

Puente Internacional Gordie Howe. Cierre en clave del puente atirantado

Gordie Howe International Bridge: Main span closure

Antonio Vázquez Salgueiro^a, Antonio Ríos Ucha^b, Conchita Lucas Serrano^c, Carlos López Martín^d y Loukas Zangos^e

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS S.A.. Jefe de Servicio. avazquez@dragados.com

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS-CANADA. Canadian Bridge Director. ariosu@dragados-canada.com

^c Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS S.A.. Jefa de Departamento. clucass@dragados.com

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS-CANADA. Deputy Technical Director clmartin@dragados-canada.com

^e Civil Engineer. DRAGADOS-CANADA. Deck Technical Coordinator. lzangos@dragados-canada.com

RESUMEN

El cierre en clave de los puentes atirantados es siempre una actividad singular, muy dependiente de las características específicas del puente. En el caso del Puente Internacional Gordie Howe, la gran luz del vano central, la flexibilidad del tablero y la unión atornillada entre elementos también imprimieron su carácter específico a esta operación. En este artículo se analizan los aspectos más relevantes de la operación de cierre en clave y medios auxiliares, así como las decisiones críticas de diseño de la operación.

ABSTRACT

The mid span closure of the cable stay bridges is, always, a remarkable operation, very dependent on the specific characteristics of the bridge. In Gordie Howe International Bridge we can say that the big span, big flexibility and the bolting connection between segments played a relevant role in the design of the operation. In this paper are discussed the key points and critical decisions of the operation and temporary works.

PALABRAS CLAVE: Puente atirantado, medios auxiliares, cierre en clave..

KEYWORDS: Cable stay bridge, temporary works, mid span closure.

1. Descripción general del proyecto.

El puente International Gordie Howe (GHIB) cruza la frontera entre Canadá y Estados Unidos sobre el río Detroit, en las ciudades de Windsor (Canadá) y Detroit (EE.UU). Tiene una longitud total de 2,5 km y una anchura de 37,5 m que alberga seis carriles para circulación, una acera peatonal y dos arcenes muy amplios, ya previstos para 8 carriles en el futuro. Está formado por un tramo atirantado de siete vanos y luces 38,5 – 60 – 258,5 – 853 – 253,5 – 60 – 38,5 m entre juntas

de dilatación; y dos viaductos de aproximación que conectan con los pasos fronterizos en Windsor y Detroit respectivamente: el del lado Canadá con 432 m de longitud y vanos tipo de 56 m, y el estadounidense, algo mayor, con una longitud de 543 m y vanos tipo de 73 m. Sin duda, el aspecto más destacado del puente es el vano principal de 853 m de luz, que constituye el mayor vano atirantado de Norteamérica y el vano de sección mixta mayor del mundo.

La propiedad del puente pertenece a la Windsor-Detroit Bridge Authority (WDBA) que, mediante una colaboración público-privada, adjudicó el contrato de concesión al consorcio Bridging North America General Partnership (BNA), formada por ACS Infrastructure, Fluor y Aecon, para diseñar, construir, financiar y operar toda la infraestructura que incluye, además del puente, los dos aduanas (POE, Point of Entry), una en Canadá y otra en Estados Unidos, y un enlace con la autopista I-75. La

inversión total ha sido de unos 5.500 millones de dólares. La construcción ha corrido a cargo de la UTE formada por Dragados USA, Fluor y Aecon y el equipo de diseño estuvo liderado por Aecom, con apoyo de la UTE Carlos Fernandez-Casado – Fhecor para el “erection engineering” y el diseño de determinadas partes del puente.

El puente lleva el nombre del carismático jugador de hockey hielo canadiense, nacido en Windsor, que jugó en el equipo de la ciudad de Detroit toda su vida.

