

Ampliación de la N-260 Congosto de Ventamillo – Campo mediante voladizos parcialmente prefabricados.

Widening of the N-260 Congosto de Ventamillo – Campo road by means of partially prefabricated cantilevers.

Luis Sopeña Corvinos^a, Juan Jesús Álvarez Andrés^b, Conchita Lucas Serrano^c,
Miguel Estaún Ibáñez^d, Fernando Osán Sarasa^e, Carlos Goñi Chocarro^f, Jose María
Morejón López^g, Alberto Ortega Giménez^h

^aIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS. Ingeniero estructural Dirección Técnica. lsopenac@dragados.com

^bIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS. Jefe Servicio Dirección Técnica. jjalvarez@dragados.com

^cIngeniera de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS. Jefe Departamento Dirección Técnica. clucass@dragados.com

^dIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. STRUCRES ENGINEERING. Director Técnico. mestaun@strucres.com

^eIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. ALVIPRE. Director Técnico. fosan@offsitesr.com

^fIngeniero Industrial. ALVIPRE. Gerente. cgoni@alvipre.es

^gIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS. Jefe de Obra. jmmorejonl@dragados.com

^hIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS. Jefe de Producción. aortegag@dragados.com

RESUMEN

El proyecto “Acondicionamiento de la N-260 Tramo Congosto de Ventamillo – Campo”, en la provincia de Huesca, tenía como objetivo la ampliación de calzada por diversos motivos normativos, de servicio y de seguridad, respetando el entorno natural del cauce del río Ésera. Dentro de este contexto una de las principales actuaciones fue la instalación de unas losas prefabricadas permitiendo el ensanchamiento de la calzada en muchas zonas de la obra; un total de 3 km en los 12 km de actuación del proyecto. Estas losas permiten, mediante un voladizo hacia el exterior (2,50 a 6,50 m) en dirección perpendicular al eje de la carretera, alcanzar la anchura mínima de plataforma prevista en el trazado (8,50 m).

ABSTRACT

The main goal of the project ‘Conditioning of the N-260 Congosto de Ventamillo - Campo section’, in the province of Huesca, was to widen the roadway for various regulatory, service and safety reasons, while respecting the natural environment of the Ésera riverbed. Within this context, one of the main actions was the installation, compatible with the traffic in the area, of precast concrete slabs allowing the widening of the roadway at numerous sections, a total of 3 km in the 12 km of the project. These cantilevered slabs, supported on the existing platform, enable with its outward overhangs perpendicular to the current axis (2,50 m to 6,50 m) the minimum road width defined in the profile design (8.50 m)

PALABRAS CLAVE: ampliación de estructuras, placa prefabricada, tráfico, instalación, ciclo, voladizo.

KEYWORDS: structure extension, precast slab, traffic, installation, cycle, cantilever.

1. Introducción

El proyecto “Acondicionamiento de la N-260 Tramo Congosto del Ventamillo – Campo”, en la provincia de Huesca, promovido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, tiene como objetivos básicos la adecuación del trazado a la Norma 3.1-IC “Trazado”, el incremento y la homogeneización de la anchura de plataforma para dotar carriles de circulación adecuados (velocidad de proyecto de 60 km/h), que posibiliten el cruce de vehículos pesados, y el incremento de la seguridad vial con la instalación de barreras, pretilas, y arcones, todo ello respetando el entorno natural, el Congosto de Ventamillo, un estrecho cañón de paredes altas y escarpadas que da acceso al valle de Benasque, en la provincia de Huesca.

El ensanchamiento hacia la montaña es, en la mayoría de los casos, inviable, pues debido a la verticalidad de los taludes en el desmonte cualquier actuación implica afecciones enormes en altura y al entorno natural de las laderas. Hacia el río, también con pendientes importantes y poco espacio, para poder ensanchar sin generar afecciones inadmisibles es necesario en gran parte del trazado materializar el ensanchamiento

mediante voladizos, apoyando únicamente en la zona de la calzada actual. La instalación de estos voladizos destaca por tanto entre todas las actuaciones proyectadas del tramo para permitir el ensanchamiento de la calzada en numerosos puntos del trazado.

