

**DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS EN SERIE PARA EL PROYECTO DE LA RUTA
NACIONAL Nº 150, SECCION 2AII - SAN JUAN**

Autores:

Ings.

Oscar Mario FERNÁNDEZ

Miguel Oscar PEREYRA

Leonardo Jaime FULLANA

Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña, Universidad Nacional de San Juan

Av. Libertador General San Martín 1109 (oeste), San Juan (5400)

Tel/Fax: 0264-4228666/4272439

Mail: mfernandez@eicam.unsj.edu.ar

Palabras clave: Cuencas, alcantarillas

Resumen.

En la Sección 2All del tramo de la Ruta Nacional N°150, desde la localidad de Ischigualasto hasta el Río Bermejo en la provincia de San Juan, en el cauce de una de las cuencas de derrame importante se proyectaron tres obras hidráulicas en serie (Figura N° 1 - Cuenca en estudio).

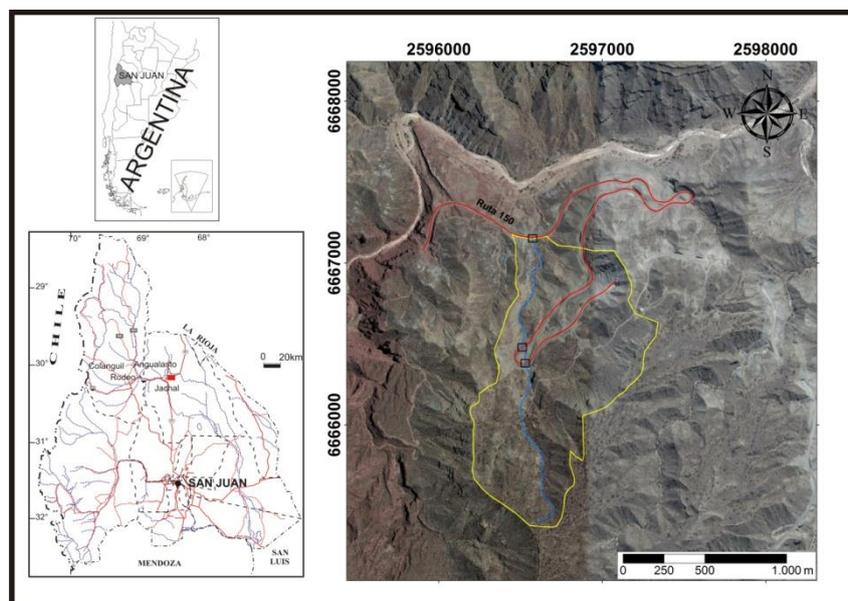


Figura N° 1 - Cuenca en estudio

El escurrimiento superficial está caracterizado por arroyos temporarios alimentados por precipitaciones estivales de corta duración pero de carácter torrencial. El trabajo consiste en el análisis hidrológico realizado en una cuenca importante de este sector de la ruta, determinando los caudales teóricos (Rhüle, 1966), aplicando el método Racional Clásico, (Kuichling, 1989). Se diseñaron y verificaron las alcantarillas, con la particularidad que están ubicadas en serie, debido al diseño del trazado para salvar alturas importantes adoptando curvas en "S".

Las alcantarillas son de chapa ondulada cincada de sección bóveda con soluciones especiales para protegerlas del flujo de agua evitando efectos erosivos en la entrada y a la salida de los conductos.

Las obras de las alcantarillas se ejecutaron en un 100% de acuerdo a lo previsto en el proyecto original, con modificaciones mínimas de acuerdo a las dificultades para su construcción debido a la topografía montañosa de la zona.

1.1. Generalidades.

El trabajo se refiere a los estudios realizados en gabinete y en campaña para determinar la hidrología y el drenaje de la zona que afecta la traza del proyecto de la Ruta Nacional N° 150 Tramo: Ischigualasto - Empalme Ruta Nacional N° 40, en la Sección IIA subdividida como IIA1 entre las progresivas 14.965,70 m. y 24.836,16 m; y IIA2 entre las progresivas 24.836,16 m y 36.921,16 m.

Las alcantarillas estudiadas son de sección bóveda de chapa ondulada cincada. Esta forma de sección y material de construcción se adoptó teniendo en cuenta las dificultades topográficas de la sierra de Valle Fértil donde está emplazada esta ruta, que generan grandes tapadas que se manifiestan en la altimetría del proyecto, motivo por lo que las alcantarillas de hormigón no son las recomendadas a utilizar.

Teniendo en cuenta las experiencias recogidas sobre el comportamiento de las alcantarillas metálicas de la Sección I ya construidas, se adoptaron mayores espesores de las chapas definidos en el plano tipo para las importantes tapadas de los terraplenes, como así también protecciones de las chapas mismas con materiales especiales contra la corrosión y erosión.