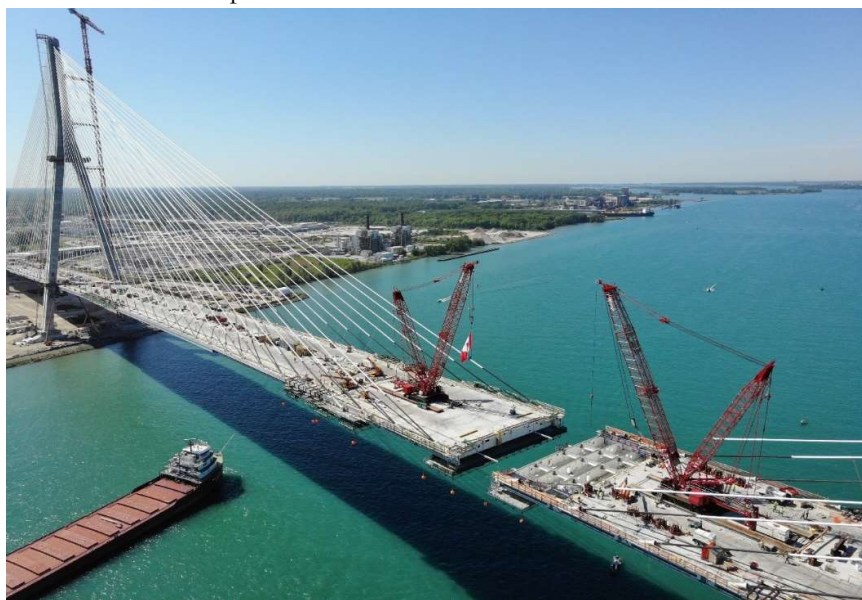


Figura 1. Vista general del puente previa al cierre en centro de vano

2. Concepto del diseño del cierre en clave.

La construcción del vano principal por avance en voladizo culminó cuando los voladizos del lado canadiense y estadounidense llegaron al centro de vano con unas luces de 421 m cada uno. Se procedió, entonces, a colocar la última pareja de vigas longitudinales que conectaba ambos voladizos.

Este último segmento del puente (considerando segmento como el conjunto de elementos estructurales entre 2 tirantes que se repiten a lo largo del tablero), el que une los tableros construidos en voladizo desde ambas torres, presenta peculiaridades en la ejecución

que lo diferencian, claramente, de los anteriores segmentos del tablero. Estas peculiaridades las podemos resumir en:

- Es algo más corto: 11 m de longitud de viga de borde frente a los 15 m típicos.
- Debe ser capaz de absorber las tolerancias de fabricación y ejecución que se han podido ir acumulando a lo largo de la construcción del tablero, de forma independiente en ambos voladizos.
- Los movimientos térmicos del tablero hacen variar la geometría del hueco final a lo largo del día, según el tablero, las torres y los tirantes van variando su temperatura.
- El viento, que ya de por sí era una acción crítica para el diseño del puente, tanto en construcción como en servicio, tuvo una

especial relevancia en el diseño de las operaciones y medios auxiliares.

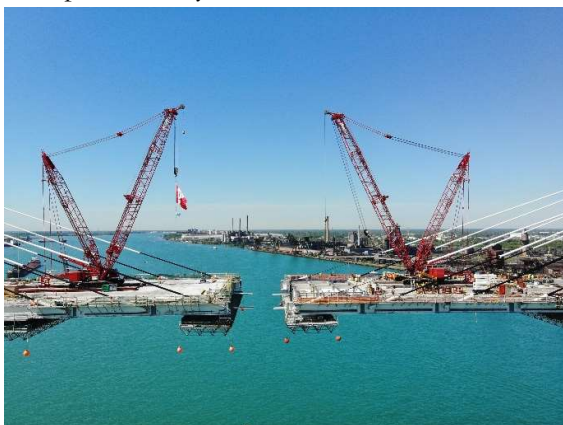


Figura 2. Vista del hueco de la dovela de cierre.

Los últimos 3 puntos fueron estudiados en detalle, tanto por el equipo de diseño de la obra como por el diseñador del puente, a lo largo de un período de varios meses de intensa colaboración, hasta que todas las dudas y posibles problemas fueron aclarados y resueltos.



Figura 3. Vista general del tablero durante el montaje de elementos de la dovela de cierre.

2.1 Situación de los voladizos antes del cierre – tolerancias de ejecución.

Estas tolerancias de ejecución influyen en cada uno de los 6 grados de libertad de los extremos de cada una de las vigas principales de ambos voladizos, aunque hay grados de libertad más afectados que otros. Por ejemplo:

- En el grado de libertad X (el sentido longitudinal al tablero), hay que considerar que los pequeños errores de fabricación y/o

montaje se puedan ir acumulando, dando, como resultado unos voladizos ligeramente más largos o cortos que los teóricos. Esta variación de longitud debía ser pequeña (los controles de fabricación incluían la comprobación y corrección de errores / tolerancias de fabricación acumuladas en el sentido longitudinal), pero, aunque pequeña, debía compensarse en el último segmento.

