

## **ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA**

### **SECCIÓN INGENIERÍA CIVIL**

#### **INFORME DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE EL AÑO 2007**

La Sección programó y desarrolló un ciclo de conferencias sobre diversos temas, el cual fue cumplido a lo largo del año en las reuniones del plenario académico. Las exposiciones fueron las siguientes:

- 9 de Abril: Ing. Oscar A. Vardé sobre “Seguridad de Presas. Experiencias adquiridas en las auditorías independientes”(\*).
- 7 de mayo: Ings. Alberto Giovambattista y Raúl A. Lopardo sobre “Reparación del desagüe de la Usina Dock Sud”.
- 4 de junio: Ing. Alberto H. Puppo sobre “Introducción a la Acústica Aplicada”.
- 2 de julio: Ing. Arturo J. Bignoli sobre “¿La Nueva Ingeniería?”.
- 6 de agosto: Ing. Tomás del Carril sobre “Sistema de Gestión de puentes. Aplicaciones”.
- 3 de septiembre: Ing. Ricardo A. Schwarz sobre “Reflexiones portuarias”.
- 5 de noviembre: Ing. Bryan Domínguez sobre “Generadores Eólicos de baja potencia para pobladores aislados de la Patagonia”.
- 3 de diciembre: Ing. Juan S. Carmona sobre “Aspectos del sismo de Pisco, Perú, del 15 de agosto del 2007”(\*).

Salvo las señaladas con (\*), las restantes están incorporadas en los Anales de la Academia.



## **EL CONDUCTO DE AGUA DE REFRIGERACIÓN DE LA CENTRAL DOCK SUD 1907 - 2005**

### **EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN<sup>1</sup>**

Ing. ALBERTO GIOVAMBATTISTA  
Académico de número

#### **Resumen**

Se exponen los sucesivos trabajos de evaluación y rehabilitación realizados en el conducto de hormigón armado para agua de refrigeración de la central termoeléctrica ubicada en el puerto de Dock Sud, próximo a la ciudad de Buenos Aires, República Argentina.

El conducto fue construido en 1907. En los años 30 se construyó una destilería de petróleo sobre el acueducto. Después de la Segunda Guerra Mundial se instalaron en la zona industrias químicas. Todas estas industrias contaminaron los suelos de contacto y luego, durante un período en que la Central estuvo desactivada, utilizaron el conducto para eliminar sus efluentes contaminantes.

El conducto estuvo funcionando hasta 1975. En 2005 se construyó una nueva central termoeléctrica. Se evaluó el conducto, se realizaron algunas reparaciones y se lo puso en servicio.

Al operar la Central, se observó que un nuevo vertedero de ingreso al conducto incorporaba aire no deseado en la vena líquida. Esto, a su vez, provocaba derrames de agua y espuma por las chimeneas de aireación ubicadas dentro de la destilería. También se observaron burbujas en la superficie del agua del canal. Los derrames no eran admisibles y las burbujas en el canal despertaban temores sobre el estado estructural del conducto.

Aprovechando una parada de mantenimiento, en agosto y setiembre de 2005 se inspeccionó y reparó el sifón para asegurar su comportamiento estructural y se modificó el vertedero para evitar la incorporación de aire.

Esta presentación muestra que, aún en condiciones adversas de exposición, el conducto está en servicio luego de 100 años de construido. Sólo requirió reparaciones menores.

*Palabras clave:* Hormigón, conducto, durabilidad, vida en servicio, reparaciones, inyecciones.

<sup>1</sup> Conferencia pronunciada en la Sesión Plenaria Ordinaria del 7 de mayo de 2007.

## 1. Descripción y breve historia de la estructura

Este escrito reúne los trabajos de evaluación y rehabilitación realizados en el conducto de hormigón armado para agua de refrigeración de la central termoeléctrica ubicada en el puerto de Dock Sud, próximo a la ciudad de Buenos Aires, República Argentina.

La Figura 1 presenta el *layout* del emplazamiento y las dimensiones del conducto. El tramo horizontal de sección rectangular fue construido a cielo abierto; el sifón se realizó en túnel.

La central estuvo en funcionamiento desde 1907 hasta 1975. Tomaba el agua para refrigeración del canal del Dock y la restituía al Río de La Plata a través del conducto. A comienzos de los años 2000 se construyó en el mismo lugar una nueva central termoeléctrica de ciclo combinado, de 775 MW de potencia instalada, que utiliza el conducto de refrigeración original, pero con distinto régimen de carga, que incluye una mayor presión. En el año 1999, y durante la etapa de proyecto de la nueva central, se evaluó el estado actual de la estructura del conducto.

