

Puente Internacional Gordie Howe. Construcción del tramo atirantado (torres y tablero)

Gordie Howe International Bridge. Cable stay bridge construction (towers and deck)

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 del 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 Puente Internacional Gordie Howe es un nuevo puente que une Detroit (Michigan – USA) con Windsor (Ontario – Canadá), cruzando el río Detroit. Con una longitud total de 1562 m y un vano central de 853 m, es el puente mixto con mayor vano central del mundo y el puente atirantado con mayor vano de Norteamérica. La construcción del vano central se hizo por avance en voladizo por el método “stick build”, en el que se van colocando, con una grúa de cadenas desde el tablero ya construido, de uno en uno los diferentes elementos del tablero.

ABSTRACT

The Gordie Howe International Bridge is a new bridge between Detroit (Michigan – USA) and Windsor (Ontario – Canada), crossing the river Detroit. With a length of 1562 m and a main span of 853 m is the composite bridge with biggest span of the world and the biggest cable stay bridge (main span) of North America. The main span was built using the “stick build” method, where the elements of the deck are installed, from the already built deck, one by one with a crawler crane.

PALABRAS CLAVE: puente atirantado, trepas, uniones atornilladas, grúa en tablero, medios auxiliares.

KEYWORDS: cable stay bridge, tower formwork, bolted connections, crane on deck, temporary works.

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, con juntas de dilatación en ambos extremos; 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

2. Cimentaciones y torres.

Los pilonos tienen forma de Y invertida y una altura 220 m, con el tablero pasando entre los dos fustes inclinados a una altura de 50 m. Estos fustes son huecos en toda su longitud, a excepción de la zona próxima al nivel del tablero y de la zona próxima a la cimentación.

2.1 Cimentaciones.

Cada una de las dos patas se cimentan con sendos encepados independientes, conectados entre sí por una viga riostra postesada con 25 tendones de 31Ø0,6”, cuya función es la de

mantener “cerrados” ambos fustes. Cada encepado integra 6 pilotes encamisados de 3 m de diámetro y 37 m de longitud, con un empotramiento en roca de 5 m.



Figura 2. Esperas de pilotes de una de las patas.

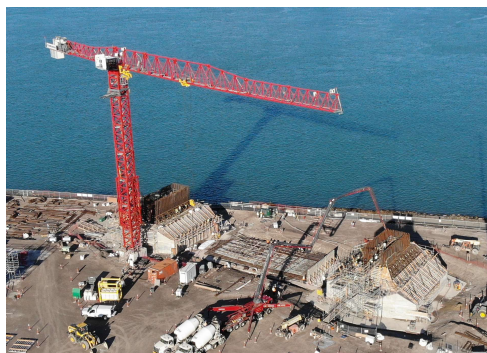


Figura 3. Vista del arranque de ambos fustes y la viga riostra de unión (torre de Canadá).

2.2 Torres.

Cada pilono se puede dividir en dos sectores, la zona inferior de la Y invertida (lower pylon), con dos “patas”, cuenta con un fuste norte y un fuste sur, y la zona superior (upper pylon) que es la parte vertical de la Y invertida y tiene un solo fuste.

Es importante destacar que los pilonos del puente Ghib no tienen una viga transversal que conecta ambos fustes y donde se apoya el tablero, sino que simplemente disponen de unas pequeñas ménsulas donde se apoyan las vigas longitudinales del tablero. El único elemento que conecta las dos patas en toda su altura es la viga riostra de la cimentación que, por tanto, soporta importantes tracciones.



Figura 4. Zona inferior de la torre (lower tower)

En la zona superior del pilono (upper pylon), y distribuidos en toda su longitud, se encuentran los “armarios” metálicos (anchor boxes) que sirven de soporte a los anclajes activos de los tirantes del puente, y permiten la transmisión de carga de los tirantes a la torre mediante los pernos conectadores presentes en las chapas. Cada uno de los módulos que soporta los anclajes de 4 tirantes es independiente estructuralmente de los adyacentes, estando simplemente apoyado en el anterior. Esto presenta ventajas considerables desde el punto de vista de la ejecución, pues permite ir colocando cada uno de los “armarios” sin necesidad de conexión con el anterior, en su posición correcta, sin acumular errores geométricos.