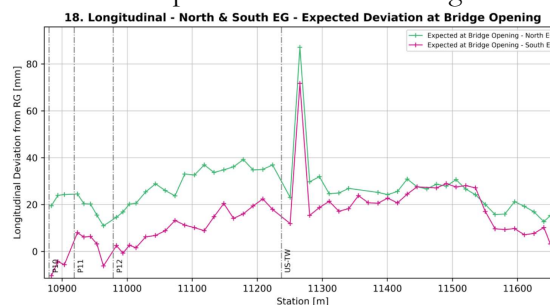


Figura 4. Situación en el sentido longitudinal de los voladizos en la dovela última dovela antes del cierre.

- En el grado de libertad Y (horizontal perpendicular al tablero) había que considerar la posibilidad de que los voladizos no terminaran perfectamente alineados. Como se puede ver en la figura 5, la desalineación de los dos voladizos en el sentido transversal justo antes del cierre era prácticamente nula pero esta desalineación llegó en algún momento de la construcción a 100 mm. Era importante que, aunque pudiera haber un desplazamiento en el sentido Y, las alineaciones de los últimos segmentos de ambos voladizos fueran lo más paralelas posible.
- En el grado de libertad Z (vertical) es donde mayor incertidumbre existía, tanto en cota de llegada de los tableros, como en pendiente del último tramo (hay que tener en cuenta que diferencias en pendientes de pocos mRad podían ser relevantes para el cierre). Como ejemplo, la diferencia de cotas entre los voladizos alrededor de la dovela 20 era de casi 150 mm, aunque se fue corrigiendo esta diferencia hasta los aproximadamente 50mm de diferencia finales.

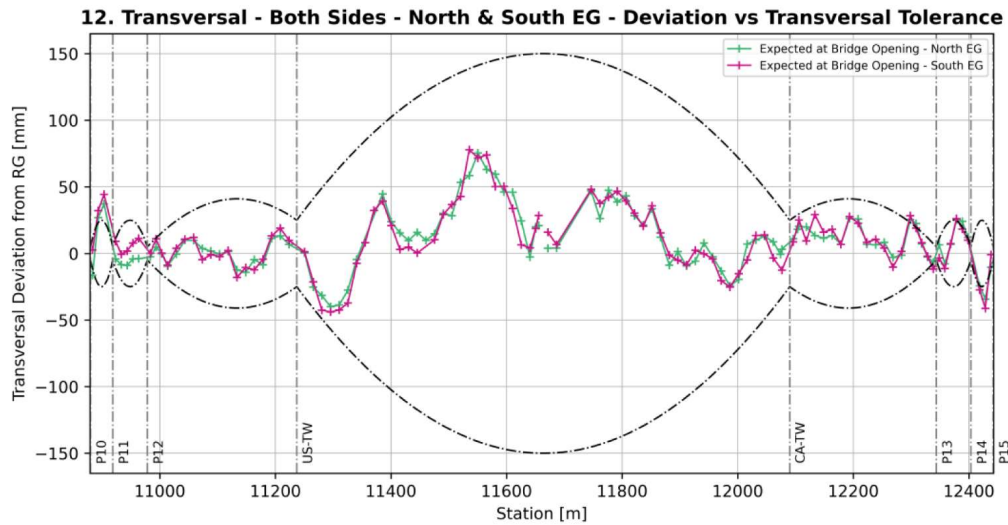


Figura 5. Situación en planta de los voladizos en la última dovela antes del cierre

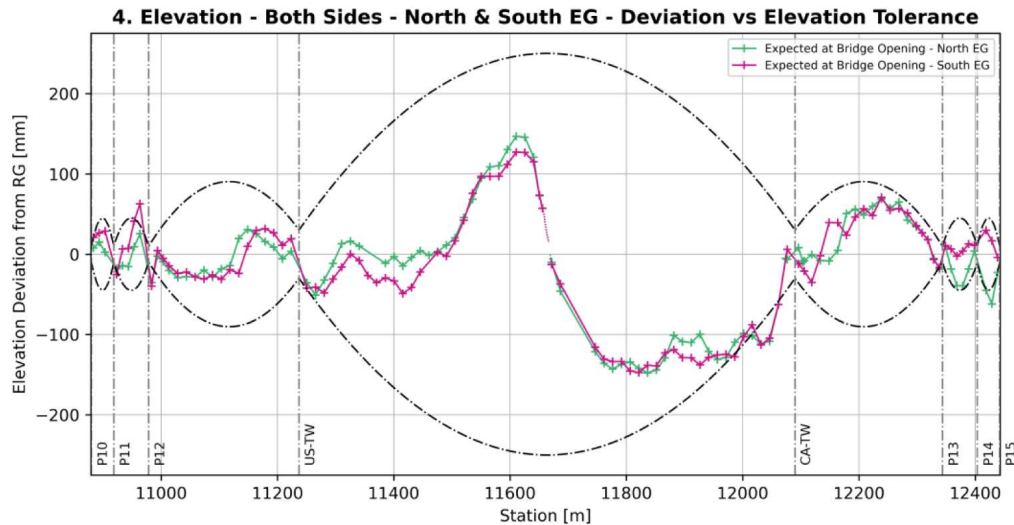


Figura 6. Situación en cota de los voladizos en la última dovela antes del cierre