Es importante señalar que en 1907 la zona estaba totalmente despoblada. En los años 30 se instaló una destilería de petróleo sobre el acueducto. Después de la Segunda Guerra Mundial se instalaron en la zona industrias químicas. Todas estas industrias contaminaron los suelos de contacto y luego, durante el período en que estuvo desactivado, utilizaron el conducto desactivado para eliminar sus efluentes contaminantes.

Los estudios mostraron que el conducto era apto para trabajar con la nueva central, que entró en servicio en 2000 (Giovambattista, A. et al., 2001).

La operación de la Central puso en evidencia que el vertedero incorporaba aire no deseado en la vena líquida. Esto, a su vez, provocaba derrames de agua y espuma por las chimeneas de aireación, distribuidas a lo largo del tramo dentro de la destilería de Shell. También se observaron burbujas en la superficie del agua del canal, en coincidencia con la traza del sifón (ver Fotografía 1). Los derrames no eran admisibles dentro de la destilería y las burbujas en el canal despertaban temores sobre el estado estructural del conducto.

Aprovechando una parada de mantenimiento, en agosto y setiembre de 2005 se inspeccionó y reparó el sifón para asegurar su comportamiento estructural y se modificó el vertedero para evitar la incorporación de aire.

Este trabajo expone los resultados de las evaluaciones y reparaciones realizadas en el conducto del sifón.

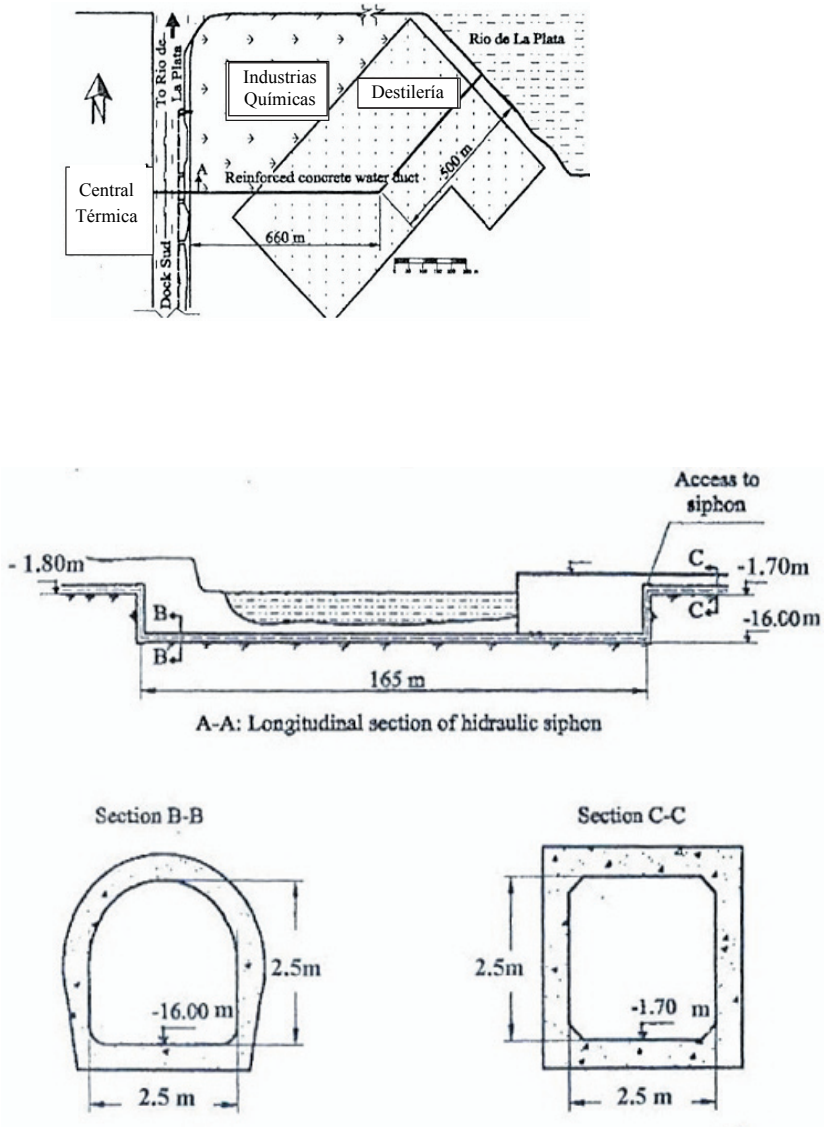


Figure 1. Layout and dimensions of the duct.

