# Puentes de dovelas prefabricadas en Kuwait, pasos superiores J5 y J6 del proyecto RA263.

*Bridges with pre-cast segments at Kuwait, Flyovers J5 and J6 for project RA263.*

**Raimon Rucabado [a], Albert Bailo[b], Enrique Martí[c],**

**Eduard Alberich[d], German Bares[e], Guillermo Siegrist[f]**

[a] Director de Proyectos Especiales. MeKano4, s.a. Barcelona, España

[b] Jefe del Departamento de Ingeniería. MeKano4, s.a. Barcelona, España

[c] Calculo numérico, Departamento de Ingeniería. MeKano4, s.a. Barcelona, España

[d] Jefe de Obra. MeKano4, s.a. Barcelona, España

[e] Jefe del Departamento de Ejecución. MeKano4, s.a. Barcelona, España

[f] Ingeniero de Caminos, Consultor de Estructuras. Madrid, España

**RESUMEN**

La empresa española MeKano4 colaboró como socio tecnológico para la empresa Kuwaití "Combined Group Contracting Co." en la construcción de los tableros de cuatro viaductos principales en Kuwait. Los viaductos forman parte del proyecto RA263 y se construyeron sobre cimbra, empleando dovelas prefabricadas, entre noviembre de 2018 y septiembre de 2019. Los trabajos de MK4 incluían la elaboración del proyecto constructivo de los tableros, las herramientas de cálculo geométrico para la fabricación y montaje, el parque de prefabricación de dovelas, sus moldes, la supervisión de la cimbra, el suministro de equipos hidráulicos, apoyos estructurales y el pretensado posteso, interno y externo.

**ABSTRACT**

The Spanish company MeKano4 collaborated as technological partner for the Kuwaiti company "Combined Group Contracting Co." in the construction of the decks of four main viaducts in Kuwait. The viaducts are part of the RA263 project and were built over scaffolding, using pre-casted segments, between November 2018 and September 2019. The works of MeKano4 included the development of the detailed design, the geometrical calculation tools for the manufacture and assembly of the decks, the casting yard, the moulds for the pre-cast segments, the scaffolding supervision, the supply of hydraulic equipment, the structural bearings and the posttensioning systems, internal and external.

**PALABRAS CLAVE:** Kuwait, CGC-kw, MK4, RA263, dovelas, postensado, apoyos, prefabricados.
**KEYWORDS:** Kuwait, CGC-kw, MK4, RA263, segments, posttensioning, bearings, pre-cast, moulds.

## 1. Introducción

En septiembre de 2017 la empresa española MeKano4 fue seleccionada como socio tecnológico por la empresa kuwaití "Combined Group Contracting Co." para la construcción de los tableros de cuatro viaductos principales en Kuwait. Los viaductos forman parte del proyecto RA263 de rehabilitación de la vía urbana "Al Ghouse Road" en sus intersecciones con la avenida "King Khalid Bin Abdul Aziz" y la autopista 6. Los viaductos se construyeron sobre cimbra, empleando dovelas prefabricadas. El alcance de los trabajos de MeKano4 incluía la elaboración del proyecto constructivo de los tableros, las herramientas de cálculo para la geometría de construcción de dovelas y montaje de los tableros, el parque de prefabricación de dovelas junto con sus moldes, la supervisión de la cimbra, el suministro de equipos hidráulicos para izado, orientación y montaje de dovelas, los apoyos estructurales y el pretensado interno y externo de los tableros. En este artículo pretendemos destacar los puntos más notables de la construcción de los viaductos. Construcción que se realizó entre noviembre de 2018 y septiembre de 2019 y constituyó todo un éxito de sinergias entre una gran empresa constructora local y un socio tecnológico especializado en puentes.

La constructora principal "Combined" resultó adjudicataria del proyecto RA263 que incluía diversas estructuras. Entre ellas dos viaductos principales con sendos tableros cada uno. El proyecto de licitación, realizado por la empresa francesa EGIS, que se ocupó también de las labores de dirección de obra durante la ejecución, preveía la construcción de los tableros hiperestáticos de hormigón, independientes, de sección cajón y con dovelas prefabricadas. Los tableros precisaban pretensado posteso que se dividió en tres tipos generales; postensado transversal para sostener las alas de la sección, postensado longitudinal exterior y postensado longitudinal interior. Este último complementaba al pretensado exterior en el centro del vano.

El trazado del postensado exterior planteado por EGIS para estos viaductos en el proyecto de licitación es característico de su firma y sigue un criterio estructuralmente ventajoso, pero de difícil ejecución. En este trazado, el desvío angular mayor, vertical, de cada uno de los tendones se produce lo más cerca posible al alma de la sección.

Así pues, una dificultad añadida en el proyecto constructivo fue la de diseñar un trazado que siguiese el criterio del proyecto de licitación evitando interferencias entre tendones y generando el suficiente espacio para posicionar los anclajes y permitir su tesado.

Encontrar la solución no fue nada fácil. En las dovelas sobre pilas se tuvieron que encajar 24 anclajes con sus desviadores para dos familias cruzadas de 12 tendones de postensado exterior (19/0,62"), cinco tendones de postensado transversal de cinco cordones cado uno, una galería de paso, las tuberías de drenaje y canalización de los tableros, el entronque con los apoyos y la armadura pasiva, que no era poca.