2.2 Movimientos térmicos.

Los movimientos térmicos de los voladizos eran relevantes para el cierre sólo en el sentido longitudinal, no tanto en el sentido vertical, donde los movimientos relativos entre tableros eran prácticamente nulos, ni en las variaciones de la pendiente longitudinal, que eran muy pequeñas a lo largo de todo el período nocturno.

Esta situación obligó a sincronizar el bloqueo longitudinal en centro de vano con el desbloqueo longitudinal del tablero de Canadá

en su torre, para evitar que las variaciones térmicas del puente se convirtieran en axiles para los medios auxiliares y/o para las torres.

2.3 Efecto del viento.

El viento tuvo una especial relevancia en el diseño de las operaciones y medios auxiliares:

- Se observó que el viento hacía vibrar cada uno los voladizos según su frecuencia propia de vibración. Pero este efecto era inapreciable para vientos pequeños.

- Para la colocación de las últimas vigas longitudinales principales, las de cierre, había que determinar el hueco mínimo entre ambos voladizos, no sólo para ser capaz de meter la viga en el hueco, sino para evitar choques entre los voladizos producidos por movimientos longitudinales generados por el viento (en este caso el viento con período de retorno y el viento de operación) y las variaciones de temperatura.
- Se consideró la acción del viento en la de seguridad estructural (ELU) durante toda la operación de cierre, incluyendo el plazo hasta tener la sección del tablero 100% resistente en toda su longitud.

Para el diseño de los diferentes elementos del cierre y análisis de las operaciones, se consideraron 3 grupos de velocidades de viento, según el tipo de análisis y la operación concreta:

- Viento de operación entre 8,9 m/s y 22,4 m/s (ráfaga de 3s). Para operaciones con duración inferior a 3 días y que se podían planificar en base a predicciones de velocidad de viento en esos días.
- Viento con periodo de retorno reducido de 2.5 años, correspondiente a una velocidad de viento de 35,7 m/s. Se aplicaba a operaciones o situaciones de duración mayor de 3 días y menor de 2 semanas, o aquéllas que no se podían planificar en base a predicciones de velocidad de viento.
- Viento con el período de retorno definido para la construcción del tablero. Corresponde a una velocidad de viento de 44,9 m/s (ráfaga de 3s).

2.4 Grados de libertad a bloquear en el cierre.

Antes de conectar los voladizos del tablero correspondientes a cada una de las pilas, los movimientos de los extremos eran independientes y no producían acciones / cargas

de un voladizo en el otro, respondiendo a 2 patrones diferentes:

- Movimientos que podemos considerar “rápidos” cuyos efectos son detectables en plazos de tiempo de minutos, como son los debidos al viento y las sobrecargas.
- Movimientos que podemos considerar “lentos” cuyos efectos son detectables en plazos de tiempo de horas, como son los debidos a la temperatura. Para el cierre, los efectos reológicos son despreciables.

El proceso de cierre materializa la unión rígida de ambos voladizos y, por lo tanto, los dos lados del puente se mueven de forma sincronizada (movimientos relativos nulos), pasando cargas a través de la conexión de centro de vano. Por tanto, surge la pregunta de qué grados de libertad bloquear con medios auxiliares para realizar la conexión permanente. Cuantos más grados de libertad se bloqueen, menos incertidumbre habrá en la realización de la conexión permanente y menos “presión de hacerla con rapidez”, teniendo más tiempo para tomar datos y medidas. En contrapartida, el bloqueo de esos grados de libertad generarán esfuerzos en los medios auxiliares, normalmente importantes, y complicaran el diseño y las operaciones.

En nuestro caso se decidieron bloquear los mínimos imprescindibles para realizar el cierre con seguridad:

- Movimiento transversal relativo entre los voladizos, para poder alinear perfectamente en planta ambos voladizos (las vigas longitudinales).
- Movimiento longitudinal relativo entre voladizos, ya que es fundamental tener control de este movimiento para, por un lado, poder realizar la unión atornillada y por otro evitar riesgos de choques entre las vigas longitudinales.
- El giro de eje vertical entre voladizos se bloqueaba juntamente con el bloqueo del movimiento longitudinal relativo.