2. Principales condicionantes.

Con el objeto de ampliar la plataforma, se define en diversos puntos del trazado unos voladizos que permitan materializar dicho ensanchamiento hacia el río. Los principales condicionantes que deben cumplir dichos voladizos son:

- Materializar un ensanchamiento de entre 2,50 y 6,50 m de la calzada, hacia el lado del río Ésera.
- Respeto del entorno natural del cauce del río.
- Ejecución compatible con mantener el tráfico en la carretera existente, salvo en cortes localizados en los que tan solo será necesario permitir tráfico alterno en ciertas ventanas durante el día, con corte total durante la noche.

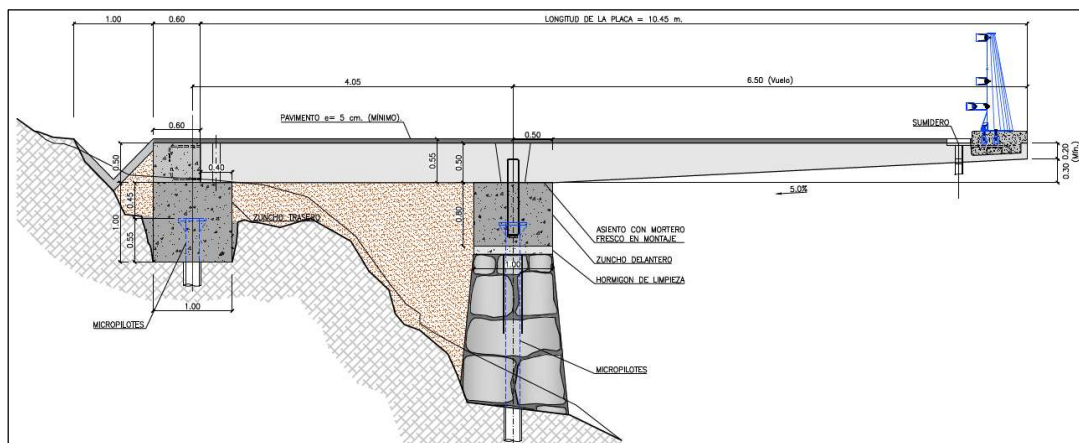


Figura 1. Sección tipo de ampliación terminada.

Se barajaron diferentes alternativas en cuanto a la forma en la que materializar los voladizos: losas de hormigón in situ, losas parcialmente prefabricadas (empleando prelosas), losas prefabricadas de canto completo, incluso mediante la instalación de puntales o jabalcones que ayudaran a reducir los esfuerzos y deformaciones en los voladizos de mayor entidad.

Finalmente, la solución que daba respuesta a los principales problemas planteados (permitir tráfico durante la mayor parte del proceso de ejecución, minimizar los cortes totales de tráfico y minimizar la afección al entorno y cauce del río Ésera) fue la de losas prefabricadas de canto completo, en voladizo puro sin necesidad de puntales o jabalcones de difícil ejecución sobre las laderas actuales de la montaña (ver Figura 1).

3. Principales características

Se desarrolla un proyecto de placas prefabricadas con voladizos puros por fuera de la calzada existente, de forma que todos los trabajos se puedan realizar desde la propia calzada. El canto de las losas es completo para evitar fases intermedias de hormigonado y curado que impidan el tráfico por encima de manera prolongada.

En cuanto a la cimentación de las losas, existían también diversos condicionantes que dificultaban la solución a disponer, no sólo por el hecho de que la ejecución de dichas cimentaciones también debía ser compatible con la condición de minimizar las afecciones al tráfico, permitiendo el mismo durante la mayor parte del proceso de ejecución: por un lado, los voladizos generaban esfuerzos de vuelco que era necesario compensar, no sólo en situación final, sino también durante el montaje, de forma que en la mayor parte de los casos es necesario recoger tracciones importantes en la parte

trasera. Por otro, en el apoyo delantero también se producen esfuerzos significativos, en este caso de compresión, no siendo posible transmitirlos directamente al terreno debido a la proximidad del borde del terraplén o la existencia de un muro de piedra o mampostería en la mayoría de casos.