Se hacía un montaje en blanco de los armarios metálicos a nivel de suelo, donde se comprobaba que su posición relativa estaba dentro de los límites del diseño. El armario superior se apoyaba en sistema formado por pequeñas ménsulas soldadas al armario inferior, sobre esas ménsulas se posicionaba unas cuñas que mediante el accionamiento de unos tornillos podían ser introducidas más o menos variando al milímetro la cota relativa del armario superior.

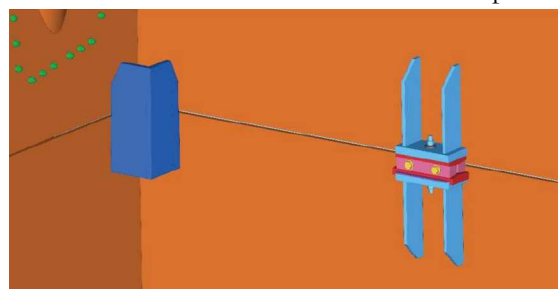


Figura 5. Esquema del sistema de apoyo y guiado de los cajones de la torre.

El sistema de encofrado elegido fue un encofrado autotrepante accionado con motores eléctricos, conectados a barras roscadas instaladas en ménsulas cortas temporales. (8 motores en el lower pylon exterior, 4 en el interior). El sistema consta de 4 niveles de trabajo conectados exteriormente mediante una escalera protegida por una malla de acero:

- El nivel superior se usaba como plataforma para realizar los hormigonados y desembarque del ascensor.
- El siguiente nivel fue concebido como el área para instalar la ferralla y realizar las actividades de encofrado y desencofrado manipulando los paneles que colgaban del nivel superior.
- El tercer nivel se destinó a alojar los motores que accionaban la trepa así como a realizar las pequeñas reparaciones necesarias en la zona de los conos de trepado y los huecos dejados por los tirantes de encofrado.
- El ultimo nivel, que no se llegó prácticamente a usar, era una plataforma que colgaba del nivel superior y que fue concebida como la última oportunidad para realizar más reparaciones desde la trepa sin tener que recurrir a la grúa con cesta o a trabajos en suspensión.

En el diseño del encofrado trepante se tuvo especial cuidado en tratar de minimizar el riesgo de caída de objetos durante la ejecución, poniendo especial cuidado en eliminar huecos entre plataformas y hormigón y en tener un perímetro confinado.

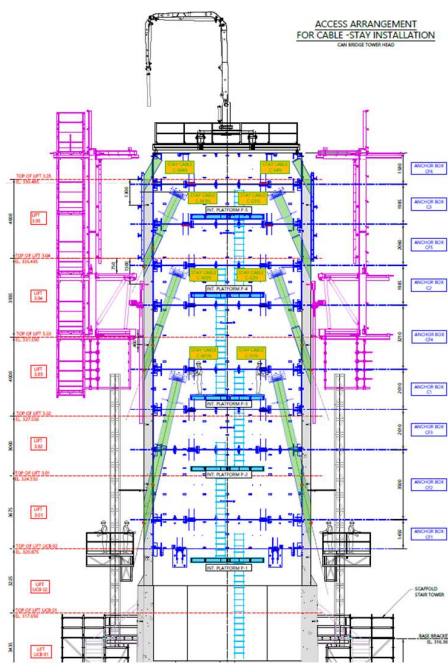


Figura 6. Esquema del encofrado trepante (upper pylon).