Se dejó libertad de movimientos en los restantes grados de libertad: movimiento vertical relativo, giro relativo de eje transversal y giro relativo de eje longitudinal.

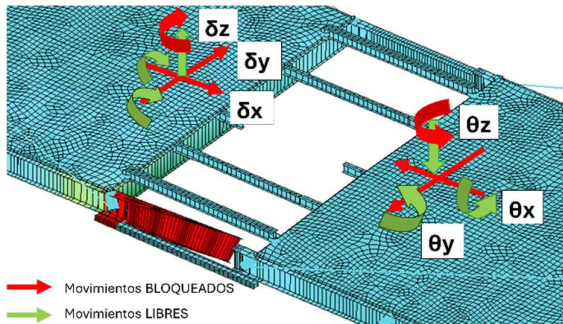


Figura 7. Esquema de movimientos bloqueados para el cierre

Los grados de libertad que no se bloquearon estaban ligados, principalmente, a los posibles movimientos producidos por el viento, por lo que se obligaba a realizar las operaciones más críticas del cierre con un viento muy reducido. Basados en experiencias anteriores, se consideró que, con el viento de operación, estos movimientos relativos entre tableros serían despreciables o fácilmente controlables, por lo que se decidió no bloquearlos y evitar los importantes esfuerzos que podía producir este bloqueo. Se decidió diseñar un plan B en caso de que estos movimientos supusiesen una complicación mayor que la prevista, consistente en amortiguar el posible movimiento vertical entre ambos voladizos hasta igualarlos para hacer la conexión entre las vigas longitudinales, pero no fue necesario ponerlo en práctica.

3. Descripción de las operaciones.

3.1 Desplazamiento del tablero de Canadá

Con el objetivo de realizar de forma segura la colocación del último tramo de vigas longitudinales, el que conectaba definitivamente los dos voladizos, se decidió mover todo el

tablero de Canadá hacia el estribo y aumentar, temporalmente, el hueco entre los dos tableros.

De esta forma, se pudo realizar la unión atornillada de los últimos tramos de vigas longitudinales principales en el lado de EEUU, sin temor a que los movimientos térmicos y los producidos por el viento, pudieran hacer chocar ambos voladizos. Una vez terminada esa unión, se desplazó de nuevo todo el tablero hacia el lado estadounidense para realizar el cierre definitivo.

3.2 Modificación de elementos permanentes.

La ligera modificación de alguno de los elementos permanentes estaba destinada a aumentar la flexibilidad y adaptabilidad de la estructura del tablero a las pequeñas variaciones geométricas e incertidumbres inherentes a este tipo de actividad y descritas con anterioridad (para un mejor entendimiento de los elementos del tablero, ver ref. [4]).

De los dos elementos estructurales que conformaban la sección mixta del tablero, los paneles prefabricados de hormigón presentaron el mayor reto, ya que estos paneles debían prefabricarse con mucha antelación al cierre para lograr la resistencia mínima requerida para su instalación. Para que las piezas prefabricadas del centro de vano pudieran instalarse dentro de una incertidumbre de longitud que se adoptó de 150 mm se redujo en 150 mm la longitud de la fila de paneles situada sobre el cierre y se aumentó el ala superior de las dos vigas metálicas transversales adyacentes (Floor Beams) del último segmento, donde apoyan esos paneles, en 175 mm.

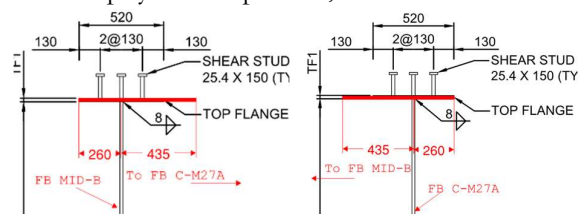


Figura 8: Esquema de alas de las 2 vigas transversales que se modificaron para el cierre.

De esta forma, se aseguraba el apoyo de esta última fila de paneles dentro de ese rango de

tolerancia, siendo absorbida esta tolerancia por el ancho de la calle de unión entre paneles que se ejecutaba “in situ”.

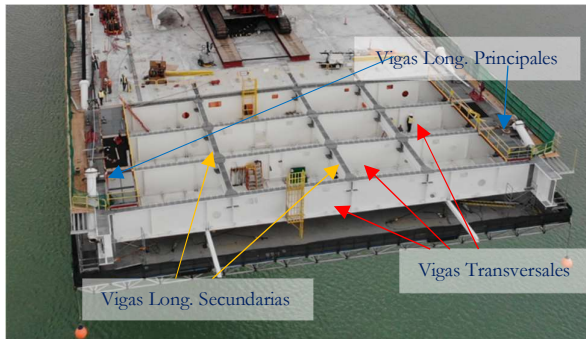


Figura 9: Elementos del tablero.