Las losas se apoyan sobre dos riostras, delantera y trasera, con cimentación profunda mediante micropilotes (225 mm de diámetro, longitud variable) en la mayor parte de su longitud, de forma que tanto la ejecución de los micropilotes, por delante, como la ejecución de las riostras, sea compatible con mantener siempre el ancho disponible para un carril de tráfico, tanto de obra como de los vecinos de la zona (independientemente de las exigencias del contrato, se hizo un esfuerzo para dar la máxima accesibilidad y movilidad a los residentes durante todas las fases de obra).

4. Secciones tipo.

Para distintas magnitudes de voladizo, se definieron distintas placas prefabricadas tipo, todas ellas de canto completo y 2,40 m de ancho, y de longitud suficiente para abarcar el ancho completo de la nueva calzada, de forma que se evitaran fases de hormigonado in situ que supusieran un impedimento para el tráfico alternativo durante la obra (ver Figura 2).

Así, se dividieron la placas en tres grupos principales, en función del voladizo, estableciendo un canto para cada grupo:

- Voladizo hasta 3,50 m: losa de canto 30 cm. Longitud placa 7,90 m.
- Voladizo hasta 4,50 m: losa de canto 40 cm. Longitud placa 8,45 m.
- Voladizo hasta 6,50 m: losa de canto 50 cm. Longitud placa 10,45 m.

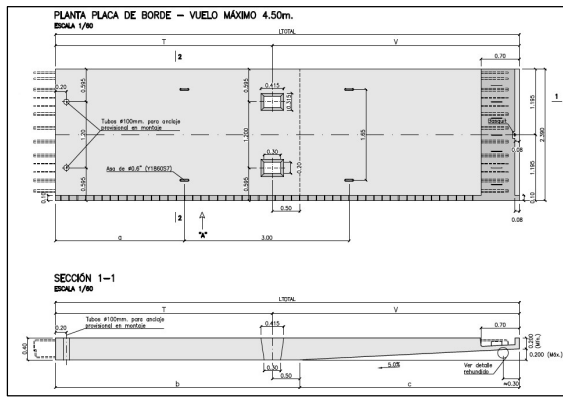


Figura 2. Planta y sección transversal de placa prefabricada para voladizo.

A partir de 3,50 m de voladizo, fue necesario también distinguir diferentes secciones tipo en función de la distancia interior de las riostras de cimentación, desde 5,40 para las losas con voladizos de 2,50 m o inferior, o variable entre 5,40 y 3,90 m para el resto de losas.

5. Detalles constructivos relevantes.

5.1 Conexión de placas a subestructura (riostras).

Las vigas riostra están unidas a los micropilotes, los cuales están situados con una separación variable entre ellos en función de las diferentes secciones tipo o incluso de las características del terreno (margas o calizas, y con grados de alteración III o IV).

La conexión entre la viga riostra trasera y la placa se realiza mediante un armado y un hormigonado in situ, que se ejecuta de forma continua, debido a que en esta interfaz se dan importantes tensiones de tracción. Sin embargo, en la riostra delantera, donde los esfuerzos son principalmente de compresión, la conexión se materializa mediante el hormigonado de dos ventanas por losa prefabricada en las que se introducen unas esperas de la riostra previamente replanteadas, reduciendo la cantidad de trabajo in situ, y por lo tanto, mejorando plazos y la afección al tráfico a corto plazo. Debido precisamente a la complejidad de

hacer coincidir las ventanas de la placa prefabricada con los micropilotes, y a las tolerancias de ejecución asociadas a este tipo de elementos y procedimientos constructivos, se decide desvincular la conexión de los micropilotes de las losas, conectando los mismos directamente a la viga riostra delantera (ver Figura 3). De esta forma se permite un ajuste en planta más preciso, y, por lo tanto, mayor garantía a la hora de posicionar en obra cada una de las placas prefabricadas.