En la zona inferior (lower pylon) se contaba en cada fuste con un encofrado trepante interior y otro exterior, con una pasarela peatonal, que conectaba ambos fustes, capaz de pivotar en uno de sus lados para permitir la trepa independiente de cada sistema de encofrado. Dicha pasarela era cortada después de cada trepa para ir ajustando su longitud según avanzaba el trepado. La mayoría de la ferralla fue fabricada en un molde a nivel de suelo que replicaba la geometría del pilono e instalada con la ayuda de la grúa torre. La secuencia básica consistía en trepar el encofrado interior, instalar la ferralla prefabricada formada por dos jaulas con forma de “C” y posteriormente trepar el encofrado exterior. En todo momento se mantuvieron durante la operación de trepado un mínimo de dos sistemas de acceso, el ascensor (adosado a la pata Norte) y uno de los dos accesos a través de uno de los fustes. Un tercer sistema de acceso en caso de emergencia lo constituía una jaula izada por la grúa torre, sistema legal en Ontario. El ciclo mínimo obtenido en esta zona fue de 5 días para cada trepa.



Figura 7. Vista superior del encofrado trepante – plataforma superior con pasarela (torre Canadá).

En la zona superior del pilono (upper tower), donde estaban los “armarios” metálicos (anchor boxes), no fue necesario el sistema de encofrado trepante interior dado que la estructura metálica es continua en toda la altura del fuste superior. A pesar de que se intentó prefabricar a nivel de suelo la mayor parte de ferralla, debido a los pernos de anclaje de esta

estructura, no fue posible prefabricar más que las barras verticales de las paredes, teniendo que instalar el resto de la ferralla in situ. Esta inferior capacidad de prefabricación izo aumentar el ciclo hasta un mínimo de 12 días.

El hormigonado se realizó con bomba, usando un mini distribuidor de hormigón que colocaba la grúa torre antes de cada hormigonado, apoyándolo en la plataforma superior del encofrado (lower tower) o sobre el armario metálico (upper tower). La tubería de suministro del hormigón iba sujeta al mástil del ascensor. Todos los elementos embebidos en el hormigón para la fijación de estos medios auxiliares se diseñaron en acero inoxidable para evitar trabajos con el hormigón en la fase desmantelamiento.

La grúa torre, que también era auto trepante, contaba con 5 niveles de arriostramiento en celosía. En el cuarto se instaló una pasarela para facilitar el acceso a la grúa torre y poder usar el ascensor hasta esa altura.

Durante la ejecución de las torres, fue necesaria la instalación de dos vigas de apuntalamiento temporal a las cotas 52 m y 94 m (la altura de la unión de los fustes es 137 m). Estos apuntalamientos tuvieron como objetivo proporcionar una fuerza horizontal de 900 Tn a los fustes inclinados e impedir que éstos se cerrasen antes de llegar a la unión entre ellos. Esa fuerza se obtuvo con tres gatos hidráulicos de 300 Tn que fue posible reutilizar debido a que el sistema contaba además con gatos de arena.

3. Construcción del tablero.

3.1 Descripción del tablero

El tablero, de sección mixta, tiene 2,85 m de canto total, con uniones atornilladas, entre los diferentes elementos, usando tornillos tipo ASTM F3125 grade A325 (830 MPa) pretensados en obra. La descripción de la sección transversal es la siguiente:

3.1.1. Vigas longitudinales principales

Las dos vigas longitudinales principales (Edge Girder), una a cada lado de la sección tipo, con sección en doble T de canto de 2,55 m, se montaron en tramos de 15 m (típicos), que corresponde con la distancia entre tirantes, y con un peso máximo en el vano central de 47 Tn. Los anclajes de los tirantes van conectados a estas vigas longitudinales. Las uniones llevaban entre 266 y 256 tornillos Ø1¼” pretensados en obra.

3.1.2. Vigas transversales

Las vigas transversales (Floor Beams) son, también, tipo doble T y están separadas 5 m (típicos) entre sí, con un canto en extremos de 2.55 m, una longitud (entre conexiones) de 33.52 m y un peso de 25.4 Tn. Se unen a las vigas longitudinales principales mediante uniones pretensadas en obra con tornillos Ø1”.



Figura 9. Montaje de una viga transversal. Se ven las vigas longitudinales secundarias en espera.

