

# Túnel hidroeléctrico de las Cataratas del Niágara Geomembrana integrada con detección electrónica de fugas

Dr. Markus Haager, Gerente Técnico de Proyectos de revestimientos AGFU, Austria  
Fotos: Cortesía Polipro & Strabag

Revista de la tecnología del concreto  
**Noticreto**



↑ Interior del túnel revestido con geomembrana

## Introducción

Las cataratas del Niágara marcan el límite entre Canadá y Estados Unidos y son un espectáculo natural único que atrae a millones de turistas cada año. Además de las impresionantes cascadas, el río Niágara ofrece un atractivo adicional: una alta capacidad para generar energía, que se aprovecha desde hace más de 250 años. La primera persona en desviar un pequeño canal para suministrar energía mecánica a su aserradero fue Daniel Joncairs, en 1759. En 1881, una estación generadora comenzó a suministrar corriente continua a los poblados cercanos a las cataratas.

Las cataratas tienen una altura de caída de 53 m, ante lo cual se decidió abrir un canal de 20 km de largo que desvía el agua por



encima de las cataratas y la libera en la parte inferior del río. La primera estación generadora, llamada Sir Adam Beck I, fue puesta en servicio en 1922 y tiene una altura de caída de 89 m. En 1950 se hizo una importante expansión y desde 1954 están en funcionamiento dos túneles, cada uno con un diámetro de 13,7 m y longitud de 8 km, que suministran agua a la estación generadora Sir Adam Beck II. Hoy en día, las dos plantas generadoras Sir Adam Beck, en el lado canadiense, y la central Robert Moses, en Estados Unidos, conforman una de las mayores fuentes de energía hidroeléctrica de América del Norte, con capacidad de 5.000 MW.

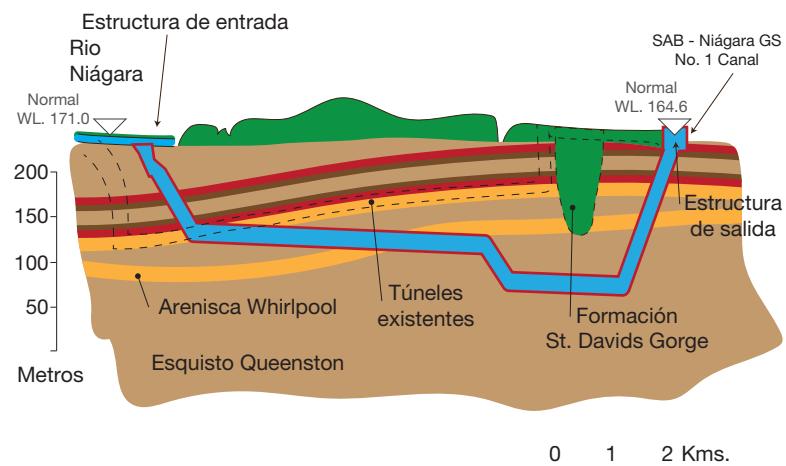
En la actualidad está en marcha una nueva expansión significativa. En 2006 comenzó la construcción del proyecto de instalación del Túnel del Niágara (NTFP por su sigla en inglés). Este proyecto comienza arriba de las cataratas en el International Niagara Control Works. Luego desciende paralelo a las cataratas a unos 100 m de la ciudad de Niágara y 10,2 km después termina en el complejo de Sir Adam Beck.



▲ Trazado del túnel de NTFP.

Para este gigantesco proyecto se utilizó una de las máquinas de perforación de túneles en roca dura (TMB) con mayor diámetro en la actualidad: 14,4 m. Las condiciones geológicas fueron un gran desafío. La TBM tuvo que perforar a través de la Formación Queenston, integrada por diferentes capas de arenisca y esquistos. Por un lado, el esquisto Queenston es quebradizo y poroso, lo que causó casi desde el comienzo un exceso de ruptura que disminuyó los índices de avance (Wallis 2011). Por otra parte, dicho esquisto se expande cuando se empapa continuamente con agua. Para evitar cualquier desplazamiento de las formaciones geológicas que pudieran elevar el terreno por encima del túnel o inducir sismos, fue esencial un sistema de cierre hermético para la estructura.

#### SECCIÓN LONGITUDINAL DE ALINEACIÓN DEL TÚNEL



▲ Formaciones geológicas a lo largo de la ruta NTFP (www.opg.com - 10. Febrero 2012).

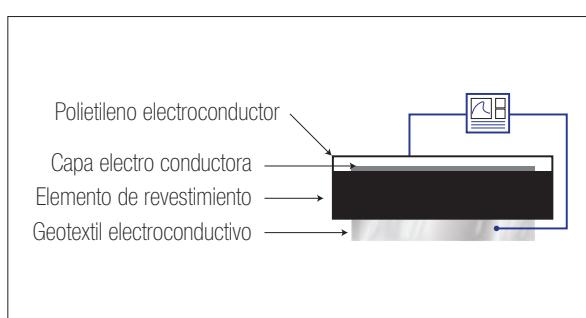
## Sistemas de revestimiento en polímeros

La aplicación de geomembranas poliméricas en el sellado de túneles es una técnica de gran innovación desde hace muchos años. Generalmente exigen una atención muy especial a la vulnerabilidad del revestimiento durante el proceso de construcción. Los daños que puedan resultar del proceso de instalación y construcción son muy difíciles de reconocer, por lo cual la reparación de las fugas que se detecten posteriormente sólo es posible mediante procedimientos complejos de inyección y relleno.