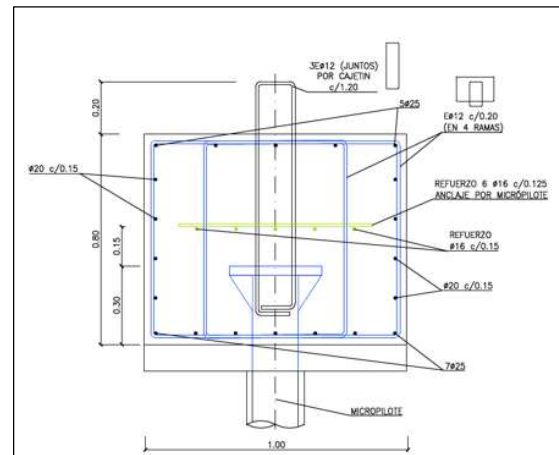


Figura 3. Unión micropilotes-riostra delantera-placa.

5.2 Juntas transversales. Continuidad longitudinal.

La continuidad longitudinal de la estructura se materializa mediante una junta hormigonada in situ entre las placas prefabricadas, de entre 10 y 12 cm de ancho. En cada uno de los frentes de la junta se cruzan los cercos que se habían dejado vistos en la prefabricación de las placas (ver Figura 4). El armado de la junta se completa con ferralla dispuesta in situ (enfildado de barras longitudinales a la junta). De esta forma quedaban tramos continuos de losa de aproximadamente 40 m de longitud.

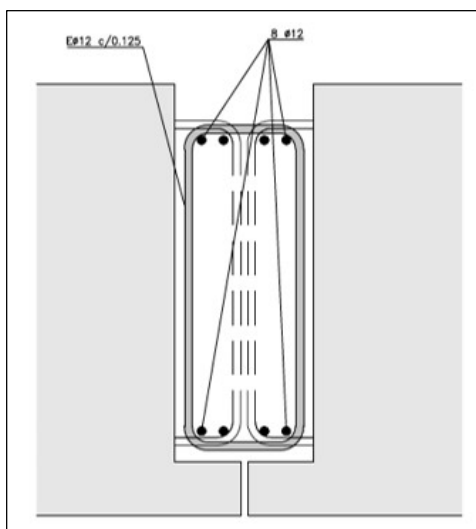
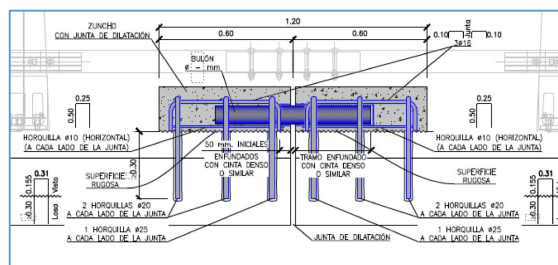


Figura 4. Junta transversal entre placas.

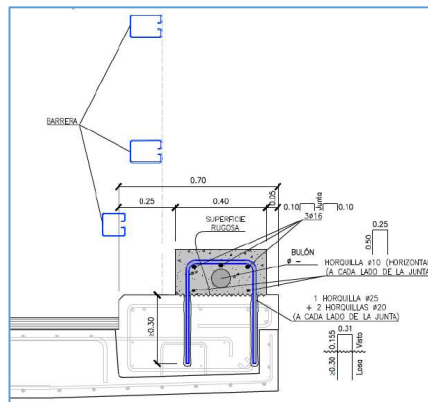
A efectos de rodadura, tras analizar detalladamente los efectos diferidos en función del tiempo transcurrido entre la fabricación y la instalación de las losas, gracias al uso de la colocación de geomallas anti-reflexión, el relleno de las juntas con material flexible y un corte mediante radial en la capa de regularización, se posibilitó la extensión de la capa de rodadura sin reproducir las juntas entre losas en la misma.