3.1.3. Vigas longitudinales secundarias

En la sección transversal hay tres Vigas longitudinales secundarias (Redundancy Girders) tipo doble T de 0,95 m de canto, necesarias para proporcionar un sistema resistente redundante en caso de rotura de los elementos metálicos principales (ver FHWA y Norma AASHTO), vigas longitudinales principales y vigas transversales (según requerimientos del contrato). Sin embargo, y a pesar de esta redundancia, la FHWA exigió que las vigas longitudinales principales fueran calificadas como fracture-critical members

(FCMs). Las vigas longitudinales secundarias se colocaban en tramos de 4,47 m de longitud y se

unían a las vigas transversales con tornillos de Ø1" y Ø1¼".

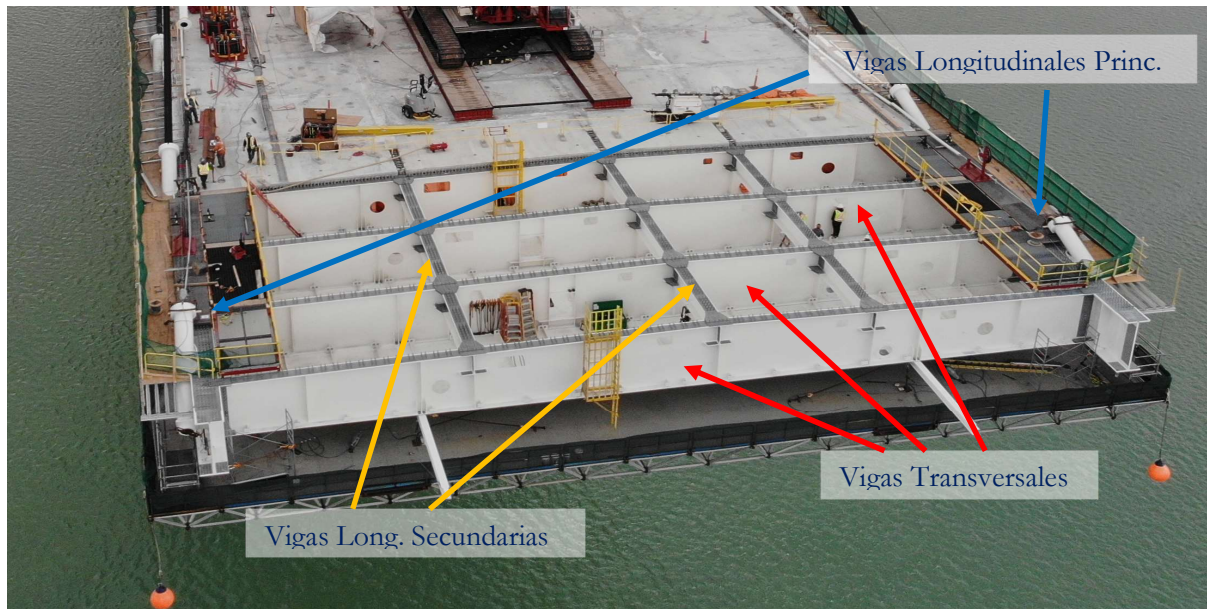


Figura 8. Elementos del tablero.

3.1.4. Losa de hormigón

Una losa de hormigón de 70 MPa de resistencia característica a 56 días, de 250 mm de espesor y formada por unos paneles prefabricados canto completo, de dimensiones típicas 8.935x4.65 m y 5.835x4.65 m, y una zona “in-situ” sobre las vigas, para la conexión entre los paneles y entre éstos y la estructura metálica.

El remate, en ambos bordes del tablero, es con una imposta ejecutada in situ.

La losa lleva un pretensado longitudinal cerca del centro de vano y de los estribos (zonas de mínimas compresiones) y un pretensado transversal en todo el tablero.

3.1.5. Chapa de cierre de fondo (carenado)

El fondo de la sección transversal está cerrado por una chapa metálica no estructural (carenado) y desmontable.