### Desarrollo de las geomembranas con detección de fugas integradas

Ante la estricta condición de impedir que el agua del túnel tenga contacto con el esquisto de Queenston, hubo que apelar a un sistema confiable para detectar daños en el revestimiento. Al comienzo se pensó en utilizar un sistema de doble capa que incluía paneles prefabricados de concreto que pudieran probarse al vacío. Sin embargo, este sistema demostró no ser factible porque incluso pequeñas variaciones en el diámetro del túnel no podían ser compensadas. Finalmente se desarrolló una nueva geomembrana multicapa de poliolefina flexible.

La siguiente figura muestra un esquema de las geomembranas recién desarrolladas. Poseen una capa interior de polietileno electroconductor y además están laminadas con un geotextil también electroconductor. Este innovador sistema ofrece la posibilidad de hacer inspecciones electrónicas del revestimiento del túnel antes y después del proceso de instalación para asegurar que esté intacto.



↑ Geomembrana electroconductora de multicapas conectada al dispositivo de detección de fugas.

Para comprobar la integridad de la geomembrana, ambas capas electroconductoras se conectan a un dispositivo especial de vigilancia, para lo cual se utiliza una pinza especial. Después se inicia un procedimiento automático que aumenta continuamente el voltaje hasta 10.000 voltios. Esto sólo es posible si el cuerpo principal del revestimiento del túnel está completamente intacto. En caso de que el revestimiento esté averiado, la

electricidad fluirá entre las dos capas electroconductoras y el voltaje se descargará. Los 10.000 voltios se eligieron considerando la resistencia eléctrica del polietileno, que es mucho mayor que la del aire. Como resultado, este método no sólo detectará agujeros, sino también una reducción significativa del espesor de pared.



↑ Dispositivo de monitoreo (B) utilizado en el túnel de Niágara que está conectado a la geomembrana con un tipo especial de pinza (A).

### Ubicación del área averiada

En caso de que el método descrito detecte daños en el revestimiento, es de suma importancia localizar la avería, para lo cual se desarrolló un procedimiento especial. Al principio, el dispositivo de monitoreo se pone en el denominado modo "quemado". Al suministrar continuamente 14.000 voltios, las chispas conectarán las dos capas conductoras eléctricas en el área dañada. El flujo de electricidad aumentará la temperatura local. Enseguida se puede explorar la superficie del revestimiento con ayuda de una cámara de infrarrojo para encontrar el punto con más alta temperatura, que corresponde al área dañada.



↑ Ubicación del área dañada con la ayuda de una cámara de infrarrojo.

Este nuevo desarrollo hace posible comprobar la integridad de las geomembranas instaladas en los túneles. Incluso los daños más pequeños (agujeros de alfiler) y su ubicación exacta se pueden identificar en una etapa temprana del proceso de instalación. Esto permite realizar los trabajos de reparación antes de fundir la estructura interna de concreto y reducir significativamente el riesgo de fugas en el túnel. La reparación en una etapa temprana puede evitar costosos procedimientos de inyección.

### Resumen y conclusiones

La geomembrana electroconductora que permite comprobar la integridad de la geomembrana se aplica con éxito en la actualidad en el proyecto del túnel de Niágara. Inmediatamente después de la producción, se verifican las geomembranas con el método descrito para asegurar que solo se entregue un buen material en el sitio. Finalmente, el revestimiento del túnel fue inspeccionado una vez más después de la instalación antes de fundir la estructura interna de concreto en el túnel. En consecuencia, fue posible demostrar que el revestimiento instalado está completamente intacto.

Durante el proyecto se obtuvo valiosa información sobre este procedimiento de reciente desarrollo. Además, hay consideraciones para aplicar esta tecnología no sólo para mediciones en un solo punto sino para detección continua de fugas en aplicaciones como tanques, cubiertas y depósitos, entre otras.

### Referencias

1. Haager, M. y Komma, N. (2012). "Geomembranas poliméricas controlables electrónicamente para túneles", Bajo la Ciudad, ITA Croacia, Dubrovnik, Croacia, 122-123.
2. Hutchinson, A. (2012). "The Very Big Dig", Canadian Geographic, 27-38.
3. Wallis, T. (2011). "Avances terminan en un desafiante viaje en el Niágara", Revisión anual, Comentarios del Túnel, 5-6.

**LANZAKRETO**

**10 AÑOS**

SIEMPRE A SU SERVICIO...

Furdy Amézquita C.  
Cel. 310 237 0568  
fardy.amezquita@lanzakreto.com  
www.lanzakreto.com



gasNatural  
fenosa

Usted es  
una persona  
importante para  
**Gas Natural Fenosa**



noti

LA REVISTA DE LA TECNICA Y LA CONSTRUCCION

noti

crea

to

noti

crea

to</p