5.3 Juntas de dilatación. Limitación de deflexiones verticales relativas.

En las juntas entre tramos de losa, en las que el voladizo supera los 4,00 m, se instaló un dispositivo a modo de bulón de acero inoxidable, con el objeto de evitar deflexiones verticales relativas a ambos lados de la junta al paso de un vehículo pesado que genera tensiones inadmisibles en el pavimento. Dicho dispositivo queda alojado en el zuncho del pretil, en el borde del voladizo, de forma que iguala las deflexiones verticales en ese punto mientras permite pequeños movimientos longitudinales relativos entre ambos extremos (dilatación y contracción de los tramos de losa continuos). Ver figuras 5 y 6.



**Figura 5. Bulón de unión entre tramos de voladizos.
Sección longitudinal.**



**Figura 6. Bulón de unión entre tramos de voladizos.
Sección transversal.**

Finalmente, para la instalación del pretil de contención, se dejaba en el extremo un rehundido sin hormigonar de 70 cm de ancho, con esperas para solapar con la ferralla del zuncho del pretil correspondiente, para su posterior instalación.

6. Proceso constructivo.

El proceso constructivo, como ya se ha mencionado antes, debe realizarse mediante una secuencia y empleando maquinaria que permita el tráfico (reducido a un carril), con cortes puntuales durante el día (ventanas de tráfico para vecinos y servicios de emergencia), y cortes nocturnos totales (de unas 5 o 6 horas efectivas). No menos importante es la necesidad de movimiento por la traza de la maquinaria y el personal de la obra.

La primera actividad que se realiza es la de ejecución de micropilotes, tanto los delanteros como los traseros, pues las máquinas

son pequeñas, permiten el paso de vehículos (ver figuras 7 y 8), y el micropilote se deja “enterrado” a falta del último tramo (cabeza) para no presentar una afección al tráfico rodado ni de obra en las siguientes fases.

Según va avanzando la campaña de reconocimiento geotécnicos y de análisis de las longitudes necesarias en cada tramo (por características del terreno y por solicitud según el voladizo necesario), se van atacando diferentes tramos de forma simultánea.



Figura 7. Máquina de micropilotes trabajando.

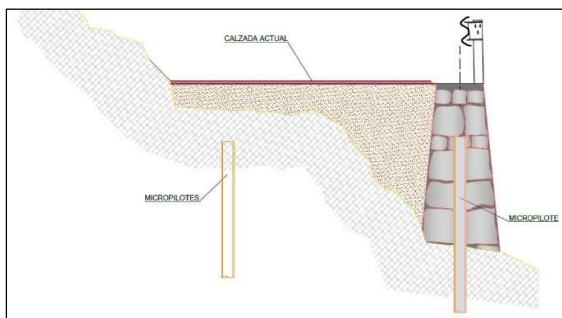


Figura 8. Posición de micropilotes delanteros y traseros en sección transversal.

La siguiente actividad es la de ejecución de las riostras, tanto de la delantera (ver figuras 9 y 10) como de la trasera.

En una primera fase se comenzó con una ejecución in situ, en la que tras la excavación necesaria se procedía a la instalación de los encofrados. Dichos encofrados tenían una doble función, pues además de la habitual, servían como barreras protectoras del tráfico ya que tanto durante esta fase de ejecución de riostras como tras la ejecución de las mismas, se debía dejar en medio el espacio para al menos un carril de circulación, para vehículos ligeros, de obra, maquinaria o incluso algún vehículo pesado (ver Figura 11); y en muchos de los casos la rasante definitiva iba por encima de la rasante actual, los encofrados por tanto debían ser “auto-estables” y/o “auto-resistentes”, sin elementos estabilizadores o resistentes que ocuparan la calzada central.