Junto con el contratista principal y la dirección de obra se determinó la utilización de dovelas prefabricadas en los vanos de los tableros y de dovelas hormigonadas "in-situ" sobre las pilas y estribos. También, dado que la altura de los

tableros lo permitía, se optó por la construcción sobre cimbra continua. Es decir, dovelas prefabricadas sobre cimbra. Un método cada vez más extendido.

MeKano4 se ocupó de gestionar el proyecto constructivo de los tableros con las premisas anteriores, desarrollando también la geometría de cada una de las dovelas, incorporando su armadura, vaina y desviadores para los sistemas de postensado interior y exterior. Diseñó el parque de prefabricación de dovelas y el sistema de izado y montaje de dovelas junto con los cabeceros de las cimbras y el pliego de condiciones de las mismas, incluida su cimentación

Por otro lado, MeKano4 se ocupó también de diseñar y suministrar los moldes para la prefabricación de dovelas, las plantillas para el armado de la ferralla, las vigas de izado hidráulicas, necesarias para el montaje de dovelas y el sistema de gatos hidráulicos de soporte de dovelas para poder montar dos vanos sobre cimbra simultáneamente.

## 2. Viaductos J5 y J6 en "Al Ghouse Road", proyecto RA263.

El proyecto de "Al Ghouse Road", del ministerio de obras públicas de Kuwait, consiste en la construcción de una autovía urbana de 30 km que discurre de Norte a Sur, paralela a la costa sudeste de Kuwait, frente al Golfo Pérsico.

La vía pretende ser uno de los colectores principales del tráfico local y discurre paralela entre dos autopistas, la 30 y la 40. Su presupuesto de construcción es de 350 millones de euros. Su construcción se divide en tres tramos. Los puentes que comentamos en este artículo pertenecen al primer tramo, proyecto RA263 de siete kilómetros de longitud. Este es el tramo norte, el "paquete 1" de la nueva vía y se sitúa entre las conexiones con las autopistas de circunvalación 5ª y 6ª, que discurren de Este a Oeste. El proyecto RA263 incluye seis intercambiadores y en dos de ellos se han construido los dos puentes con dovelas pre-fabricadas en los que ha colaborado MeKano4.

Uno es el intercambiador "Junction 5" que conecta la nueva vía con la carretera de "Khalid Bin Abdul" y el otro es el intercambiador "Junction 6" que conecta con la autopista de circunvalación nº6.

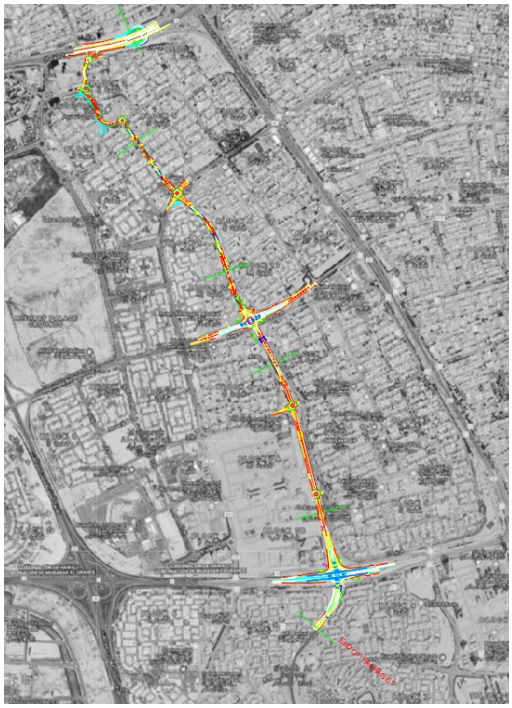
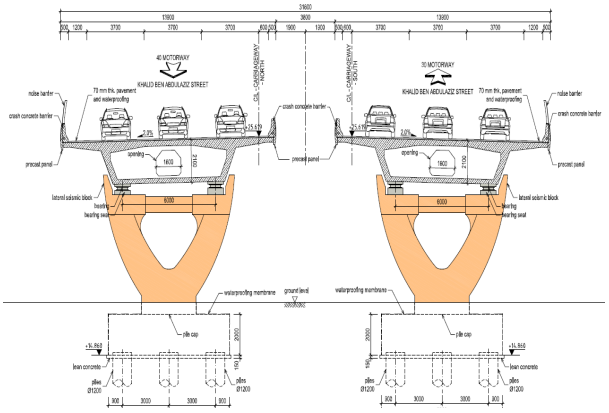


**Figura 2. Tramo Norte del vial, Proyecto RA263.**

En la figura 2, anterior, se aprecia el tramo RA263 de la nueva vía y la localización de los intercambiadores J5 y J6 donde se han construido los puentes de dovelas pre-fabricadas, Flyover Junction 5, North and South y Flyover Junction 6 East and West.

