

El viaducto sobre el río Ulla en el Eje Atlántico de Alta Velocidad: la ejecución de un récord del mundo

Parte II: ejecución de las pilas y el tablero*

Rubén A. Estévez Sánchez

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado.

Director de obra. Dirección General de Ferrocarriles. Ministerio de Fomento.

Francisco Millanes Mato

Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Presidente de IDEAM S.A.

Miguel Ortega Cornejo

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Director de Ingeniería de IDEAM S.A.

Propiedad y dirección de obra:

Dirección General de Ferrocarriles. Ministerio de Fomento / ADIF-AV

Principales empresas participantes en el proyecto y obra

- Proyecto del Viaducto y asesoría especializada en estructuras a la A.T. y la D.O.: IDEAM S.A.

- Asistencia Técnica a la Dirección de Obra: TYPESA

- Constructora: UTE río Ulla. Dragados-TECSA

- Apoyo Técnico a la Constructora: Servicios Técnicos de Dragados y Fhecor

- Talleres Metálicos: Ascamón-Joama / Martifer / Emesa / Dizmar

- Control de Calidad Metal: Por parte de la Propiedad: Applus+
Por parte de la Constructora: Alfa-Instant y AMT

- Control de Calidad Resto Obra: Por parte de la Propiedad: Enmacosa

Concepción de la estructura metálica del tablero

Con objeto de poder manipular, fabricar y transportar los elementos metálicos a obra, las celosías metálicas del tablero se descomponen en los elementos simples siguientes (fig. 1): nudos superiores, cordones superiores, diagonales, nudos inferiores, cordones inferiores, montantes horizontales y arriostramientos en cruz.

Una vez ejecutados estos elementos individuales de cada dovela, en función de cada caso y previamente al transporte a obra, se sueldan en subconjuntos mayores: nudo+cordón, o nudo+cordón+nudo. Estos sub-

conjuntos y el resto de elementos simples (diagonales, montantes horizontales y arriostramientos) se transportan a obra para posteriormente terminar de ejecutar, en los parques de montaje de obra, las dovelas de la celosía.

Para poder controlar la ejecución de un viaducto tan singular como este, se ha concebido, desde la fase de proyecto, un complejo sistema de control de calidad que ha permitido acreditar con plenas garantías la ejecución con tolerancias muy estrictas, evitando así problemas a la hora de realizar los empalmes de dovelas en obra.