El conjunto formado por la imposta de hormigón, la chapa de carenado y el ala inferior de la viga longitudinal, confiere al tablero la consideración de sección cerrada, de forma que mejora la aerodinámica del tablero y oculta los anclajes de los tirantes. No obstante, el efecto del

viento sobre el tablero se calculó para la sección cerrada y abierta, al ser desmontable la chapa de cierre.

3.1.6. Vinculación del tablero a las torres

La vinculación del tablero a las torres, para los movimientos verticales y transversales es la misma para ambas torres: el tablero está apoyado sobre aparatos de apoyo tipo “disc bearings” situados en las ménsulas de las torres y tiene apoyos de neopreno verticales para coartar el movimiento transversal.

Para la coacción al movimiento longitudinal hay diferencias entre ambas torres:

- En la torre de EEUU el tablero está fijado para su movimiento longitudinal, siendo el punto fijo del puente atirantado.
- En la torre de Canadá el tablero está libre para los movimientos longitudinales “lentos” (como temperatura, retracción, fluencia) y fijo para los movimientos longitudinales rápidos (viento, sismo, frenado). Esto se logra mediante ocho LUDs (= Lock-up device, elementos de bloqueo), 4 por ménsula (2 hacia el vano central y 2

hacia el estribo de Canadá), diseñados para permitir los movimientos lentos sin apenas resistencia, pero que se bloquean ante los movimientos rápidos, como viento, sísmico.



Figura 10. LUDs definitivos.

Durante la construcción del tablero, la fijación provisional en la torre de EEUU la proporcionó el sistema de coacción definitivo, pero en la torre de Canadá hubo que disponer unos elementos temporales que fijaban totalmente el tablero del lado de Canadá y se retiraban para el cierre en clave, instalándose, después, los definitivos (ver ref. [4]).

3.2 Fases principales de ejecución del tablero.

3.2.1. Construcción del vano de retenida

A pesar de haberse considerado inicialmente como un puente con voladizos equilibrados (balanced cantilever), por motivos de plazo se optó por la estrategia de usar apeos temporales en todo el lado de tierra y construir los vanos de retenida en paralelo a las torres. Esta decisión repercutió positivamente en varios aspectos del proyecto.

- En primer lugar, se mejoró el programa de la obra pues se simultaneó la construcción de los vanos de retenida con la construcción del tramo superior de la torre.
- El trabajo en el lado tierra sirvió como curva de aprendizaje a todo el equipo, montadores de acero, personal de supervisión, seguridad y salud, control de calidad.

- Posibilitó la concentración de todos los recursos, tanto los humanos como de maquinaria, en la ejecución del tablero del vano principal, cuando se pudo comenzar esta actividad.
- Se solucionó en gran medida el problema de acopio de vigas de estructura metálicas y losas de hormigón.
- Además, esta secuencia permitió que toda la construcción se realizara de la forma más segura posible.

Para más información sobre el montaje del vano de retenida se puede consultar la ref. [3].



Figura 4. Montaje de la viga de arranque del tablero sobre las ménsulas de apoyo en la torre.

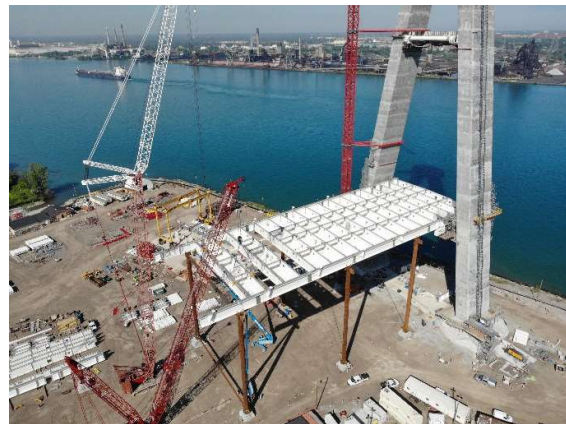


Figura 11. Vista del montaje metálico del vano de retenida sobre apeos provisionales.