El primer puente; "Flyover at Junction 5" es un viaducto de hormigón con dos tableros paralelos y un total de 6 carriles de circulación. Cada tablero tiene una longitud de 184 m con dos vanos extremos de 32 m y tres vanos intermedios de 40 m. Su sección es un cajón de 13,9 m de anchura y 2,1 m de canto con un 2% de pendiente transversal, desaguando hacia el exterior. La traza de ambos tableros es recta en planta y forma un acuerdo vertical en elevación, lo cual simplifica la geometría de las dovelas que únicamente deben adaptarse a las variaciones longitudinales intrínsecas de la rasante y a las contraflechas de ejecución.



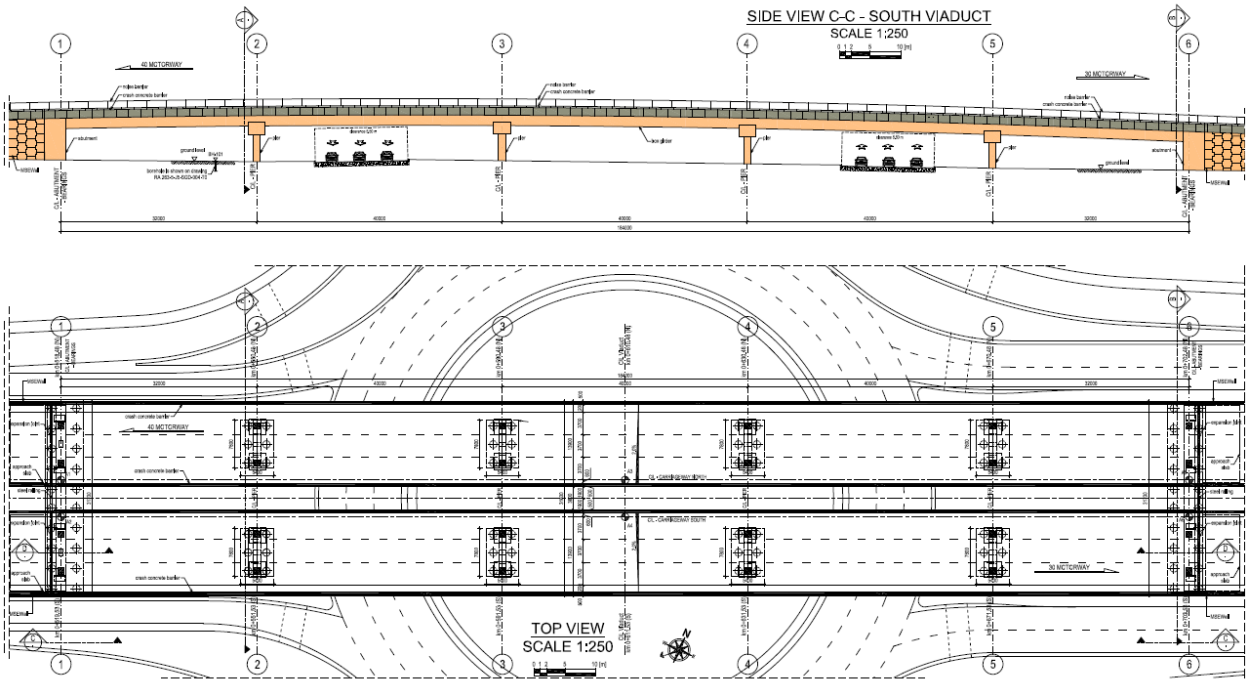


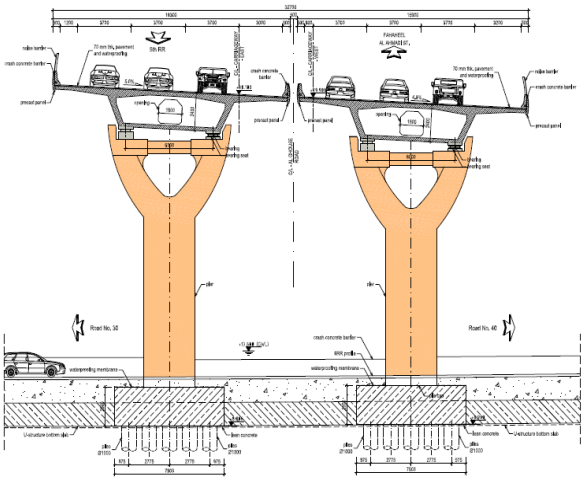

**Figura 4. Viaducto J5, Tableros Norte y Sur**

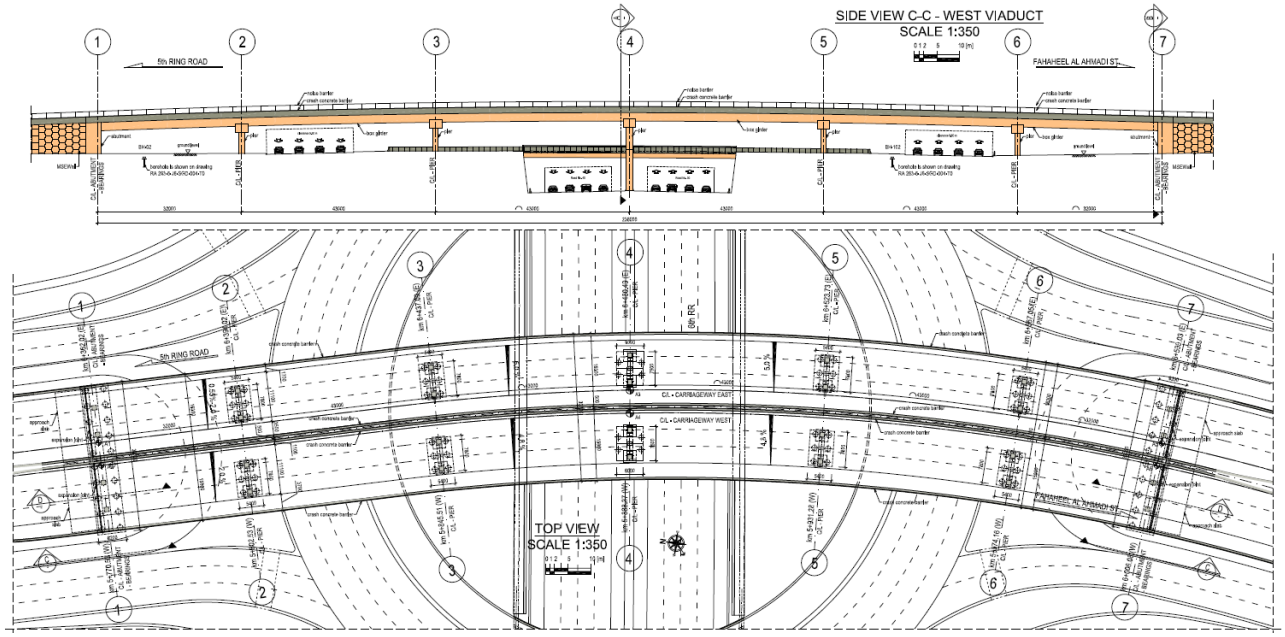
Las dovelas de vano, entre pilas, se pre-fabricaron localmente fuera del recinto de la obra. Primero se ejecutaron las del tablero Sur y posteriormente las del Norte. En total 134 dovelas con el mismo molde que preveía la modificación de la anchura de la losa superior, ya

que uno de los tableros es 90 mm más ancho que el otro.

El segundo puente; "Flyover at Junction 6" es también un viaducto de hormigón con dos tableros paralelos y un total de 6 carriles de circulación. Cada tablero tiene una longitud de 236 m con dos vanos extremos de 32 m y cuatro vanos intermedios de 43 m. Su sección es un cajón de 16 m de