## 2. Evaluaciones y reparaciones realizadas en 1999-2000

(Giovambattista, A. et al., 1999)

### 2.1. Observación macroscópica

La primera inspección del interior del conducto mostró que: (i) No habían deterioros importantes. (ii) Existían filtraciones de agua significativas localizadas puntualmente. (iii) Las superficies estaban recubiertas con incrustaciones, debajo de las cuales se encontraba una capa de hormigón deleznable.

Se realizaron cinco perforaciones pasantes con recuperación de testigos: 2 en el hastial derecho con longitudes de 760 y 395 mm; 2 en el hastial izquierdo, con longitudes de 460 y 530 mm; y uno en la clave con 294 mm de longitud. El hormigón presenta agregados de gran tamaño. La matriz de mortero, adyacente al interior y exterior del conducto y a las superficies de juntas abiertas y fisuras, se encuentra degradada, con faltante de pasta de cemento. Las zonas degradadas tenían menos de 50 mm de espesor y en dichas zonas el mortero se disgregaba fácilmente al tacto; el aspecto del resto de los testigos era bueno.

### 2.2. El hormigón y el medio en contacto con la estructura

El conducto está en contacto con un suelo CL muy consolidado y de baja permeabilidad. Su densidad húmeda es 1860 kg/m<sup>3</sup> y K = 2E-0.9 m/seg. Las muestras de agua freática recogida en 4 filtraciones tenían la siguiente composición:

	pH(1:10)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (ppm)	Sales totales (ppm)
Valor medio	7.2	2480	560	5730
Desvío estándar	0.4	1420	290	2850

El hormigón estaba elaborado con arena silícea y piedra partida granítica.

El contenido de cemento fue calculado a partir del SiO<sub>2</sub> obtenido por análisis químico (ASTM C 1084). En los sectores donde el hormigón estaba sano, sin signos visibles de alteración, el contenido medio de cemento es de 223 kg/m<sup>3</sup>. En los sectores donde el hormigón presenta degradación, varía entre 143 kg/m<sup>3</sup> y 199 kg/m<sup>3</sup>. La disminución en las zonas alteradas es atribuible a lixiviación por el pasaje de agua a través del hormigón. Este mecanismo se acentúa donde las filtraciones se ven favorecidas por la presencia de juntas, fisuras o planos de debilidad preexistentes. Cabe destacar que aun en las zonas de hormigón

sano el contenido de cemento se encuentra por debajo de los contenidos mínimos recomendados por durabilidad para estructuras y condiciones de exposición similares a las del conducto.

Se extrajeron testigos de hormigón que fueron ensayados en condición de saturados. Sus resultados fueron:

Propiedad	N	Valor medio	Desvío estándar
Resistencia a compresión: $f'_{cm}$ [MPa]	8	12,9	2,2
Masa específica (ASTM C 642) [ $\text{Kg}/\text{m}^3$ ]	14	2225	59
Absorción de agua (ASTM C 642) [%]	14	5,0	2,2

La resistencia indicada es inferior a la que se recomienda en los reglamentos actuales para las estructuras sometidas a condiciones de servicio similares.

Las micrografías del hormigón muestran interfases nítidas, aunque en algunos casos se ha desarrollado un proceso de borde que debilita la compacidad de la muestra. En el mortero se identificó calcita y escaso yeso, observándose sectores donde la circulación de fluidos dio origen al desarrollo de canales o poros. No se observaron alteraciones por reacción álcalis-agregados ni por ataque de sulfatos.

El análisis químico del hormigón (excluye el material de superficie) indicó un valor medio de  $\text{pH}=10,0$  con valores extremos de 9,1 y 11,2. Estos valores pueden considerarse normales para el hormigón analizado. Los contenidos de cloruros (ASTM C 1218) y sulfatos (ASTM C 114) referidos al c.c. de cada muestra se indican en la tabla siguiente.