Los ajustes en las vigas metálicas longitudinales fueron mínimos:

- Las últimas vigas longitudinales principales (Edge Girders) se cortaron y taladraron de acuerdo al análisis de distancias y giros basados en los datos topográficos de pocos segmentos antes, para disminuir al mínimo las incertidumbres, y se tuvieron previstos unos cubrejuntas adicionales, taladrados solo en un lado, en caso de que los previstos no encajasen.
- Las vigas longitudinales secundarias (Redundancy Girders) situadas en el cierre se cortaron y taladraron con precisión, en base a las medidas realizadas en obra una vez unidas las vigas longitudinales principales.

3.2 Secuencia de las operaciones.

La siguiente secuencia fue la empleada para el cierre en clave:

1. Completar el segmento 27 de EEUU y Canadá (los últimos antes del cierre) y mover unos 15 m hacia adelante (teóricos) las grúas de montaje (Manitowoc MLC300).
2. Colocación de los elementos de bloqueo de los voladizos, pero sin “activarlos”.
3. Movimiento de ~250 mm del tablero de Canadá hacia el estribo (abrir el hueco de centro de vano) mediante gatos, para facilitar el montaje de las vigas longitudinales principales y evitar contactos entre voladizos

por movimientos térmicos y producidos por viento.

4. Instalación de las vigas longitudinales principales (Edge Girders) unidas al voladizo de EEUU (sin unir al voladizo de Canadá).



Figura 10: Montaje de una de las vigas longitudinales principales durante el cierre.

5. Mover las grúas hacia atrás para igualar cotas y giros en la punta de los voladizos, con apoyo de topografía.
6. Alinear transversalmente los voladizos y bloquear este grado de libertad.
7. Cerrar el hueco de 250 mm volviendo a mover el tablero de Canadá con los gatos, dejando el puente bloqueado en longitudinal en los elementos de bloqueo del centro de vano y libre en la torre de Canadá.
8. Conexión de las vigas longitudinales principales al voladizo de Canadá. El inicio de esta conexión era especialmente sensible a las oscilaciones verticales producidas por el viento. Ya que en el día y momento del cierre el viento fue mínimo, no hubo oscilaciones apreciables de los voladizos.



Figura 11: Atornillado de una de las vigas longitudinales durante el cierre.

9. Cuando la conexión de las vigas longitudinales estaba completa, se desmontaban el bloqueo longitudinal del

centro de vano, dejando el bloqueo en transversal del tablero, que era aun necesario debido a la gran flexibilidad y escasa resistencia en transversal de las vigas longitudinales principales.

10. Instalación de los restantes elementos del tablero para completar el segmento central.



Figura 12: Montaje de una de las vigas transversales durante el cierre.

11. Desmontaje del bloqueo transversal del tablero.

Era necesario realizar las operaciones 3, 7 y 8 en unas condiciones de velocidad de viento reducida (viento de operación).

Las operaciones 7 y 8, las más críticas, se realizaron en una noche.

4. Elementos auxiliares.

Tres diferentes elementos auxiliares se usaron durante las actividades descritas en el punto anterior:

- Elementos de bloqueo entre los 2 voladizos.
- Sistema de gatos para mover el tablero canadiense longitudinalmente.
- Lastrado de los voladizos.

4.1. Elementos de bloqueo entre los 2 voladizos.

Estos elementos se pensaron con una triple función:

- Ayudar, si fuera necesario, a los gatos de la torre de Canadá en la apertura temporal del puente, pero no fue necesario. Para ello estaba previsto la posibilidad de colocar

gatos en el apoyo de las vigas de compresión contra el hormigón de la losa.

- Alinear transversalmente los voladizos y bloquear este posible movimiento.

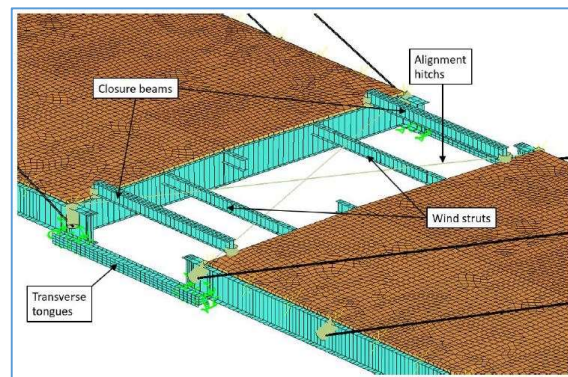


Figura 15: Esquema de los elementos del cierre.