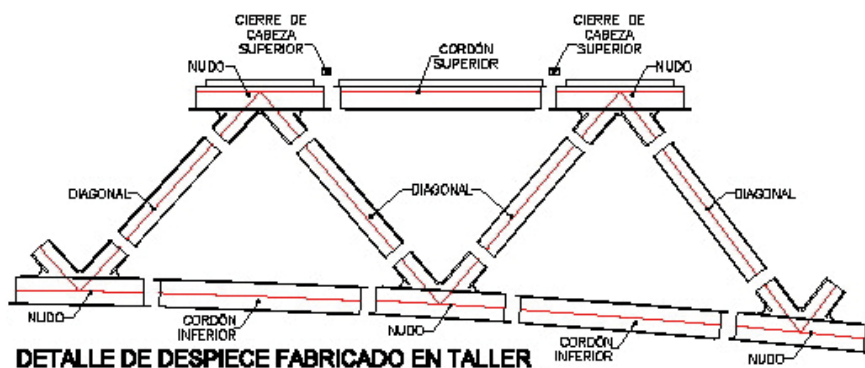


Fig. 1. Despiece de elementos simples en la fabricación en taller

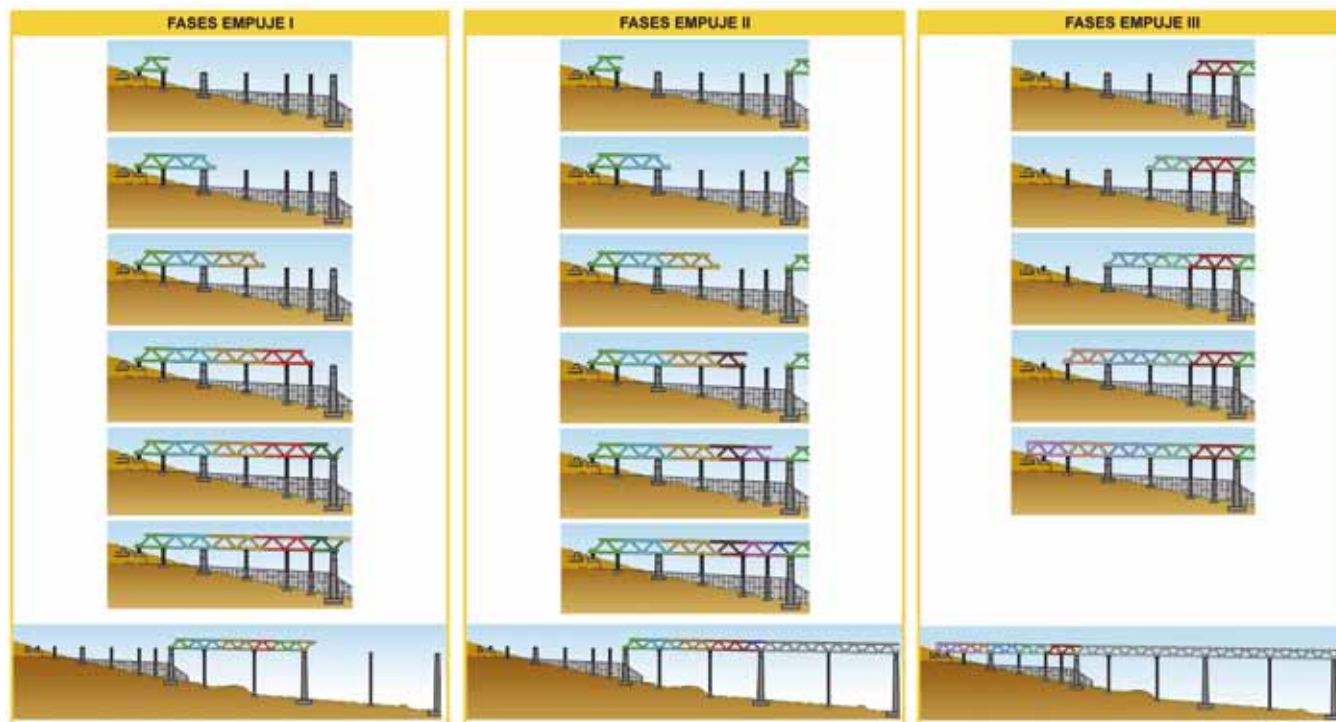


Fig. 2. Secuencias del proceso de ejecución y del lanzamiento de los vanos 1 al 4

La concepción de los detalles de soldaduras, transiciones y encuentros, así como las uniones entre piezas individuales, y las uniones entre dovelas, se ha diseñado con detalles con categoría de fatiga mínimo 80 (acorde con el Eurocódigo 3 parte 1-9), y sólo en los casos en los que ha sido necesario realizar soldaduras con acceso por un solo lado y empleo de chapa de respaldo metálica, se han admitido detalles con categoría de fatiga 71, con el adecuado control de ejecución del perfecto ajuste de las chapas previo al soldeo.

Descripción del proceso constructivo del tablero

El proceso constructivo del tablero está muy condicionado por las limitaciones impuestas por la ría. Se han empleado tres diferentes

procedimientos constructivos para las zonas de: vanos de acceso de la margen sur, vanos de acceso de la margen norte, y los 5 vanos principales centrales de canto variable.

Lanzamiento de los vanos de la margen sur

Las pilas de los vanos laterales de canto constante son pilas convencionales con sección cajón hueca y dimensiones variables con la altura.