	$\text{Cl}^-$ (%)	$\text{SO}_4^{=}$ (%)
Valor medio	0,54	2,33
Desvío estándar	0,20	1,05
N	21	21

De acuerdo con los criterios establecidos por ACI (1) y FIB (2), los contenidos de  $\text{Cl}^-$  (%) son superiores al umbral establecido para el “ataque potencial” de la armadura.

Asimismo, los perfiles de cloruros correspondientes a los distintos testigos indicaban que la concentración de cloruros  $[\text{Cl}^-]$  tendía a ser uniforme en el espesor del conducto y era similar en los hastiales y en la clave. Esto indicaba que las diferentes condiciones de contacto con el suelo no habían influido en la difusión de los cloruros dentro del hormigón. También muestra que un suelo

de baja permeabilidad no afecta el ingreso de iones por difusión cuando la exposición es prolongada.

Los contenidos de sulfatos se encontraban dentro de los valores normales aportados por la propia composición del cemento.

Los diferentes materiales existentes sobre la superficie interior del conducto poseían las siguientes características:

(a) Capa superficial de hormigón degradado con muy poca consistencia, que permitía sacarlo con espátula en un espesor menor de 5 mm. La degradación se produjo por ataque ácido al cemento (3). El pH de este material estaba entre 6.7 y 8.5.

(b) Gel blanco acumulado en coincidencia con algunas filtraciones de agua. Estaba constituido en su mayor parte por agua. La fracción sólida se componía mayoritariamente de: (i) Sílice y calcio provenientes de la degradación y lixiviación del hormigón adyacente a las vías de escurrimiento de la filtración de agua exterior. (ii) Cloruros provenientes del agua freática. (iii) Sulfatos provenientes del agua freática y probablemente de los productos de hidratación del cemento contenidos en la masa del hormigón adyacente a la filtración.

(c) Incrustaciones de color blanco. Tenían un contenido elevado de agua y de hidróxido de calcio lixiviado del hormigón y luego carbonatado. No contiene cloruros ni sulfatos.

(d) Incrustaciones de color marrón que aparecían en algunas filtraciones. Tenían un contenido elevado de agua. En la fracción sólida se detectó: (i) Sílice y muy poco calcio, provenientes de la degradación y lixiviación del hormigón adyacente a las filtraciones de agua exterior. (ii) Cloruros provenientes del agua freática. (iii) Hierro, que daba la coloración al material y provenía de la corrosión localizada de armaduras producida en coincidencia con las filtraciones. (iiii) No hay sulfatos.

### 2.3. *El acero de las armaduras*

Las cuantías de armadura, los recubrimientos y el estado de las barras de acero respecto de la corrosión se determinaron por observación directa en ventanas que se abrieron en las paredes del conducto. La evaluación del recubrimiento y del estado del acero se complementó con mediciones efectuadas con métodos de inducción magnética, y potenciales de corrosión, respectivamente.

Los testigos recuperados contenían tramos de barras de acero interceptadas por las perforaciones. Dichos trozos fueron separados y observados en el laboratorio. Se encontró que las barras no presentan signos de corrosión. La adherencia acero-hormigón es fuerte y resultó difícil separar las barras sin romper al hormigón.

Las observaciones directas en áreas donde se descubrieron armaduras también mostraron que el estado general del acero es bueno. Las barras están cubiertas con una delgada capa de óxidos pasivantes y conservan su integridad.

Las cuantías de armadura, los recubrimientos y el estado de las barras de acero respecto de la corrosión se determinaron por observación directa en ventanas que se abrieron en las paredes del conducto. La evaluación del recubrimiento y del estado del acero se complementó con mediciones efectuadas con métodos de inducción magnética, y potenciales de corrosión, respectivamente.

Las armaduras encontradas eran de acero liso, con las siguientes cuantías:

Armadura exterior: 1  $\phi$  15 cada 20 cm; recubrimiento nominal 10 cm.

Armadura interior: 1  $\phi$  15 cada 70 cm; recubrimiento medio de 12 cm.

Se obtuvieron muestras de barras de acero incluidas en la estructura y se realizaron ensayos de tracción, análisis químico y metalografía. Se determinó que el acero tiene la siguiente composición, en %: 0.08 C; 0.64 Mn; 0.115 P; 0.063 S; 0.05 Si. La metalografía mostró elevado nivel de macro y micro inclusiones. Tiene una tensión de fluencia de 280 MPa y un alargamiento porcentual del 24%, en 10 diámetros.

