una longitud útil de 112 metros, un ancho de 12 metros y una profundidad de agua que puede variar entre 3,35 y 4,15 metros. La masa metálica estructural y equipamientos de estos recipientes pesa aproximadamente 2.500 toneladas (peso muerto), medida que varía según el nivel del agua, alcanzando la masa total, entre 7.150 y 8.350 toneladas.

Los contrapesos, a lado y lado de la cuba se unen a ella por medio de 144 cables de acero o trenzados múltiples de 85 mm. de diámetro: 112 de suspensión y 32 de mando. Cada contrapeso de suspensión rodea un contrapeso de mando. Cada cuba es puesta en movimiento por ocho tornos de mano regulados por un reductor de velocidad a engranaje y dos tambores sobre los cuales se enrollan los cables de mando. Los reductores de velocidad son los encargados de mantener el equilibrio hasta que la cuba llega al final del curso.

Los dispositivos de calado anterior y posterior mantienen la cuba en posición horizontal. Las puertas de la cuba y del canal se levantan junto con los mecanismos auxiliares para que el barco deje la cuba y atraviese el canal por un puente. El traslado vertical de la cuba se efectúa a una velocidad de 20 cm/s en solo siete minutos y todo el proceso tarda 40 minutos, un tiempo récord comparado con el registrado con el antiguo sistema.

La obra tiene, en total, 117 metros de altura, incluidos los encubamientos, 135 metros de longitud, 81 metros de



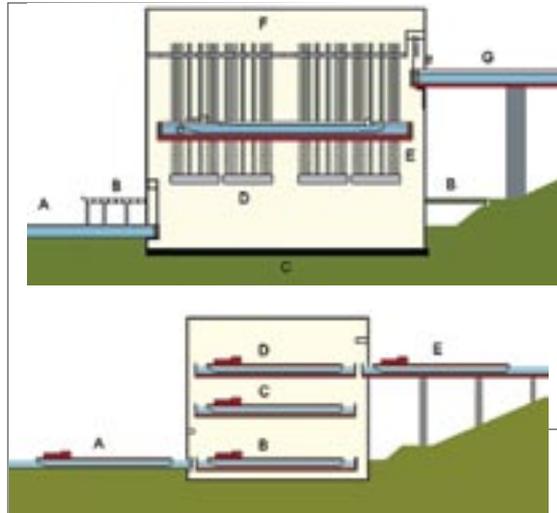
www.canalducentre.be

► Resulta impresionante la vista panorámica que desde el cielo se logra de esta monumental obra.

ancho y una masa de 300.000 toneladas, en las que el acero empleado para esfuerzos aporta un peso de 10.000 toneladas y para columnas de apoyo de 4.000 toneladas; se trata entonces de una superestructura que además de su imponente envergadura cuenta con múltiples equipos mecánicos y electrónicos para su funcionamiento.

Es así como en la cumbre de la torre central se alza una sala de máquinas de 133 metros de longitud, 76 metros de ancho y 25 metros de altura, que no sólo concentra el conjunto de mecanismos compuesto por motores, reductores, tornos de mano y poleas, sino que constituye el puesto de mando y regulación de los dos ascensores.

Adicionalmente y como atractivo turístico allí se dispuso, a una altura entre los 80,85 y 102,20 metros por encima del nivel del camino de Sirga, una galería en la que se incluyen todos los personajes belgas mundialmente famosos en campos como la literatura, pintura y ciencia, que le permite a los visitantes del mo-



► Corte Longitudinal

- A. Canal bajo
- B. Carretera que rodea la obra
- C. Exclusa en hormigón armado
- D. Contrapeso (8.000 toneladas)
- E. Cuba móvil de 112m sobre 8.0 metros de altura
- F. Sala de las máquinas
- G. Canal río arriba

► Cuando un barco pasa del río abajo, estas operaciones son efectuadas en sentido opuesto

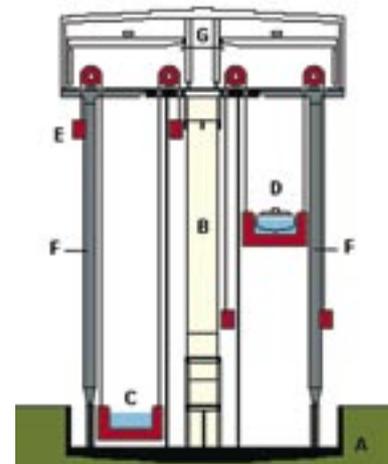
Las puertas de los puentes del canal que permiten la entrada de los barcos a la cuba, el llenado de agua y su posterior sellamiento, constituyen hoy otra de las

partes y procesos regulados mecánicamente más sorprendentes de este funicular. Cada una de ellas fue duplicada con una puerta de seguridad previniendo que la corriente de agua se vaciara en caso de accidente y se logró imponer un tiempo extremadamente corto para la maniobra: 30 segundos solamente.