La ejecución de la estructura metálica de los cuatro vanos de acceso de canto constante de la margen sur, con 50+80+120+120 m, situados entre el E-1 y la P-4, se han ejecutado mediante el lanzamiento de los vanos 3 y 4 (entre las pilas P-2 y P-4), y el izado con grúas de los vanos 1 y 2.

El proceso completo de ejecución de los cuatro vanos se materializa en tres fases, tal y como se representa en el esquema de la figura 2. La cercanía de un túnel tras el E-1, perteneciente al tramo anterior, obligó a materializar el parque de lanzamiento avanzado en altura sobre apeos provisionales, aprovechando las pilas P-1 y P-2 definitivas.

En la primera fase se ejecuta, en el parque de lanzamiento sobre apeos, ubicado entre el E-1 y la P-2, el vano 4 de 120 m de longitud, izando las dovelas mediante grúas. Concluido el tramo, se realiza el primer lanzamiento, avanzando el tramo de 120 m desde la P-2 hasta la P-3 (fig. 3a).

El lanzamiento se realiza desde una estructura auxiliar anclada a la P-2,

y dado que el tramo presenta una pendiente longitudinal descendente del $-1,8\%$, el tramo se sujeta de forma continua mediante el empleo de una retenida anclada al E-1. En la fase de lanzamiento, se va soltando la retenida y se tira desde los gatos ubicados en P-2.

Entre P-2 y P-3 se disponen dos apeos intermedios, que según las fases servirán de apoyo al tramo lanzado, reduciendo la luz del voladizo frontal (fig. 3b). Varios de los apeos dispuestos entre el E-1 y la P-2 sólo trabajan durante las fases provisionales de ensamblaje y no se emplean durante en el empuje.

La segunda fase del proceso de lanzamiento implica el izado en continuidad de las dovelas del vano 3 en el parque de lanzamiento. Concluido el tramo, se procede al segundo lanzamiento de los vanos 3 y 4 de 240 m de longitud, desde la P-3 hasta su llegada a la P-4 (fig. 3b), y finalmente se ejecutan los vanos 1 y 2 sobre apeos izados mediante grúas (fig. 3c).

Izado de los tres vanos de la margen norte

Los tres vanos de acceso de la margen norte del río, de 120+120+80 m de luz, se han ejecutado mediante el izado de los vanos completos (fig. 4a).

El izado del vano 12 entre el E-2 y la P-11, de unas 465 t de peso, se materializa empotrando de forma provisional la dovela cero anclándola al estribo en su parte superior, y disponiendo unas cajas de arena a modo de tope en su parte inferior, que reaccionen contra el estribo. La dovela cero situada sobre



Figs. 3a, 3b y 3c. Fase I, Fase II y Fase III del proceso constructivo.

Eje Atlántico de Alta Velocidad

“Viaducto del Río Ulla”



Solución Ganadora en Concurso Restringido de Ideas
Proyecto Constructivo y Apoyo Técnico a la Dirección de Obra

Longitud total: 1620 m
Vanos laterales de acceso: 120 m
Vanos centrales: 225+240+225 m
Record del mundo en su tipología

Ministerio de Fomento
Dirección General de Ferrocarriles

Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF-AV)



Ingeniería de Puentes y Estructuras

Jorge Juan, 19 3º - 28001 Madrid
Tel. 91 435 8084 - e-mail: general@ideam.es
www.ideam.es

ESPAÑA ■ BRASIL ■ MÉXICO

Principales campos de actuación:

- Puentes de Carretera, Autovías, Líneas de Ferrocarril y de Alta Velocidad
- Pasarelas Peatonales
- Edificación Singular
- Rehabilitación e Inspección de Puentes y Estructuras
- Asistencias Técnicas y Direcciones de Obra