Los Potenciales de Corrosión se midieron según ASTM C 876-97, con un electrodo de referencia de Calomel saturado. Los resultados se indican en la tabla siguiente:

Sector conducto	Posición armadura	N	Prom (mV)	Desv est	Recubrimiento
Lado derecho	Superficial	13	- 466	10	30 mm
Lado izquierdo	Superficial	32	- 666	9	40 mm
Ambos lados	Interior	27	- 595	19	140 / 280 mm

Según ASTM C 876-97, potenciales más negativos que  $-290$  mV indican un 90% de probabilidad de que el acero se encuentre en estado activo respecto de la corrosión, lo cual estaría en aparente contradicción con la observación precedente. Ello tiene justificación en que el hormigón de la estructura ha permanecido durante su vida en servicio saturado de humedad; ello redujo la disponibilidad de oxígeno en la interfase armadura-hormigón y disminuyó la

velocidad de la reacción catódica en la cual el oxígeno actúa como agente reductor. En esas condiciones, los potenciales se tornan muy negativos, sin que ello implique una elevada actividad (corrosión) del acero (4), (5).

Por otro lado, los potenciales medidos poseen un alto grado de uniformidad, lo cual nos permite considerar que las armaduras ocultas presentan características similares a las que han sido descubiertas.

#### *2.4. Contacto suelo-estructura y reparación de las filtraciones*

El flujo importante de filtraciones localizadas en la clave, y la degradación del hormigón adyacente a las vías de agua mencionados en 2.1 y 2.2, llevaron a evaluar las condiciones de contacto del conducto con el suelo que lo circunda. A ese fin se realizaron pruebas de inyecciones de relleno con lechada de cemento, a volumen y presión controlada. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- (a) En los hastiales el contacto es bueno y no toma inyección hasta 0,7 MPa.
- (b) En la clave se inyectó con facilidad. Se detectó que: (i) Los vacíos de la interfase estaban interconectados. (ii) Al encontrar rechazo y aumentar la presión de inyección, la lechada fluía a través del hormigón por las vías de filtración y por los poros; esto mostró la factibilidad de rellenar las mencionadas vías de agua y otros huecos conectados existentes en la masa del hormigón de la clave.

Posteriormente se inyectó sistemáticamente todo el contacto de la clave. Con ello se extendió a toda la estructura los resultados mencionados en (i) y (ii). Se consideró que la inyección mejoró el comportamiento estructural y la durabilidad de la estructura. También aumentará alcalinidad del hormigón en los lugares donde las barras cruzan las vías de agua, que son los únicos sitios donde se había detectado despasivación del acero.

### **3. Evaluaciones y reparaciones realizadas en 2005**

#### *3.1. Análisis y proyecto*

De acuerdo con el estudio hidráulico (Lopardo y Bachiega, 2005), la incorporación de aire en el vertedero origina un mecanismo capaz de provocar pulsos de sobrepresión localizados y de corta duración. Ese fenómeno pudo haber ocurrido durante el período 2000-2005 de operación de la Central. El mencionado estudio estimó el rango de amplitud de esas pulsaciones, las mayores de las cuales podrían haber producido la rotura del conducto. No obstante, por las condiciones

de funcionamiento observadas a mediados de 2005, se consideró que las pulsaciones efectivamente ocurridas no habían comprometido a la estructura.

Para la operación de la Central con posterioridad a la parada de mantenimiento del 2005, se asumió que deben evitarse las sobrecargas dinámicas corrigiendo el diseño del vertedero para eliminar la incorporación de aire.

Sin perjuicio de lo anterior, la estructura integrada por el conducto de hormigón armado y el suelo circundante consolidado debe ser capaz de resistir una determinada sobrecarga dinámica de diseño. Se consideró un espesor de 5,00 m de suelo, constituido por arcilla con limo con 20 golpes de resistencia a la penetración.