3.2.2. Ciclo típico de construcción del vano principal

Los elementos metálicos del tablero se subieron al tablero desde tierra, usando una grúa de orugas, y se transportaron a lo largo del tablero

ya construido. En la punta del voladizo se disponía de una grúa Manitowoc MLC300 (sobre una estructura de reparto de cargas a las vigas metálicas) que montaba todos los elementos del tablero en el avance en voladizo.

Un ciclo completo de tablero consta de las siguientes fases:

1. Montaje de las vigas longitudinales principales del tramo (Edge Girder).
2. Instalación de las vigas transversales (Floor Beam) conjuntamente con 2 de las 3 vigas longitudinales secundarias (Redundancy Girder), por motivo de estabilidad en situación de montaje de las vigas transversales.
3. Instalación de los cables temporales de cuadratura para llevar la estructura a la posición deseada.
4. Instalación de las chapas del carenado inferior.
5. Instalación de la tercera viga de redundancia (la intermedia) en los tres tramos.
6. Instalación de la vaina y los cordones del tirante, con una carga de instalación baja, compatible con el peso reducido de la estructura metálica del tramo (ver ref. [2]).
7. Instalación, con la grúa del tablero, de los 12 paneles prefabricados de canto completo (3 filas de 4 paneles) que forman la losa.
8. Instalación del postesado transversal e instalación de ferralla en las juntas entre paneles prefabricados.
9. Hormigonado de las juntas entre paneles.
10. Control topográfico
11. Cuando el hormigón de las juntas alcanza los 28 MPa se pueden retesar los tirantes
12. Mover la grúa cuando el hormigón de las juntas alcanza la resistencia adecuada.

Durante el montaje de la Dovela N se montaba la pareja de tirantes N+3 del vano de retenida y se podían instalar en cualquier momento del ciclo (ver Ref. [2] y [3]).

Una vez pasada la curva de aprendizaje y solventadas algunas ineficiencias, se logró una

duración de ciclo de aproximadamente 11 días de trabajo.

3.2.3. Desmontaje del apeo del vano de retenida

Después de instalar el segmento M-23, se procedió a la retirada de los apoyos provisionales del vano de retenida, quedándose todo el tablero suspendido de los tirantes (ver Ref. [3]).

3.2.4. Retesados

Había varios retesados previstos durante la ejecución del tablero:

- Dentro del ciclo, se retesaba el tirante recién instalado una vez se había montado los paneles prefabricados de hormigón de la losa y hormigonado las juntas.
- Después de la retirada del apeo del vano de retenida, se retesaron casi todos los tirantes, para compensar el efecto del desapeo. En este retesado se aprovechó para corregir algunas desviaciones de cotas y cargas que se habían detectado.
- Justo antes del cierre en clave se retesaban algunos pocos tirantes próximos al cierre.

3.2.5. Cierre del centro de vano

Después de la retirada del apeo del vano de retenida y el retesado de tirantes subsiguiente, se continuaba con el ciclo para montar las dovelas M-24 a M-27, dejando una distancia de aproximadamente 16m entre los voladizos de ambas orillas (países).

En este punto se realizaba un retesado de las últimas parejas de tirantes y se procedía al cierre en clave del tablero (ver Ref. [4]).

3.2.6. Acabados

Las principales actividades del tablero, después del cierre en clave fueron:

- Terminación de la imposta de hormigón in situ con un útil tipo carro de encofrado, pretensado transversal, pretensado transversal de la losa de hormigón y colocación del cierre metálico de los laterales del tablero (carenado). Se llevaba según se

avanzaba el puente, pero varios segmentos por detrás y fuera del ciclo.

- Terminación de los tirantes: Compactación del tirante, cierre de anclajes, instalación de las protecciones y cierre de la vaina.
- Enfilado y tesado del pretensado longitudinal de la losa, solo dispuesto cerca de la junta de dilatación y en los 159 m centrales del tablero.
- Extendido del pavimento de hormigón modificado con látex, que constituye la superficie de rodadura.