Equipos Mecánicos, Eléctricos y de Poder

Este grupo de elementos, los mecánicos, concentra la mayor carga de metal y tecnología del proyecto y hacen posible el espectáculo fascinante de ver "volar" buques de gran tonelaje sobre un nudo de autopistas, gracias a los sistemas altamente desarrollados, incorporados en el sistema.

Entre los sistemas mecánicos se cuentan los ya descritos contrapesos y los cables que los unen a la cuba, cuya instalación en el plano adecuado representaron un reto para el cuerpo de ingenieros en cuanto a la seguridad de la obra, hecho por el cual se creó para ello una máquina de prueba que controló la postura del cable y su comportamiento en el tiempo bajo carga. A este equipo se sumó un motor especialmente diseñado para el proyecto, encargado del movimiento y de garantizar un perfecto sincronizado, incluso, en caso de accidentes.



► Corte Transversal

- A. Exclusa.
- B. Torre Central.
- C. Recipiente al descanso.
- D. Cuba en mitad de la Carrera
- E. Contrapeso.
- F. Columnas exteriores.
- G. Sala de Máquinas.



► Sistema de cables.



► Contrapesos.

Para el caso de los sistemas eléctricos, también vitales en el funcionamiento de la obra, los responsables de esta sección se inclinaron por integrar lo último en tecnología, es así como se desarrollaron componentes electrónicos de gran potencia para posibilitar el uso de motores asincrónicos más robustos regulados por convertidores de frecuencia que controlan las velocidades, lo mismo que sensores especializados para resolver problemas de reproducción y estabilidad en el tiempo.

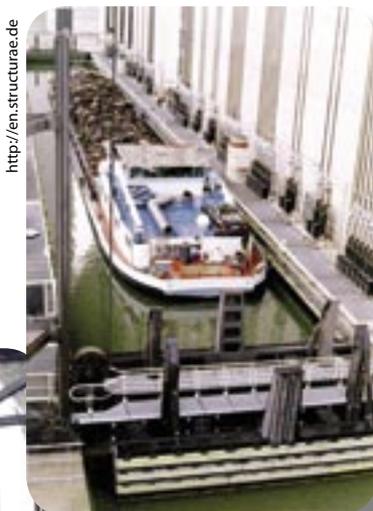
El equipo electrónico necesario para poner en funcionamiento este "gigante" se dividió en varias categorías: una fuente de energía –HV y LV distribuidor y generador en caso de emergencia–, un equipo de maniobra, un equipo de voltaje bajo para dirección, secuencia y control de la operación de las estructuras, un equipo auxiliar (señalización de la vía fluvial, iluminación externa, entre otros), y un equipo responsable de las comunicaciones entre las partes de la instalación y las barcazas.

La supervisión de estos sistemas vitales fue entregada finalmente a computadores y microprocesadores, a través de los cuales se controlaron las operaciones, siendo complementados además por un sistema generador de emergencia que se enciende en caso de sufrir interrupciones la red, lo que permite que cualquier maniobra se culmine.

El tercer grupo de equipos integrados a la obra son los de poder que, en general, se resumen en:

- **Puertas y levantamientos:** Las jaulas o cubas requieren, durante la maniobra, ser sostenidas lo más inmóviles posible incluso cuando se frenan; esto significa mantener una velocidad menor a 5Hz para controlarlas. En este sentido, el circuito de poder consta para ello de ocho unidades que contienen un transformador, un convertidor de frecuencia y un motor de jaula asincrónico. Por cada jaula, dos de estas unidades de convertidor de frecuencia impulsan tres motores que elevan las puertas de alcance de la corriente arriba, de río abajo y las de seguridad.
- **Los motores:** A fin de provocar la rotación de maniobra necesaria para mover la jaula, se requieren cuatro motores de 1000 Kw (kilovatios) y 1000 revoluciones por minuto de 50Hz permanentemente impulsado en 670 voltios.
- **Los convertidores de frecuencia:** Cuando se levanta la jaula, el motor funciona para tomar el peso de la jaula y los cables. Cuando se mueve la jaula el equilibrio se invierte debido a que el peso de los cables se hace mayor sobre el lado del contrapeso y el sistema debe funcionar frenado. En este sentido, los convertidores de frecuencia deben cumplir dos funciones paralelas: controlar un movimiento en el momento de rotación cero, y recuperar la energía de la red. Su acción es tal que, al final del levantamiento, la jaula permanece inmóvil con la carga suspendida por los cables, lo que permite las maniobras de atraco.
- **Control de la estructura:** La regulación de la maniobra de las jaulas y las rejas se divide en dos niveles: el superior (NHS) y el inferior (SNS). El primero asegura la interfaz hombre-máquina (pantalla, interfaz de control, vigilancia de la información y la prueba de los controles para detectar cualquier falla) y el segundo, todo lo que concierne a las secuencias de maniobra.

► Las puertas de los niveles son equipadas con un dispositivo que amortigua los choques posibles de los barcos, siendo capaz de parar una barcaza de 2000 toneladas de carga, lanzada a 5.0 kilómetros/h.



► Cada puerta en los canales cuenta con una adicional, por razones de seguridad, en caso que la puerta principal presente algún inconveniente.

En este punto, los responsables dispusieron varias unidades de control descentralizadas (UCD) instaladas tres por jaula, en la sala de ordenadores, y tres en la sala eléctrica bajo la jaula. Las diversas dependencias de los niveles superior e inferior fueron conectadas a la mesa de control equipado con un software de imágenes que permiten ver el equipo esquemáticamente, exhibir los avances de las secuencias en forma de gráficos, regular la situación de los bucles, comandos especiales de ejecución y generar un registro para seguir y conservar el historial de la estructura.

Mantenimiento para una Empresa Permanente

La combinación de viento, agua, alteraciones sísmicas y medioambientales sobre el metal y el hormigón, que inevi-



tablemente afecta cualquier estructura del tamaño, características y exigencias del Strépy-Thieu, fue una de las preocupaciones del grupo de ingenieros y arquitectos encargados de la obra. De allí que se determinara como regla, efectuar un mantenimiento estricto de las estructuras para garantizarle una vida útil mínima de 20 años.

Para tal efecto, Bélgica designó a la Comisión para la Ordenación de las Estructuras de Ingeniería Civil (CWGOA) como encargada de la correcta gestión de la obra y su mantenimiento pero, para complementar su labor, dicha comisión creó una serie de departamentos para el intercambio de experiencias en materia de reparación y mantenimiento lo que significa, controles e inspecciones regulares y reparaciones de rutina.

Es así como en los últimos años se han llevado a cabo cientos de inspecciones a las estructuras y a la maquinaria, no en vano gracias a estas prácticas adelantadas desde el inicio del funcionamiento de la obra, fue posible detectar tempranamente por ejemplo, la aparición del deterioro en la estructura por falta de impermeabilidad en las cubiertas del puente.

Cuadro 1

Tipo	Longitud	Anchura	Altura	Masa
Pedido	10,27 m	1,25 m	5,40 m	8 x 178,25 t
S. Extensiones.	22,18 m	3,40 m	5,51 m	4 x 790,50 t
Suspensión Int.	21,58 m	3,20 m	5,58 m	4 x 790,50 t

Fuente: Cuadernos de PONE (colecciones Técnicas) No. 3 abril de 1993

Cuadro 2

Información técnica		
Parte de la estructura	Descripción	Valor
Materiales de construcción		
Embarcaderos	Concreto reforzado	
Losa de la fundición	Concreto reforzado	
Dimensiones		
Canal	Longitud	112 m.
	Profundidad del agua	3.35 - 4.15 m.
Puente	Número de palmos	2 x 4
Lancha a remolque	Ancho	16.5 m.
	Alto	8 m.
	Longitud	118.6 m.
Cantidades usadas en Construcción		
	Acero estructural	2 200 t.

Fuente: <http://en.structureae.de/structures/data/index.cfm?id=s0009959>



De igual forma, estas indagaciones promovieron también la adaptación de nuevas técnicas como la termografía de infrarrojos para el examen de las cubiertas del puente, Geodar, para la detección de la deslaminación de las losas de la cubierta del puente y los extensómetros de fibra óptica para medir los esfuerzos de los materiales y en particular, del concreto.