Presidente: Francisco Millanes Mato

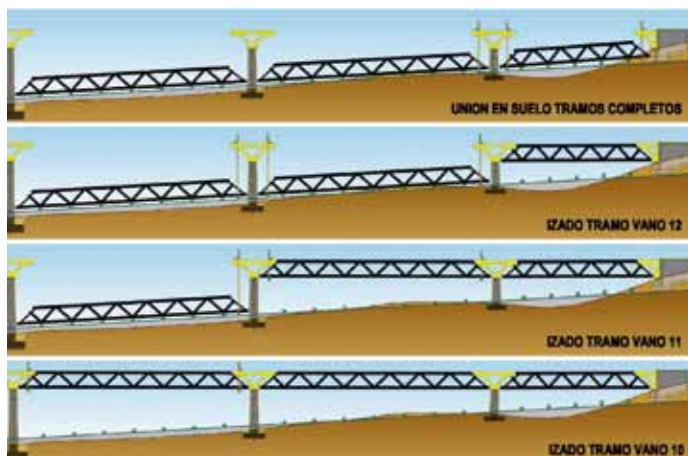
Actividades:

- Estudios Previos, Anteproyectos y Proyectos de Licitación
- Peritajes y Asesorías Técnicas
- Auscultación e Instrumentación de Estructuras
- Control de Calidad de la ejecución de estructuras
- Supervisión y Control de Proyectos y Ejecución de Obras

Director General: Luis Matute Rubio

Director de Ingeniería: Miguel Ortega Cornejo





Figs. 4a, 4b y 4c. Secuencia del proceso de izado de los vanos laterales 10, 11 y 12, vista del izado del vano 12 y del vano 10

la P-11 al tener forma de delta, y encontrarse articulada en su apoyo provisional sobre la pila, se empostra temporalmente desde su ubicación, para evitar su vuelco, hasta el instante previo al izado, instante en el que se enganchan los cables

de izado al extremo del vano 12 a izar, y se sujeta con los cables de retenida anclados al tramo anterior, que tiene mayor peso, evitando así que pueda volcar durante el izado, liberando para la operación el empotramiento provisional a torsión

(fig. 4b). La operación de izado se realizará controlando la reacción de izado y la reacción de la retenida, así como la geometría de la dovela cero.

Una vez izado el primer tramo se fija provisionalmente el vano en altura a las dovelas cero de sus dos extremos, y con el tramo arriostrado se suelda en posición. Se han previsto carretes con demasías en cada extremo de cordón y diagonal para ajustar con mayor rapidez y facilidad la unión de las piezas a unir en altura.

Concluido el primer izado y con la dovela cero de P-10 en posición se procede al izado del tramo del vano 11 entre P-10 y P-11. Este tramo de unas 900 t y 120 de longitud entre ejes de apoyos, debe compensarse del lado del vano 10, con un vano de peso similar, por lo que para sujetar provisionalmente de forma segura la dovela cero sobre P-10 se dispone de un lastre adicional que aumenta la seguridad y evita el vuelco de la dovela de cabeza de pila.

El tercer y último izado es el vano 10 entre P-9 y P10, de unas 900 t de

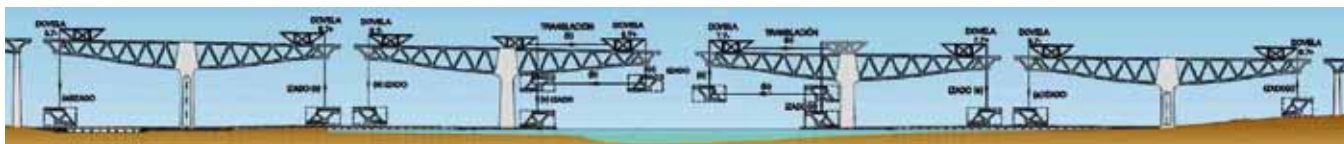


Fig. 5. Esquema del avance por voladizos sucesivos en los 5 vanos centrales de canto variable

peso, izado desde los dos extremos ya soldados en continuidad con los vanos adyacentes (fig. 4c).