- Bloquear longitudinalmente los voladizos en la última fase, donde se desconecta el bloqueo longitudinal de la torre de Canadá. El sistema de bloqueo entre voladizos estaba formado por los siguientes elementos:

- Dos parejas de vigas longitudinales situadas en el interior de la sección (para no estorbar el montaje de las vigas longitudinales principales). Dos de estas vigas estaban pensadas para resistir a compresión (closure beams) y se apoyaban contra la losa del tablero. Las otras dos (wind struts) trabajaban a tracción, se conectaban a las vigas longitudinales secundarias (redundancy girders) mediante barras roscadas y permitían ajustar el hueco entre los dos voladizos justo antes del cierre. Con la ayuda de estas vigas a tracción se procedió a mover el tablero de Canadá, acercándolo hacia el de EEUU para acometer la unión final entre ambos voladizos.

Entre estas dos parejas de vigas se resistían, no solo las pequeñas acciones producidas por los cambios de temperatura (habiendo liberado el bloqueo en la torre de Canadá), sino también el importante momento flector de eje vertical producido por el viento de cálculo durante el cierre.

- Una viga longitudinal a cada lado del tablero (transverse tongues), colocadas por el

exterior del tablero para no interferir con el montaje de las vigas longitudinales principales, cuya misión era alinear en el sentido transversal ambos voladizos y bloquear ese movimiento durante el cierre.

4.2. Gatos para el movimiento longitudinal del tablero del lado Canadá.

Durante la construcción del tablero de Canadá se instalaron 8 grandes tubos metálicos provisionales, con una conexión intermedia atornillada, para bloquear longitudinalmente este voladizo, en lugar de la conexión definitiva (ver fer. [4]).

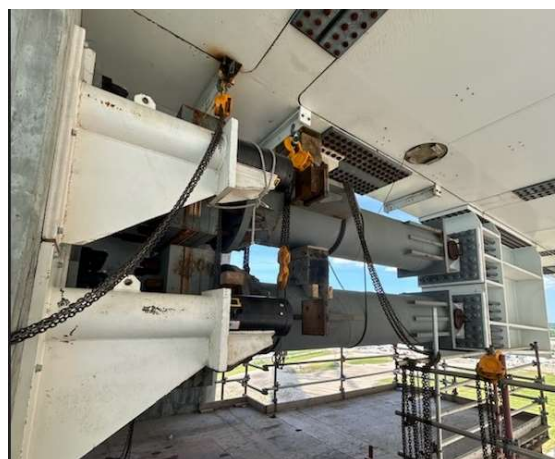


Figura 13: Tubos temporales de bloqueo y situación de gatos para la apertura del puente.

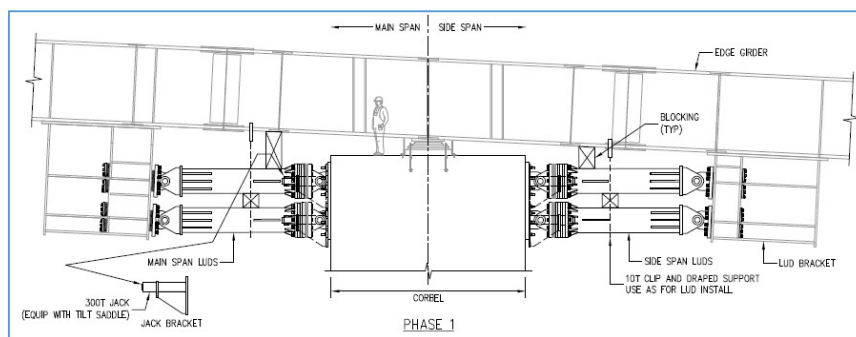


Figura 14. Esquema de los tubos provisionales de bloqueo longitudinal

Mediante dos gatos hidráulicos de 300 t en cada uno de los tubos del bloqueo (un total de 8 gatos, ya que hay 4 tubos hacia el estribo) se abría la conexión intermedia de los tubos y se movía el tablero a la posición deseada. A continuación, se colocaban las chapas para eliminar el hueco abierto en esa conexión y se descargaban los gatos. De esta forma se movía longitudinalmente del tablero.

4.3. Lastrado de voladizos.

El lastrado de los voladizos se realizó para igualar, tanto la cota relativa como la pendiente longitudinal de los voladizos. Para ello no se utilizó ningún lastre como tal, sino que se jugó con la posición de las grúas de montaje, con un peso de aproximado de 350 t cada una, avanzándolas o retrasándolas unos metros, según se determinó en los cálculos de

movimientos del tablero y en la topografía de detalle de antes del cierre.