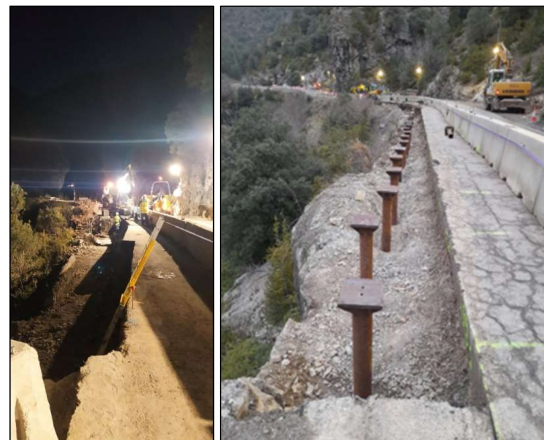


Figura 9. Imágenes de ejecución de viga riostra delantera.

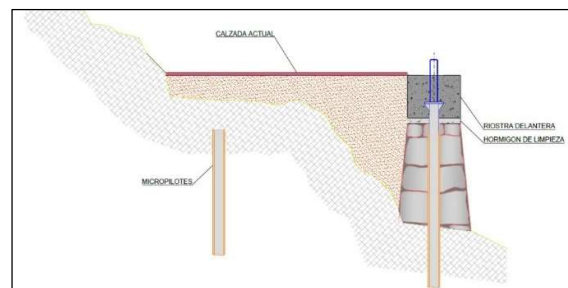


Figura 10. Sección tipo fase constructiva viga riostra delantera.



Figura 11. Camión circulando por la calzada durante las obras.

La conexión entre la riostra trasera y las placas prefabricadas es una conexión armada convencional, que requiere de un armado tanto de la riostra como de las placas con esperas, para que junto con un ferrallado in situ final de la conexión, se proceda a hormigonar la unión. Ver figuras 12 a 14.



Figura 12. Imágenes de ejecución de viga riostra trasera.

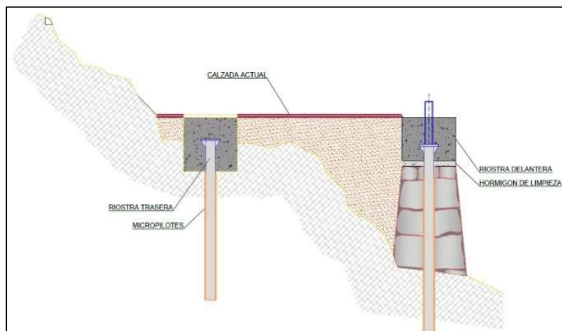


Figura 13. Sección tipo fase constructiva viga riostra trasera.



Figura 14. Viga riostra premontada en proceso de colocación.

Tras analizar la ejecución de los primeros tramos, se observó que la actividad de ferrallado de las riostras era compleja y consumía mucho tiempo, debido a la densidad de armado y a la complejidad de las condiciones de trabajo para armado in situ de las mismas. Por este motivo se decidió optar por una opción “premontada” (ver figuras 15 y 16), es decir, tramos de riostras que se fabrican en factoría, con la mayor parte de los armados ya instalados, e incluso con los 2 tabiques verticales a modo de encofrado perdido, y, nuevamente, de barrera protectora del tráfico. De esta manera, in situ únicamente hubo que resolver los solapes entre los diferentes tramos, y las interferencias y refuerzos en las zonas de las cabezas de los micropilotes. A cambio, fue necesario implementar un sistema preciso y de garantías respecto a la geometría necesaria para cada uno de los tramos premontados, pues en esta opción se pierde capacidad de adaptación in situ a las condiciones de geometría y apoyo de cada tramo de riostra.



Figura 15. Viga riostra premontada en proceso de colocación.

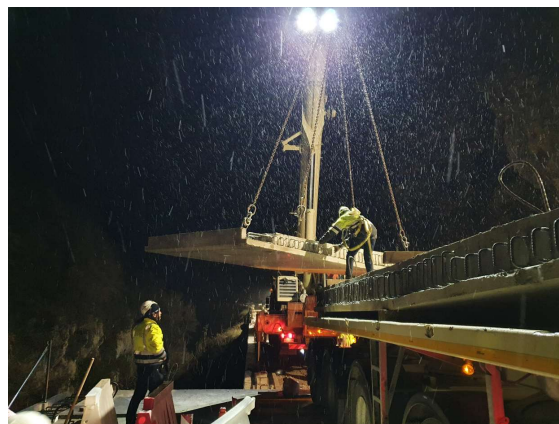


Figura 17. Izado y colocación de placa prefabricada en corte nocturno de tráfico.



