

RUTA 9 ENTRE PAN DE AZÚCAR Y ROCHA: UN PROYECTO DESAFIANTE DESDE EL INICIO

ING. DIEGO NOLLENBERGER, ING. ÁLVARO LÓPEZ E ING. JUAN DEL REAL
DE CDS INGENIEROS

La duplicación de la Ruta Nacional N.º 9, entre Pan de Azúcar y Rocha, fue el desafío más ambicioso de los últimos años en materia de infraestructura vial en Uruguay enmarcado dentro del plan de Obras 2020-2025. Con algo más de 100 kilómetros de desarrollo en el tramo intervenido, el proyecto requirió un abordaje integral combinando ingeniería, capacidad de adaptación, tecnología de punta y coordinación estrecha con el cliente.

Diseñar una duplicación dentro de una faja de 60 m fue, en sí mismo, uno de los principales desafíos técnicos, condicionado además por la restricción de emplazamiento de elementos en el cantero central. Estos requerimientos exigieron soluciones innovadoras para garantizar funcionalidad y seguridad vial sin comprometer el avance constructivo. CDS Ingenieros desarrolló herramientas propias de análisis para la modelación 3D que permitieron realizar el diseño con precisión en el aspecto vial y de drenajes.

¿Qué contempló el proyecto?

- 97 km de duplicación en zona rural y 7 km de intervención en travesías urbanas
- 11 rotondas modernas y 9 retornos bidireccionales
- 21 puentes nuevos y 8 ensanches
- 1 intersección a desnivel y 1 cruce peatonal subterráneo
- 4 zonas de descanso para camiones y la adecuación de infraestructura en balanza y peaje existentes
- 150 cruces de alcantarillas

¿Qué hizo CDS Ingenieros?

Realizó una serie de estudios previos fundamentales y desarrolló el proyecto de diseño en todas sus etapas, desde la oferta técnica para la iniciativa hasta la versión final apta para construir.

Estudios geotécnicos viales

Caracterización de suelos, capacidad de soporte y comportamiento mecánico para definir la estructural de los pavimentos y planificación de la obra para los movimientos de suelos.

Relevamiento de transectas

Para el análisis hidrológico de cauces y determinación de periodos de retorno asociados a los puentes.

Diseño de pavimentos

Dimensionado estructural de los nuevos paquetes de pavimento y de los refuerzos requeridos para la calzada existente, considerando el tránsito proyectado y las características geotécnicas del suelo.

El requerimiento de emplear una carpeta de rodadura de granulometría discontinua generó, por su tipología, un desnivel con respecto a la banquina que se resolvió mediante la implementación de una cuña de transición con pendiente confortable, evitando así la modificación del paquete estructural, manteniendo además la funcionalidad del diseño y los costos de construcción.

La estrategia de intervención sobre la calzada existente se basó en el análisis de su estado estructural, en la adecuación de la geometría existente a las exigencias de velocidad directriz y en su convivencia con la calzada nueva. En ese sentido se proyectó:

- 97 km de calzada nueva que implican una mejora sustancial en la capacidad y nivel de servicio de la Ruta 9
- Adecuación de la calzada existente a través de la repavimentación de 77 km (incluyendo las travesías urbanas), la corrección altimétrica en 11 km y la reconstrucción total de 16 km.
- +80% de la estructura existente fue reutilizada
- +425 mil toneladas de mezcla asfáltica

Diseño geométrico

Desde el análisis y verificación planialtimétrica del eje existente para la determinación de velocidades directrices, peraltes máximos y demás características necesarias para su rehabilitación y rediseño, hasta la proyección completa del nuevo trazado.

La doble vía se proyectó con una mediana de 10 m con cantero central deprimido, calzadas de 7.20m, banquina exterior de 2.40m e interior de 1.50 m.

Uno de los pilares del proyecto fue la incorporación de 11 rotondas modernas, un concepto que va más

allá de la rotonda tradicional. Estas fueron diseñadas bajo normativas internacionales, contemplando prioridades de paso seguras y flujos vehiculares eficientes. Así mismo, se agregaron 9 retornos, de los cuales 7 están diseñados para la convivencia entre el tránsito de vehículos pesados (WB19 según AASHTO) y vehículos convencionales, al igual que las rotondas, siendo los 2 restantes específicamente para vehículos livianos. La ubicación de los empalmes y retornos respondió a un criterio funcional, mejorando la movilidad y operativa de los usuarios.