anchura y 2,4 m de canto con una pendiente transversal variable entre el 2% y el 5%, desaguando ambos tableros hacia el Oeste, el interior de la curva en planta. La traza de ambos tableros es curva en planta, variable desde un radio de 500 metros a un tramo en recta y forma también un acuerdo vertical en elevación.

De forma análoga a la construcción de los tableros de "J5", cada uno de los dos tableros del viaducto "J6" se construyó alternando también dovelas prefabricadas y dovelas "in-situ". Las dovelas de pila y estribos se hormigonaron "in-situ". Las dovelas de vano, entre pilas, se prefabricaron localmente fuera del recinto de la obra. Se ejecutaron simultáneamente las del tablero Este y Oeste, con dos moldes independientes. En total 172 dovelas, 86 con cada molde.






## 3. Diseño constructivo y herramientas geométricas.

Para la ejecución de los viaductos se realizó un proyecto constructivo completo que partía de la superestructura de las pilas y estribos hasta la totalidad de los tableros y sus detalles.

En el proyecto no tan solo se incluía la geometría del tablero y las dovelas, la armadura pasiva y el postensado sino también las canalizaciones de desagüe.

El primer paso fue realizar un análisis estructural de los tableros para determinar la sección a emplear y el pretensado posteso necesario de todos los viaductos. Para ello se utilizó el programa de cálculo de estructuras CSI SAP2000 V19.