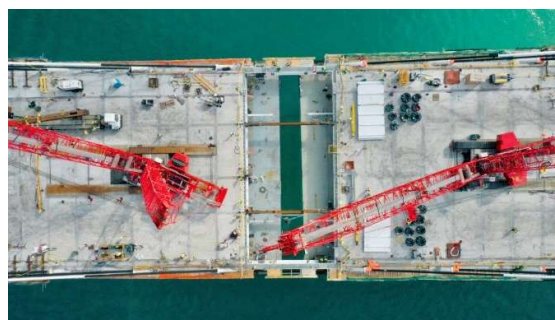


Figura 16: Posición de grúas de montaje para el cierre en clave.

4. Conclusiones.

El cierre en clave de puentes atirantados con gran vano central y tablero mixto, muy flexible, es posible realizarlo mediante unión atornillada de los elementos metálicos. La unión atornillada

tiene la ventaja de la rapidez, por lo que no es necesario bloquear temporalmente todos los grados de libertad, buscando el momento propicio y las condiciones climáticas adecuadas para, aprovechando la rapidez que proporciona la unión atornillada, materializar el cierre de forma segura y eficiente.

Agradecimientos

Los autores de este artículo querían agradecer a todo el equipo de ejecución de obra que hizo posible esta operación de forma exitosa y segura, y, en especial a Filipe Pinto y Juan Francisco Caja, más directamente involucrados en las labores directas de ejecución y a Gang Jiao, Director Técnico de la Obra, por su gran implicación en la concepción del cierre y su inestimable labor como coordinador técnico de esta operación.

Referencias

- [1] O. Narodetsky, E. Tria, C. Lucas, A. Ríos, A. Vázquez, *Gordie Howe International Bridge Project*, IX Congreso de la Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE), Granada 2025.
- [2] F. Martínez, L. Zangos, C. Lucas, A. Ríos, A. Vázquez, *Sistema de tirantes con prestaciones de protección especiales. Puente Internacional Gordie Howe*, IX Congreso de la Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE), Granada 2025.
- [3] A. Vázquez, C. Lucas, J.A. Navarro, J. Milián, A. Martínez, *Construcción de los vanos de retenida. Puente Internacional Gordie Howe*, IX Congreso de la Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE), Granada 2025.
- [4] A. Vázquez, A. Ríos, C. Lucas, C. López, L. Zangos, *Construcción del tramo atirantado (torres y tablero). Puente Internacional Gordie Howe*, IX Congreso de la Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE), Granada 2025.
- [5] O. Narodetsky, E. Tria, C. Lucas, A. Ríos, A. Vázquez, *Viaductos de aproximación. Puente Internacional Gordie Howe*, IX Congreso de la Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE), Granada 2025.
- [6] B. Chung, A. Martínez, H. Corres, J.A. Navarro, A. Leocadio, *Gordie Howe International Bridge: Project overview and design features*, IABSE Symposium Long Span Bridges, Istanbul, April 2023.
- [7] B. Chung, A. Martínez, A. Pérez, J.A. Navarro, J. Milián, S. Rodríguez, A.L. Gutiérrez, *Puente Internacional Gordie Howe - Proyecto del puente principal atirantado*, IX Congreso de la Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE), Granada 2025.
- [8] B. Chung, A. Martínez, A. Pérez, J.A. Navarro, J. Milián, B. Regúlez, H. Corres, A.L. Gutiérrez, *Puente Internacional Gordie Howe - Proyecto del tablero del puente principal*, IX Congreso de la Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE), Granada 2025.
- [9] B. Chung, K. McLemore, A. Martínez, P. Schafer, A. Pérez, J.A. Navarro, J. Milián, S. Rodríguez, *Puente Internacional Gordie Howe - Torres, pilas y cimentaciones: proyecto e ingeniería de construcción*, IX Congreso de la Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE), Granada 2025.
- [10] B. Chung, A. Martínez, A. Pérez, J.A. Navarro, J. Milián, S. Rodríguez, A. Hermoso, A. Muñoz, G. Marinas, A.L. Gutiérrez, *Puente Internacional Gordie Howe - Ingeniería de construcción de la superestructura: proyecto y control*, IX Congreso de la Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE), Granada 2025.
- [11] B. Chung, A. Martínez, J.A. Navarro, H. Corres, B. Regúlez, *Gordie Howe International Bridge Project – Overview and design features*, IBC, Pittsburg 2022.