Figura 16. Vigas riostras premontadas colocadas en posición.



Figura 18. Colocación de prelosa en corte diurno de tráfico.

Una vez las riostras están ejecutadas, se puede proceder a la colocación de las losas prefabricadas (ver figuras 17 y 18). Las losas fueron transportadas a obra en camiones relativamente ligeros, con hasta 8 losas en cada uno, de forma que el propio camión fuera capaz de entrar en la traza, la mayoría de las veces marcha atrás, hasta el punto de colocación, donde la grúa estaba ya posicionada preparada para ir cogiendo cada una de las losas y colocarla en su posición definitiva.

Una de las grandes ventajas de las placas prefabricadas es que permiten el paso inmediato de vehículos de obra y de vehículos en general, a velocidades reducidas, previa instalación de los sistemas de estabilización y de los tapes temporales de las juntas transversales.

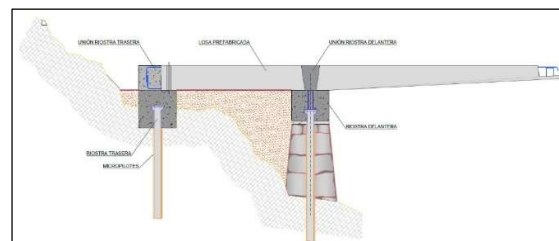


Figura 19. Sección tipo de fase del proceso de colocación de placas prefabricadas.

La estabilidad temporal de las placas, mientras estaban simplemente apoyadas sobre las riostras y hasta haber hormigonado tanto la conexión con la viga trasera y delantera, se garantizaba mediante la instalación y rosca de unas barras en su parte posterior, previamente replanteadas en las riostras traseras.

Una vez superada la curva de aprendizaje, se llegó a un rendimiento de colocación de losas de 40 unidades por corte

(nocturnos la mayoría, si bien algunos tramos sí se pudieron ejecutar durante los periodos de corte establecidos, entre el 1 de octubre y el 1 de

diciembre, y entre el 1 de abril y el 30 de junio, llegando a un máximo de 415 unidades por periodo de corte total).



Figura 20. Vista aérea de tramo de voladizos en ejecución.

Posteriormente, se ferrallan las juntas (ver figura 21), se termina de ferrallar la riostra trasera, la conexión con la riostra delantera, y se hormigonan in situ dichos elementos para terminar de conformar la estructura que conforma la nueva calzada.



Figura 21. Ferrallado de juntas transversales entre placas.

Finalmente, se ejecutan los elementos que normalmente se engloban en “acabados”, fundamentales para un correcto funcionamiento

y durabilidad de la estructura (pretiles metálicos, impermeabilización, drenaje y aglomerado).



Figura 22. Vista de tramo ampliado terminado.



Figura 23. Vista aérea de tramo de voladizos terminados.

Agradecimientos

En primer lugar, al equipo de obra de DRAGADOS, no solo por sacar adelante un proyecto de gran complejidad técnica y logística, realizando enormes sacrificios, sino por toda la documentación y ayuda que han proporcionado para elaborar este documento. Mención especial a las diferentes áreas de la Dirección Técnica de DRAGADOS que se han involucrado en el proyecto, desde Obras Lineales, Materiales, Topografía, Geotecnia; Planificación y Métodos y Estructuras. También a la Dirección de Obra, personal de la Demarcación de Carreteras de Aragón perteneciente a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. También agradecer su entrega y buen trabajo a empresas involucradas en el proyecto como ALVIPRE (fabricación, suministro y colocación de placas prefabricadas) y GEOCISA (ejecución de micropilotes), encargadas de elementos de vital importancia para el proyecto. Por último, aunque no menos

importante, al equipo de Strucres, responsables de la redacción del proyecto y de la asistencia técnica a la obra.