Ejecución de los vanos centrales por voladizos sucesivos

Los cinco vanos principales de canto variable entre P-4 y P-9 de 120+225+240+225+120 m se ejecutan mediante el avance por voladizos sucesivos (fig. 5). Se izan dovelas de 15 m de longitud y ancho completo y su transporte hasta su posición de izado se efectúa mediante el empleo de carros de múltiples ejes.

Sobre las 4 pilas centrales, en las que el tablero se empotra a modo de pórtico, la dovela cero de la celosía metálica que tiene forma de W, se macla dentro de la estructura del cabecero de hormigón y se ejecuta mediante un proceso constructivo singular.

Las grandes dimensiones de cada uno de los dos cuchillos de la dovela cero, obligaron a ensamblar las dovelas en la base de cada pila de forma tumbada sobre castilletes, aprovechando además los recintos de tablestacas en las 3 pilas centrales.

La operación de verticalizado de cada una de estas gigantescas piezas, de 35 m de longitud, 17,5 m de altura y unas 375 t de peso cada una, se realizó mediante el empleo de gatos de *heavy-lifting* de forma

sincronizada, realizando el tiro desde una estructura auxiliar de más de 25 m de altura dispuesta sobre las pilas, y ripando simultáneamente sobre raíles mediante gatos de deslizamiento las cabezas inferiores de la dovela (fig. 6a).

Una vez que la dovela cero alcanza la altura prevista, se procede a ripar lateralmente los dos cuchillos,

hasta posicionar los cordones inferiores en su ubicación definitiva, se gira ligeramente cada cuchillo para lograr la pendiente 1/17,5 de las celosías, y se arriostran entre sí con el montante superior.

Con la dovela cero ya en posición, se realiza el hormigonado por trepas del gran cabecero de hormigón de 17,5 m de canto (fig. 6b), y concluido



Fig. 6a. Verticalizado de la W de cabeza de pilas centrales



Fig. 6b. Ejecución del cabecero de hormigón

este se puede comenzar el izado de las dovelas metálicas por voladizos sucesivos.

La ejecución del tablero desde las 4 pilas centrales se realiza mediante el empleo de 4 carros de izado, dos de ellos fijos y dos móviles (con capacidad para moverse con una dovela cargada, aunque en ocasiones trabajan como fijos), con la ejecución simultánea desde dos pilas a la vez.

Los izados de las dovelas de todos los vanos se realizan median-

te izados verticales, con los carros trabajando en posición fija, gracias al acceso desde tierra mediante el pantalán provisional, salvo en el caso de las dovelas del vano central, en el que sólo hay acceso a la base de las pilas P-6 y P-7. Para evitar tener que realizar el izado de todas las dovelas del tramo central desde barcazas, se ha previsto que los carros móviles puedan recoger la dovela en la base de la pila, izarla a una altura intermedia, trasladarse con la dovela hasta su posición en la vertical en el extremo del vola-

dizo, para concluir el izado vertical hasta la fijación en posición de la dovela (fig. 7).

Con los vanos laterales en continuidad con el primer tramo del avance en voladizos, se procede a realizar un descenso simultáneo y controlado de 25 cm de los apoyos de las pilas P-4 y P-9, con objeto de reducir las flexiones en las pilas principales adyacentes P-5 y P-8 por efecto pórtico con tramos adyacentes descompensados (225 m y 120 m de luz).



Fig. 7. Vista del avance por voladizos sucesivos

Con un cierto decalaje respecto de la ejecución de la estructura metálica, se procede a realizar el hormigonado inferior del tablero en todo el puente mediante el empleo de un carro de encofrado y se van colocando las prelosas superiores de ancho completo para posteriormente realizar el hormigonado de la losa superior (fig. 8), siguiendo una secuencia que evite la fisuración bajo peso propio de las zonas de negativos.

Se ha puesto especial cuidado en el método de curado de forma que se evite la fisuración temprana por retracción de la losa. **ROP**



Fig. 8. Vista del viaducto concluido