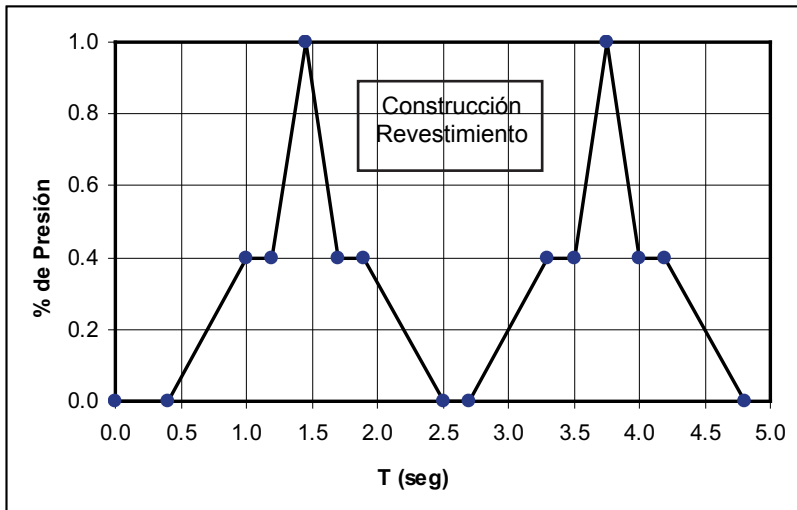
Para materializar la estructura integrada es necesario asegurar el contacto suelo-conducto y sellar las vías de escurrimiento de agua a través del suelo para evitar su lavado y consecuente pérdida de consistencia. Consecuentemente, se proyectó la inyección del suelo circundante y el contacto suelo-hormigón, la inyección de las vías de agua en el hormigón del conducto, la reparación de daños localizados y la construcción de un revestimiento interior de hormigón proyectado con armadura de acero.

Paralelamente, se verificó el comportamiento estructural del conducto con su configuración original y también con el refuerzo interior proyectado (Bissio, F., 2005). Se consideró que el conducto tiene 0,40 m de espesor de hormigón. La armadura existente es de muy baja cuantía y no se la tuvo en cuenta en el análisis; en las condiciones de servicio, ella brindará un aporte adicional de resistencia. Las cotas internas de la sección transversal, en el tramo horizontal del sifón, se tomaron iguales a: máxima 82,06 m; mínima 79,56 m.

Se consideraron las siguientes cargas sobre el conducto:

- Peso propio de los materiales, actuante desde la construcción del conducto.
- Presión estática de agua sobre la superficie exterior del conducto, correspondiente al nivel mínimo del Riachuelo (Cota 96.00). Dado que las presiones internas alcanzan valores superiores a la presión externa, la situación más desfavorable corresponde al nivel mínimo indicado.
- Presión estática de agua sobre la cara interna del conducto igual a 17.8 mca.
- Sobrepresión hidrodinámica. Se la adoptó para cubrir una eficiencia parcial de la corrección del vertedero. Se estimó que los pulsos se desarrollan en 0.5 segundos. El análisis se realizó en modo dinámico-transitorio para la aplicación de los pulsos de presión interna en el conducto (aunque los resultados obtenidos indican que la influencia es muy pequeña). Se aplicó una sobrepresión máxima de 26.7 mca, como se muestra en la Figura 2. Para el

primer pico el conducto tiene la configuración original; en el segundo está colocado el refuerzo interior proyectado.



**FIGURA 2. Ciclos de sobrepresión hidrodinámica.**

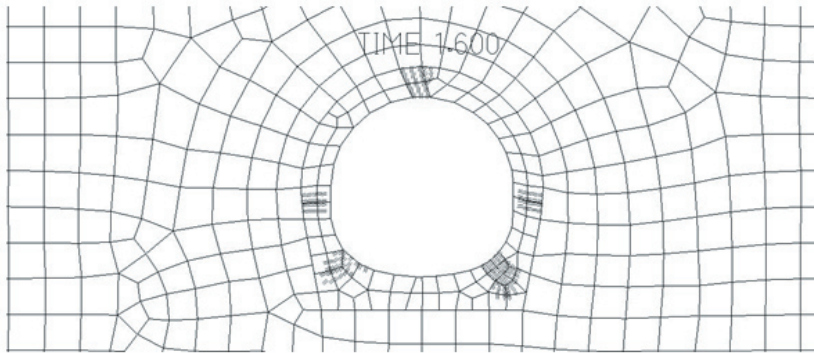
El conjunto suelo-estructura se llevó a un modelo de elementos finitos (MEF), con elementos isoparamétricos de 9 nodos. El modelo es evolutivo y considera las variaciones de la estructura en el tiempo.