Con el uso de esta tecnología algunos departamentos adelantaron distintas investigaciones en pro del mantenimiento óptimo de la estructura, de hecho, en el 2001 se realizó un estudio específico sobre un proceso denominado "Corrosión del puente en las losas de cubierta", esto permitió corregir fallos para evitar la alteración regular del funicular.

De esta manera el monumental ascensor ha prestado sus servicios ininterrumpidamente desde septiembre de 2002 –fecha de su inauguración– registrando el paso diario de hasta 15 barcos de 2.000 toneladas en un trayecto equivalente a 52,5 kilómetros de camiones al día, lo que en términos ambientales y ecológicos representa un gran aporte si se considera que el CO₂ generado en las carreteras de Europa causa el 84 por ciento de las emisiones relacionadas con el transporte en general.

Ahora y soportados en alta tecnología, controles rigurosos, eficiencia y la prueba que los grandes retos pueden ser conquistados por hombres constantes y soñadores, el Strépy-Thieu se levanta como un gigante de la ingeniería y del turismo en Bélgica. Hoy, miles de personas tienen la oportunidad de hacer un recorrido por sus instalaciones de manera segura –bajo la supervisión de un equipo de 12 profesionales– y contemplar de cerca un modo de transporte ecológico que responde al desarrollo de una era y a los clamores octogenarios de pueblos ávidos de soluciones que retaron hace años la imaginación. ▣



http://ingcaba.blogspot.com

Fuente:

www.canal-du-centre.be/Education/Ast/Fr/commentcamarche.html
http://services-techniques.met.wallonie.be/en/waterways/strepythieu_boat-http://www.tv5.org/TV5Site/alexandria/definition-http://www.belgica-turismo.es/patrimonio_industrial_belgica_turismo.asp-www.inlandnavigation.org/documents/Waternews-http://ingcaba.blogspot.com/2007/08/el-mayor-elevador-de-embarcaciones-del.html
http://en.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0009959-http://64.233.179.104/translate_c?hl=es-http://voies-hydrauliques.wallonie.be-http://plaisance.voies-hydrauliques.wallonie.be/

Citas:

1) Porción de un canal: sección de un canal o de un río comprendida entre dos esclusas o entre dos presas.

FICHA TÉCNICA	
Nivel nominal de flotación	
Canal anterior	121,15 m.
Canal aval	48,00 m.
Valores extremos	
Canal anterior	120,60 - 121,40 m.
Canal aval	48,00 - 48,20 m.
Entre eje de las cubas móviles	40,30 m.
Distancia horizontal biebs anterior y posterior	118,80 m.
Carrera cubas móviles (altura de caída nominal)	73,15 m.
Altura media entre un puente y el nivel del agua	7,50 m.
Duración de un traslado (traslación)	6 minutos
Duración de un ciclo completo	76 minutos
Cubas móviles	
Longitud	118,60 m.
Anchura	16,50 m.
Altura	8,00 m.
Longitud útil	112,00 m.
Anchura útil	12,00 m.
Altura de agua (Equilibrada)	3,75 m.
Altura de agua máxima en la cuba	4,15 m.
Altura de agua mínimo en la cuba	3,35 m.
Masa de la cuba vacía	+/-2600 t
Masa de agua	A 3,75 m - 5550 t.
	A 4,15 m - 6142 t.
	A 3,35 m - 4958 t.
Velocidad de maniobra	0,2 m/s.
Aceleración máxima	0,02 m / s ²
Variación de aceleración	Constante
Contrapeso (masas)	
Encargo(Mando) 8 x 178,25 t	1426 t.
Suspensión 8 x 835 t	6680 t.
Total	7750 t.
Lleva cuba-canal	
Longitud	12,94 m.
Anchura	0,90 m.
Altura	5,80 m.
Persigue mínimo	11,90 m.
Agrupación puerta Canal	78 t.
Masa lleva tamiz	70 t.
Masa que hay que levantar	162,2 t.
Duración de maniobra	136 segundos
Puerta de guardia	
Longitud	12,94 m.
Anchura	0,90 m.
Altura	5,80 m.
Persigue mínimo	11,90 m.
Masa	31 t.
Duración de maniobra	30 segundos

Fuente: Dirección general de las Vías Hidráulicas