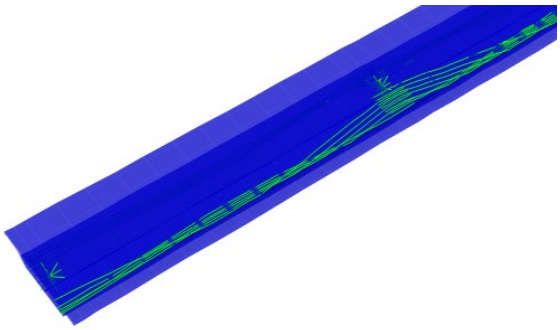


**Figura 7. Análisis estructural de los tableros**

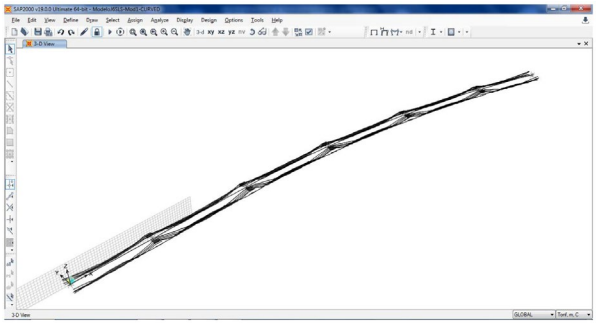


**Figura 8. Análisis del pretensado de uno de los tableros de J6 con el programa SAP2000**

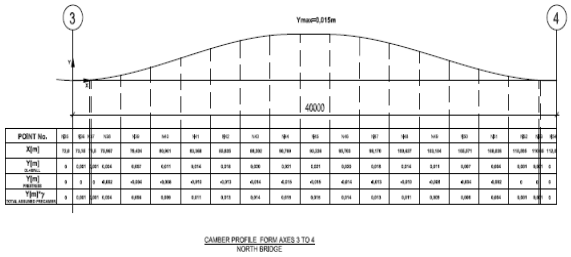



**Figura 9. Contraflechas para el cuarto vano de J5N**

Las normas y códigos de diseño que se siguieron para la redacción y análisis del proyecto constructivo fueron las que se usan habitualmente en Kuwait para este tipo de viaductos, y que formaban parte de las especificaciones de la licitación:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specification, Sixth Edition, 2012.
- Kuwait Bridge Highway Structure Design Manual

Una vez resuelto y aprobado el planteamiento final de los cuatro tableros se procedió al diseño de detalle, un trabajo arduo e interactivo en el que es preciso combinar adecuadamente la ilusión y la paciencia.

Todos sabemos que el papel es muy sufrido y que caben muchas cosas en él. No obstante, cuando se trata de puentes con dovelas prefabricadas construidos a 6.000 km de distancia de tu oficina no todo vale. La mejor manera de eludir problemas es ser preciso y dar todos los datos necesarios a priori.

Para plantear adecuadamente la construcción, MeKano4 adaptó sus herramientas de cálculo geométrico "Geomcal" para este proyecto. Esta herramienta es capaz no sólo de dar los puntos de replanteo de las dovelas, sino también tres puntos de cada desviador de pretensado que permiten su fabricación y su posterior colocación en la dovela. El cálculo no es unitario, no basta con proporcionar un diseño teórico de lo que queremos, hemos de seguir un proceso interactivo de medición real y corrección de errores para instalar lo que hemos obtenido en realidad.

Así pues, la idea de la herramienta de cálculo geométrico es la siguiente:

[1] - Establecer la geometría teórica del tablero en coordenadas globales; sus dovelas, la forma y posición de desviadores y anclajes de postensado. Es importante destacar que el eje de un puente de dovelas prefabricadas no es una

curva. Ni siquiera una poligonal entre puntos significativos de distintas secciones. Los programas de cálculo de geometría de dovelas, como el "Geomcal" de MeKano4, tienen en cuenta que el eje de la dovela es ortogonal a la sección fija de su molde y transforman las curvas de los programas de trazado de carreteras en una concatenación de tramos con ejes perpendiculares a su sección principal. Sección que se ajusta en pendiente y peralte a la geometría requerida por el programa de trazado de carretera.

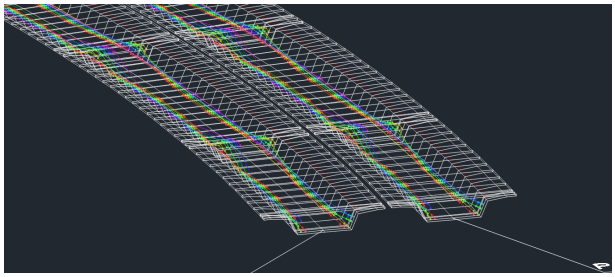
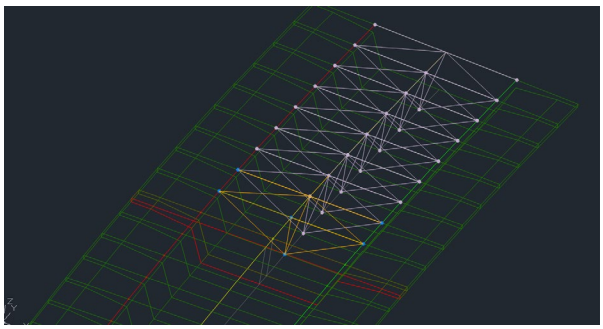
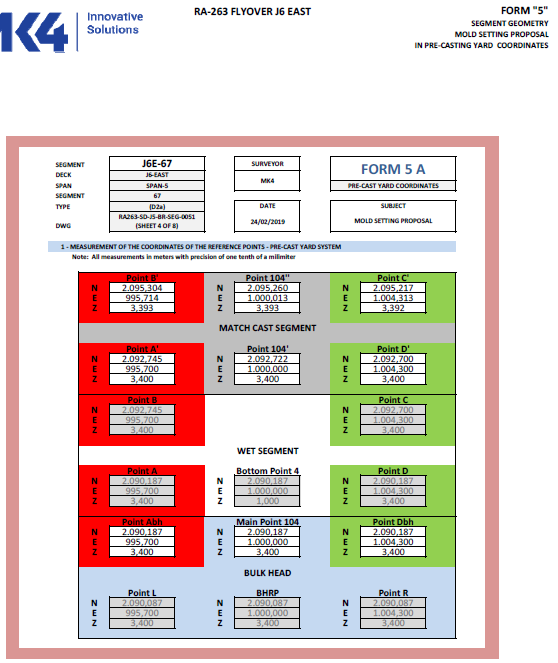


**Figura 10. Imagen del Programa Geomcal de MeKano4, donde se aprecian las secciones teóricas de las dovelas, sus ejes ortogonales y su pretensado.**

[2] - Indicar la geometría teórica de la dovela a hormigonar y sus desviadores de pretensado en el parque, en coordenadas de parque para cada uno de los moldes.