Las propiedades asumidas para los materiales son:

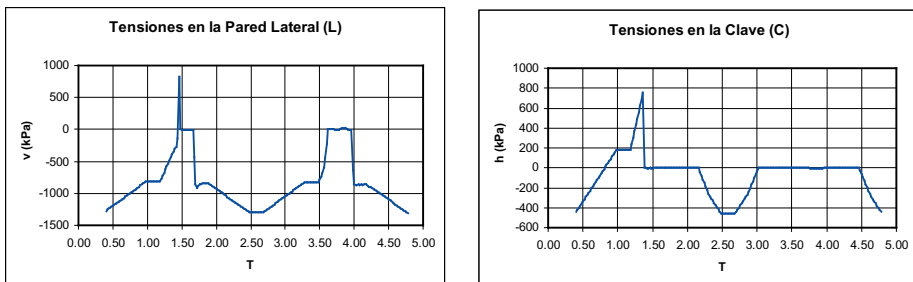
- Suelo: Sobre la base de la información disponible (clasificación y SPT), se estimó un módulo de deformación de 120 MPa. Se adoptó un valor relativamente bajo a efectos de obtener la respuesta más desfavorable –dentro de límites razonables– en la estructura de hormigón.
- Hormigón Existente: Se consideró un material con módulo tangente inicial  $E_i = 20000$  MPa, resistencia uniaxial de 13 MPa en compresión y 1.3 MPa en tracción (con un valor residual de 1MPa). El modelo de material contempla la formación de fisuras y la degradación de la rigidez con las solicitaciones.
- Refuerzo interior a construir, en hormigón proyectado. Se consideró una armadura de acero, embebida en los anillos del nuevo revestimiento, con

una sección transversal de  $10.05 \text{ cm}^2/\text{m}$  ( $\phi 16 \text{ c}/20$ ). El comportamiento del material es elastoplástico, con un módulo de Young de  $210000 \text{ MPa}$  y una tensión de fluencia de  $420 \text{ MPa}$ .

Los resultados obtenidos en el MEF se indican en las figuras 3 y 4. La primera de ellas muestra las fisuras abiertas durante el primer pico de sobrepresión con la configuración original del conducto (líneas en áreas grisadas). En la siguiente figura se da la variación de las tensiones en el hormigón durante el desarrollo del pulso hidrodinámico. Los círculos señalan las tensiones que provocaron las fisuras del hormigón.



**FIGURA 3. MEF con la ubicación de las fisuras abiertas en el primer pico del pulso aplicado.**



**FIGURA 4. Tensiones en el hormigón del conducto.**

Con los resultados expuestos, se decidió vaciar el conducto y ejecutar las reparaciones y refuerzos antes descriptos. Se hace notar que ellos fueron proyectados sin poder acceder al conducto para su observación.

### *3.2. Reparaciones realizadas en 2005*

El conducto se vació casi por completo. Su inspección ocular permitió apreciar que no había líneas de rotura debida a las cargas. En general, la superficie estaba sana (Fotografía 2), con zonas acotadas que exhibían daños superficiales de distinto tipo. Como ejemplo, la Fotografía 3 muestra un área donde se había perdido el recubrimiento de la armadura (Giovambattista, A. y Galuppo, J.C., 2005).

Existían ingresos puntuales de agua. La mayoría aportaba escaso caudal. Pero algunas eran importantes, como muestra la Fotografía 4.

Se inyectó el suelo de contacto en forma sistemática, con redes de perforaciones primaria y secundaria en toda la superficie del conducto. Donde fue necesario, también se recurrió a perforaciones terciarias.

Luego se inyectaron las vías de agua en el hormigón, hasta eliminar las filtraciones significativas. Logrado esto, se repararon los daños superficiales en el interior del conducto y se construyó la modificación del vertedero (Lopardo y Bachiega, 2005).

Por razones operativas, se desistió de realizar el blindaje interior de hormigón armado que se había proyectado.

## **4. Conclusiones**

### *a) Las actuaciones de 1999 permitieron concluir que*

El hormigón tiene una resistencia a la compresión media de 12,9 Mpa y un contenido de cemento de 223 kg/m<sup>3</sup>. Ambos son inferiores a los actualmente recomendados por los códigos de seguridad para estructuras sometidas a condiciones de servicio similares a las del sifón. No obstante, la estructura tuvo un comportamiento satisfactorio durante el período en servicio.

La masa del hormigón del conducto está sana. Se produjo degradación del hormigón en la superficie interior, por ataque ácido, hasta una profundidad de 50 mm. Este material fue eliminado.