3.3 Control geométrico.

El control geométrico del tablero se realizaba con la información topográfica obtenida antes del retesado de los tirantes en el ciclo. Incluía los siguientes elementos de análisis:

- Desviaciones en planta de los voladizos.
- Desviaciones en alzado: Diferencias entre la situación esperada en la fase de montaje correspondiente y la situación teórica.
- Análisis de movimientos del tablero debido al montaje de elementos y tesado de los tirantes (no en todos los ciclos).
- Análisis y toma de decisiones para la corrección de desviaciones en alzado mediante variaciones en los retesados de los tirantes.

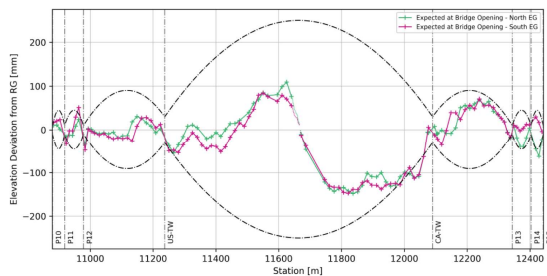


Figura 12. Situación en cota a lo largo de ambos voladizos justo antes del cierre en Centro de Vano.

De esta forma, aun teniendo un gran vano central y con la gran flexibilidad del tablero, se logró mantener el montaje del tablero bajo control y terminar dentro de las tolerancias estipuladas por el proyecto.

4. Análisis de influencia del viento en el ciclo típico del tablero.

Aunque la construcción del tablero, a priori, no era una actividad especialmente sensible al viento, se vio que ciertos elementos, en concreto las vigas transversales, podían requerir unas condiciones de viento más limitativa que el resto, por la alta relación Área expuesta al viento / Peso de la pieza, en el momento de su izado y colocación. La limitación de viento para el montaje con las grúas se fijó en 30 mph (48 km/h).

Se decidió intentar analizar el potencial efecto que tendría en la duración del ciclo requerir que, para iniciar la operación de montaje de las vigas transversales, el viento de ráfaga fuera menor de 30mph. Para ello se emplearon los datos horarios recogidos durante 45 años (desde 1973 a 2017) por la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de Detroit que, una vez filtrados y reparados algunos huecos, resultó en una base de datos con un total de 16094 días (386000 registros). Sobre el conjunto de datos resultante se corrieron simulaciones de montaje basadas en las duraciones teóricas de las actividades del ciclo con unos criterios de trabajo – no trabajo en función de la velocidad de viento que se intentaron hacer lo más realistas posible.

DRAGADOS está intentando implementar este tipo de análisis en obras con ciclos repetitivos donde alguna de las actividades pueda tener una especial sensibilidad a las condiciones climáticas (en especial el viento). Una de las partes fundamentales del análisis es la extrapolación de los valores de la velocidad de viento incluidos en los datos históricos (normalmente viento medio horario a 10m de altura) a las velocidades de viento que se tendrían en la obra y con la cual se hará el análisis (viento de ráfaga a la altura del tablero o en lo alto de los pilonos). Para esta extrapolación, pueden no ser 100% de aplicación los coeficientes usados normalmente para el cálculo de las acciones de

viento sobre estructuras. Otra de las partes fundamentales es la modelización del proceso de toma de decisiones en obra para comenzar o retrasar el comienzo de una actividad por razones de viento. La simulación de estos criterios es, normalmente, compleja y con una importante componente de subjetividad.

En la actualidad se está, aun, en fase de ajuste de estos coeficientes y criterios, para lo cual se están usando los resultados de las obras donde se ha empleado este análisis.

Agradecimientos

Los autores de este artículo querrían agradecer a todo el equipo de obra que hizo posible la construcción del puente de forma exitosa y segura, y, en especial, a Jaime Castro, Filipe Pinto, John Columba Cannon y Juan Francisco Caja, más directamente involucrados en las labores de ejecución.

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, C. Lucas, A. Ríos, C. López, *Cierre del vano central. 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.