[3] - Modificar la geometría de la dovela adaptándola a la medición real en parque después de su desmolde e indicación de la nueva coordenada de posicionamiento en el molde para el hormigonado de la siguiente dovela conjugada.



MK4 Innovative Solutions

RA-263 FLYOVER J6 EAST

FORM "5"
SEGMENT GEOMETRY
MOLD SETTING PROPOSAL
IN PRE-CASTING YARD COORDINATES

| | | | |
|---|---|---|---|
| SEGMENT | J6E-67 | SURVEYOR | FORM 5 A |
| DECK | J6-EAST | MK4 | PRE-CAST YARD COORDINATES |
| SPAN | SPAN-5 | | |
| SEGMENT | 67 | | |
| TYPE | (B2a) | DATE | SUBJECT |
| DWG | RA263-SD-J5-BR-SEG-IX51 (SHEET 4 OF 8) | 24/02/2019 | MOLD SETTING PROPOSAL |

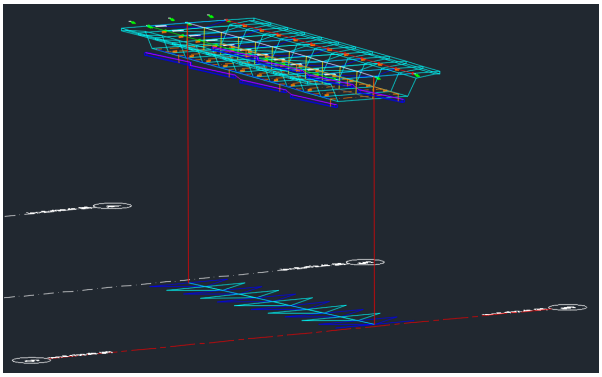
1 - MEASUREMENT OF THE COORDINATES OF THE REFERENCE POINTS - PRE-CAST YARD SYSTEM

Note: All measurements in meters with precision of one tenth of a millimiter

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Point B' | | Point 104'' | | Point C' | |
| N | 2.095,304 | N | 2.095,260 | N | 2.095,217 |
| E | 995,714 | E | 1.000,013 | E | 1.004,313 |
| Z | 3,393 | Z | 3,393 | Z | 3,392 |
| MATCH CAST SEGMENT | | | | | |
| Point A' | | Point 104' | | Point D' | |
| N | 2.092,745 | N | 2.092,722 | N | 2.092,700 |
| E | 995,700 | E | 1.000,000 | E | 1.004,300 |
| Z | 3,400 | Z | 3,400 | Z | 3,400 |
| Point B | | | | Point C | |
| N | 2.092,745 | | | N | 2.092,700 |
| E | 995,700 | | | E | 1.004,300 |
| Z | 3,400 | | | Z | 3,400 |
| WET SEGMENT | | | | | |
| Point A | | Bottom Point 4 | | Point D | |
| N | 2.090,187 | N | 2.090,187 | N | 2.090,187 |
| E | 995,700 | E | 1.000,000 | E | 1.004,300 |
| Z | 3,400 | Z | 1,000 | Z | 3,400 |
| Point Abh | | Main Point 104 | | Point Dbh | |
| N | 2.090,187 | N | 2.090,187 | N | 2.090,187 |
| E | 995,700 | E | 1.000,000 | E | 1.004,300 |
| Z | 3,400 | Z | 3,400 | Z | 3,400 |
| BULK HEAD | | | | | |
| Point L | | BHRP | | Point R | |
| N | 2.090,087 | N | 2.090,087 | N | 2.090,087 |
| E | 995,700 | E | 1.000,000 | E | 1.004,300 |
| Z | 3,400 | Z | 3,400 | Z | 3,400 |

**Figura 12. Orden de replanteo de una dovela donde se indican las coordenadas de los puntos significativos del molde, de la dovela conjugada y los teóricos de la propia dovela a hormigonar.**

[4] - Modificar la geometría de la dovela después de un periodo importante de retracción, midiéndola de nuevo cuando se encuentra en el tajo, a la espera de ser izada, y recalculo de las nuevas coordenadas globales de montaje. El nuevo cálculo se realiza dovela a dovela y vano a vano, interpolando errores y considerando también la geometría real de las dovelas construidas "in situ" sobre pilas y estribos.



El encaje de la figura 13 permite confeccionar las tablas de replanteo de las dovelas y el posicionado de las vigas de cabeza de la cimbra y los gatos deslizantes de ajuste y orientación.

En la figura 14 que sigue se muestra una de las hojas de una tabla de replanteo de dovelas para un vano determinado.