También hubo lixiviación del hormigón de las zonas coincidentes con las filtraciones mayores de agua. Esto produjo, además, arrastre de partículas finas del mortero, incrementó la porosidad local del hormigón y disminuyó su

resistencia. En estas zonas se midieron contenidos de cemento comprendidos entre 143 y 199 kg/m<sup>3</sup>.

El hormigón tenía un contenido medio de cloruros de 0,54% en peso de cemento. Esa concentración es superior a los niveles críticos aceptados a partir de los cuales existe riesgo de corrosión de las armaduras. No obstante, no hay corrosión de armaduras empotradas en el hormigón no lixiviado por filtraciones.

La concentración de cloruros es uniforme en el espesor de la pared del conducto. La baja permeabilidad del suelo no afectó el ingreso de iones por difusión.

La inyección del contacto suelo-clave permitió eliminar las filtraciones y llenar los huecos comunicados y degradados del hormigón. Con ello se espera que mejore el comportamiento resistente y durable de la estructura.

El conducto conserva su aptitud luego de 90 años en servicio, durante los cuales estuvo expuesto, por períodos, a un medio muy agresivo. Sólo fue necesario hacer reparaciones menores.

#### *b) Resultados de la intervención en 2005*

Se constató que el conducto no tenía fracturas debidas a las cargas ni otros daños significativos.

Se inyectó el suelo de contacto y su interfase con el conducto. Esta tarea evidenció la existencia de vías importantes, que fueron selladas.

El conducto de hormigón tenía filtraciones de agua, algunas significativas, que fueron eliminadas mediante inyecciones. No obstante, al concluirse los trabajos para poner nuevamente en funcionamiento la Central, persistían ingresos de agua generalizados, de caudal no medible, debidos a la porosidad del hormigón. También persistían unos pocos ingresos puntuales en el sifón: a través de vías no selladas en el tramo horizontal y en juntas constructivas de las ramas verticales. En estas últimas no se había previsto su inyección.

Se repararon los daños superficiales en el interior del conducto.

Se reparó el vertedero. Con ello se eliminó el burbujeo de aire en el canal y los derrames en las ventilaciones dentro de la Destilería de Shell.

## **5. Referencias**

Giovambattista, A.; Eperjesi, L.; Ferreyra Hirschi, E.; "Evaluation and rehabilitation of a reinforced concrete water conduct after 90 years in service", *Proc. of the Third International Conference of Concrete under Severe Conditions, University of British Columbia, Vancouver, 2001.*

- Giovambattista, A. y Asociados, "Central Dock Sud. Tramo horizontal del sifón, del conducto de descarga. Informe técnico". 1999.
- Giovambattista, A. y Galuppo, J. C., "Central Dock Sud. Sistema de Descarga del Circuito de Enfriamiento. Inspección y supervisión del tramo horizontal del sifón. Informe técnico". 2005.
- Lopardo, R. A. y Bachiega, J. D., "Central Dock Sud. Diagnóstico de las condiciones de funcionamiento hidráulico y planteo de alternativas de solución. Informe final". 2005.
- Bissio, Francisco, "Central Dock Sud. Sistema de descarga del circuito de enfriamiento. Verificación estructural del tramo horizontal del sifón. Informe técnico". 2005.
- ACI Committee 201.2R, "Proposed revision of: Guide to Durable Concrete", *ACI Materials Journals*, September-October. 1991.
- Arup, H. "Mechanism of the protection of steel by concrete", *Corrosion of reinforcement in concrete construction*, Alan P Crane. Ed. Society of Chemical Industry, Ellis Horwood Lmted., Chichester, 15-157. 1983.
- Eperjesi, L., Traversa, L., Giovambattista, A., Barbosa, M., Gassa, L., Vetere, F. and Sota, J., "Difusión de cloruros en hormigones con adiciones minerales activas", *Proc. Primer Congreso Internacional de Tecnología del Hormigón, Argentina*, 491-499. 1998.



**FOTOGRAFÍA 1. Burbujeo de aire en la superficie líquida del canal sobre el primer tramo del sifón, antes de la intervención de 2005.**



**FOTOGRAFÍA 2. Vista de una superficie sana. 2005.**



**FOTOGRAFÍA 3. Área de armaduras expuestas que fue cubierta con hormigón. 2005.**