La resolución del empalme con el Camino de Los Ceibos en la zona de Abra de Perdomo fue un desafío relevante que implicó el diseño de una intersección a desnivel y un 1 cruce peatonal subterráneo con criterios de accesibilidad universal y seguridad.

Drenajes pluviales

Se realizó la modelación hidrológica de las cuencas de drenaje y el cálculo hidráulico de las obras de drenaje transversal a la ruta.

El diseño consideró la zona libre de obstáculos, por lo que se incorporaron cámaras de inspección y captación pluvial en las cunetas del cantero central. Se desarrollaron diseños tipo para estas cámaras, adaptados a la geometría de las alcantarillas. En los



empalmes y retornos se implementaron soluciones que incluyeron otra tipología de captaciones (regue-ras, bocas de tormenta, cámaras sumidero) con su correspondiente sistema de colectores. Adicionalmente, se proyectaron enrocados de protección en los canales de descarga donde se identificó riesgo de erosión.

En la modelación hidráulica de las cunetas se evaluó la capacidad de conducción y las velocidades máximas de escurrimiento. Con el objetivo de mitigar posibles deficiencias hidráulicas y prevenir efectos erosivos por altas velocidades, se propusieron ajustes en las secciones tipo y alternativas de recubrimiento empleando hormigón o geoceldas. En cuanto al macro drenaje, se efectuó la modelación hidrológica e hidráulica de 15 nuevos puentes, acompañada de la modelación de los puentes existentes, para definir en cada caso, la altimetría mínima del fondo de tablero y verificar la longitud requerida para la nueva estructura. Se analizó además la socavación en pilas y estribos, determinándose las protecciones necesarias a incorporar en el proyecto estructural.

Metodología BIM

La totalidad del proyecto vial e hidráulico se modeló en 3D mediante el uso de herramientas BIM. Además, durante toda la ejecución de la obra se proporcionaron superficies 3D de alta precisión para la pavimentación y tendido de capas, lo que mejoró la eficiencia constructiva reduciendo el margen de error.

Así mismo se realizaron intercambios BIM con otras disciplinas, principalmente con los proyectistas estructurales de los puentes para verificaciones previas a la ejecución.

Seguridad vial: una ruta segura para todos los usuarios

Se realizó un análisis exhaustivo del costado del camino cumpliendo con la normativa nacional e internacional vigente en materia de seguridad vial, así como el abordaje de otros aspectos relevantes:

- Mezcla de granulometría discontinua: menor riesgo de aquaplaning
- Cuña de transición calzada-banquina segura

- Taludes más tendidos
- Elementos traspasables y abatibles
- Criterios de altura máxima de terraplenes
- Zonas libres de obstáculos
- +50km de defensas laterales para protección contra elementos fijos y estructuras.
- Inclusión del proyecto escolar seguro del MTOP

Coordinación con otras disciplinas

- Proyectistas de Estructuras y puentes
- Proyectistas de Iluminación

Gestión del proyecto

Ante la magnitud y plazos ajustados del proyecto, se implementó una gestión por subtramos (tres), con equipos dedicados (13 técnicos), optimizando el diseño y alineándose con la división de obra del Consorcio GVE. Se combinaron elementos de la metodología tradicional PMI (waterfall) en la planificación general con la flexibilidad de metodologías ágiles (SCRUM) en la ejecución de cada subtramo. Ante ajustes requeridos (ubicación/tipología de empalmes, hallazgos geotécnicos), CDS Ingenieros respondió con agilidad, realizando las modificaciones necesarias para mantener la ingeniería y eficiencia constructiva. Se brindó un estrecho acompañamiento al cliente mediante consultoría y visitas técnicas a obra. Esta estrategia permitió a CDS Ingenieros asumir la responsabilidad integral del proyecto ejecutivo (documentación técnica, planos, especificaciones y estudios).

Ingeniería integral

Este proyecto ejemplifica cómo la experticia, la tecnología avanzada y un enfoque colaborativo, optimizado mediante la combinación de metodologías de gestión, generan soluciones viales modernas, seguras y adaptadas a las necesidades del país. La Ruta 9, corredor clave para el este uruguayo con alto potencial turístico, logístico y productivo, se transforma con esta doble calzada, aportando significativamente a la movilidad e integración regional. Para CDS Ingenieros, esta experiencia marca un hito en su compromiso con el desarrollo de infraestructura de calidad y su impacto positivo en la movilidad uruguaya.