**RA-263 MEKANO4,S.A. SEGMENT PLACEMENT SHEET**

DECK JSN
SPAN 5
PROGRESS AXIS 5 TOWARDS AXIS 6
PAGE 4

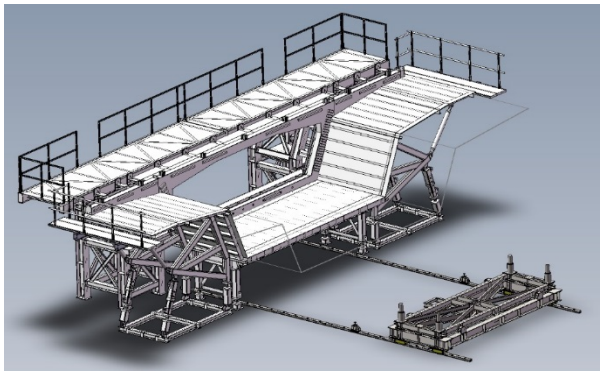
SHEET ERECTION PROPOSAL / SEGMENT ERECTION / SURVEY POINTS AS MEASURED BEFORE ERECTION
INITIAL PLANNING - SEGMENT CONTROL POINTS
THIS SHEET IS VALID FOR PLACEMENT OF SEGMENT:
Date of this document 11/06/2019
JSN SPAN-5

| JSN-57 | Segment Survey points | SOUTH | | | AXIS | | | | NORTH | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation |
| | Point D | 505.710,256 | 3.241,105.080 | 24,061 | Point 10A | 505.708,599 | 3.241,108.721 | 23,981 | Point A | 505.706,943 | 3.241,112.360 | 23,901 |
| | Point C | 505.712,690 | 3.241,106.187 | 23,975 | Point 10M | 505.711,035 | 3.241,109.828 | 23,895 | Point B | 505.709,380 | 3.241,113.467 | 23,815 |
| JSN-58 | Segment Survey points | SOUTH | | | AXIS | | | | NORTH | | |
| | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation |
| | Point D | 505.712,690 | 3.241,106.187 | 23,975 | Point 10A | 505.711,035 | 3.241,109.828 | 23,895 | Point A | 505.709,380 | 3.241,113.467 | 23,815 |
| | Point C | 505.715,128 | 3.241,107.291 | 23,886 | Point 10M | 505.713,472 | 3.241,110.932 | 23,806 | Point B | 505.711,817 | 3.241,114.573 | 23,726 |
| JSN-59 | Segment Survey points | SOUTH | | | AXIS | | | | NORTH | | |
| | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation |
| | Point D | 505.715,128 | 3.241,107.291 | 23,886 | Point 10A | 505.713,472 | 3.241,110.932 | 23,806 | Point A | 505.711,817 | 3.241,114.573 | 23,726 |
| | Point C | 505.717,566 | 3.241,108.397 | 23,797 | Point 10M | 505.715,911 | 3.241,112.038 | 23,717 | Point B | 505.714,256 | 3.241,115.679 | 23,637 |
| JSN-60 | Segment Survey points | SOUTH | | | AXIS | | | | NORTH | | |
| | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation |
| | Point D | 505.717,566 | 3.241,108.397 | 23,797 | Point 10A | 505.715,911 | 3.241,112.038 | 23,717 | Point A | 505.714,256 | 3.241,115.679 | 23,637 |
| | Point C | 505.720,001 | 3.241,109.504 | 23,703 | Point 10M | 505.718,347 | 3.241,113.143 | 23,623 | Point B | 505.716,693 | 3.241,116.783 | 23,543 |
| JSN-61 | Segment Survey points | SOUTH | | | AXIS | | | | NORTH | | |
| | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation |
| | Point D | 505.720,001 | 3.241,109.504 | 23,703 | Point 10A | 505.718,347 | 3.241,113.143 | 23,623 | Point A | 505.716,693 | 3.241,116.783 | 23,543 |
| | Point C | 505.722,435 | 3.241,110.613 | 23,608 | Point 10M | 505.720,782 | 3.241,114,254 | 23,527 | Point B | 505.719,129 | 3.241,117.893 | 23,447 |
| JSN-62 | Segment Survey points | SOUTH | | | AXIS | | | | NORTH | | |
| | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation | | Easting | Northing | Elevation |
| | Point D | 505.722,435 | 3.241,110.613 | 23,608 | Point 10A | 505.720,782 | 3.241,114,254 | 23,527 | Point A | 505.719,129 | 3.241,117.893 | 23,447 |
| | Point C | 505.724,872 | 3.241,111.715 | 23,509 | Point 10M | 505.723,219 | 3.241,115,957 | 23,429 | Point B | 505.721,567 | 3.241,118,697 | 23,349 |

## 4. Hormigonado de dovelas

Para el hormigonado de las 306 dovelas prefabricadas MeKano4 suministró tres moldes. Uno para las dovelas de los dos tableros de J5 y dos más para las dovelas de cada uno de los dos tableros de J6.

Los moldes se pusieron en línea, con un eje común, ver figura 1, para minimizar errores topográficos.



El ciclo de producción al inicio de los trabajos en el parque de prefabricación era de una dovela cada tres días por molde, pero se consiguió reducirlo hasta los dos días. Eso fue posible en parte debido a que el curado del hormigón se realizaba con vapor y en menos de 24 horas se conseguía una resistencia mínima de 30 MPa.

El postensado transversal de la losa superior se realizaba en la zona de acopio del parque de prefabricación, fuera del molde, dos semanas después de su hormigonado.

La armadura pasiva se pre-montaba en taller sobre una plantilla diseñada para ello para transportarla seguidamente a la zona de moldes.

Los moldes se fabricaron con chapas de encofrado de hasta 8 milímetros para conseguir una calidad de acabados excepcional desde la primera dovela a la última.

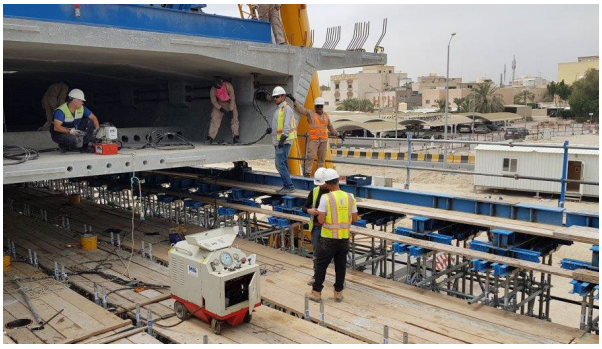
## 4. Montaje de dovelas

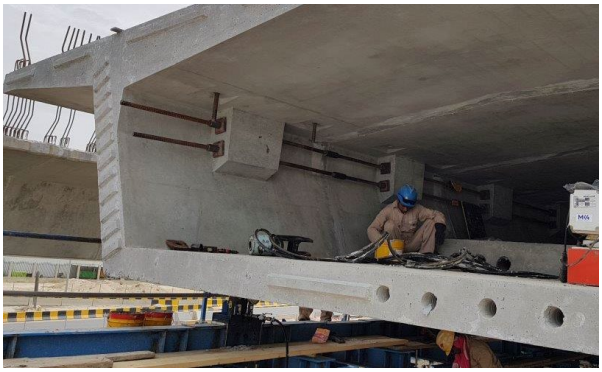
Las dovelas de pila (Fig. 19) se construían "in situ" sobre sus apoyos Pot definitivos y gatos de arena (Fig. 20). La cabeza de pila está postensada, manteniendo su riostra superior en compresión.

Las dovelas prefabricadas, cuyo peso se sitúa entre 40 y 60 toneladas, se izaban con grúa y una viga hidráulica de izado (Fig. 21), capaz de orientar la dovela con una pendiente del 6% tanto longitudinal como transversal.

La grúa depositaba la dovela sobre la cimbra, que cubría un vano completo y estaba arriostrada frente a movimientos horizontales longitudinales y transversales.

En la coronación de la cimbra se situaban dos vigas longitudinales y, sobre ellas, gatos hidráulicos deslizantes, dos por dovela. La grúa dejaba la dovela a instalar sobre sus dos gatos hidráulicos y, a partir de ahí, se postesaba con cuatro barras contra la dovela anterior. El postensado provisional se realizaba después de aplicar adhesivo epoxi a la junta. Los gatos deslizantes permiten el cierre de la junta y, a posteriori, la corrección de altura hasta alcanzar la cota requerida, momento tras el cual se liberaba la grúa.





Para retirar la cimbra de un vano, este debía ser auto-portante. Es decir, debían hormigonarse las juntas húmedas entre las dovelas de pila y las dovelas pre-fabricadas extremas y proceder al tesado longitudinal interior y exterior.

El punto fijo de la construcción dependía del tablero y el momento de su construcción. En la mayoría de los casos el punto fijo de construcción era el definitivo del tablero que se localizaba en el estribo.

En ocasiones el nuevo vano se construía alejado de otros ya ejecutados. En este caso, la dovela sobre pila más próxima a la primera dovela se bloqueaba con una estructura metálica y gatos "cocodrilo".

En todos los casos, la primera dovela de cada vano se cosía con vigas y barras de pretensado provisionales contra la dovela de pila adyacente. Este cosido dejaba un hueco para la junta húmeda que se hormigonaba al finalizar el montaje del vano y antes de su pretensado.


## *Agradecimientos*

Un agradecimiento muy especial a Guillermo Siegrist Ridruejo, coautor del artículo, por su dedicación y desvelos, también a todo el personal de MeKano4 que ha colaborado en este proyecto desde su posición, por modesta que esta fuese. A "Combined Group Contracting Co." por la confianza depositada en nosotros y a EGIS por aceptar nuestras ideas y por aportar soluciones cuando más las necesitábamos.


## *Referencias*


[1] AASHTO LRFD Bridge Design Specification, Sixth Edition, 2012.

[2] Kuwait Bridge Higway Structure Design Manual

[3] Programa de cálculo CSI SAP2000 V19

[4] Tender Project RA/263 Construction, Completion & Maintenance of Al Ghouse Road from 5th to 6th Ring Road, Ministry of Public Works, State of Kuwait, 2017