El clima de la zona es semiárido templado, la temperatura media anual es 17,8°C, la máxima absoluta 45°C y la humedad del 59%. La precipitación máxima anual es de 656,4 mm con un promedio de 200 a 250 mm.

Las unidades aflorantes más antiguas son gneises del Proterozoico, sobre estos se apoyan areniscas del Carbonífero, del Pérmico y del Triásico. Depósitos aluviales modernos rellenan los valles y las zonas intermontanas.

El escurrimiento superficial está caracterizado por arroyos temporarios alimentados por precipitaciones estivales de corta duración pero de carácter torrencial. Estas originan crecientes cortas y violentas que provocan daños a la sección de ruta que estamos considerando.

1.2. Metodología.

Para el desarrollo del trabajo se utilizó; para el estudio de las cuencas un modelo digital del terreno, elaborado a partir de las restituciones en escala 1:10000, apoyado con fotogramas de escala 1:23000, e imágenes satelitales obtenidas a partir del sistema Google Earth.

El procedimiento fue demarcar y enumerar las cuencas, según el trazado planimétrico desde el descenso del portezuelo de la Sierra de Valle Fértil. En función de las cuencas definidas en gabinete, agrupadas convenientemente que descargan por los cauces correspondientes se hizo el relevamiento de los mismos, determinando en campaña las características e información de su fisonomía y verificación de la ubicación respecto del eje trazado. En el relevamiento de Cauces, se indican los datos de los aspectos relevados en campo.

Tabla 1 - Relevamiento de Cauces.

Cauce Nº	Progresiva eje (m)	Cuenca Nº	Esviaje Cauce Grados	Ancho cauce (m)	Pend. cauce (%)	Prof. estimada (m)	Cubierta vegetal	Tipo de suelo del fondo	Tamaño arrastre (m)
1	24985.00	66	70	10	20	1	arbusto ralo	Grava y rocas	0.3
2	25165.00	68	70	20	20	1	arbusto ralo	Grava y rocas	0.3
3	28215.00	90	90	10	15	1.5	arbusto ralo	Grava y rocas	0.3

Posteriormente se realizó el estudio para determinar los caudales de derrame de las cuencas. Los caudales se calcularon aplicando el Método Racional Generalizado del Ing. Federico Rhüle. La Tabla 2 - Parámetros de las cuencas y caudal de diseño, resume los cálculos obtenidos.

Tabla 2 - Parámetros de las cuencas y caudal de diseño

Cuenca Nº	Área (Ha)	Longitud cauce (km)	Desnivel (m)	Caudal (m ³ /s)
66	56,00	1,20	280	12,50
66-67	56,50	1,30	300	12,50
66-67-90	113,00	2,10	400	18,00

1.3. Generalidades sobre los estudios de campaña.

En esta etapa del trabajo se describen por sectores los aspectos más sobresalientes evaluados y comentarios de las soluciones de obras adoptadas para cada caso.

En particular se analiza la zona específica para este trabajo de la IIA2, progresiva 24.836,16, hasta la progresiva 28.800,00 (Quebrada Agua de la Peña).

Es muy importante resaltar este sector del proyecto ya que es donde el trazado se desarrolla en descenso hasta el río de la Quebrada Agua de la Peña. El mismo está emplazado al inicio de esta sección del proyecto a la salida del túnel Nº 3 y el trazado presenta dos revueltas donde las cuencas con sus respectivos cauces interceptan el trazado en dos y hasta tres veces, en ambos casos con soluciones distintas para cada cruce por las

características de la altimetría en dicho lugar. En adelante se informa sobre las obras de drenaje que se diseñaron para evacuar el escurrimiento proveniente de la cuenca N° 66.

La Tabla 3 - Dimensiones de las alcantarillas diseñadas, resume el tipo, dimensiones y pendientes de las alcantarillas en estudio del presente trabajo.

Tabla 3 - Dimensiones de las alcantarillas diseñadas.

Alcantarilla N°	Progresiva (m)	Tipo		Pendiente (%)
1	24.985	H-10235	2 x 2.84x1.90	8.02
2	25.165	H-10235	3.61x3.31	9.34
3	28.215	H-10235	4.09x2.56	4.02

Dos obras hidráulicas importantes se proyectan al comienzo de este sector, en la horquilla superior correspondiente a la cuenca N° 66, en progresivas 24.985,00 y 25.165,00 (Figura N° 2 - Fotos de la zona en dos etapas de construcción y Figura N° 3 - Cruce del cauce en cuenca N° 66).

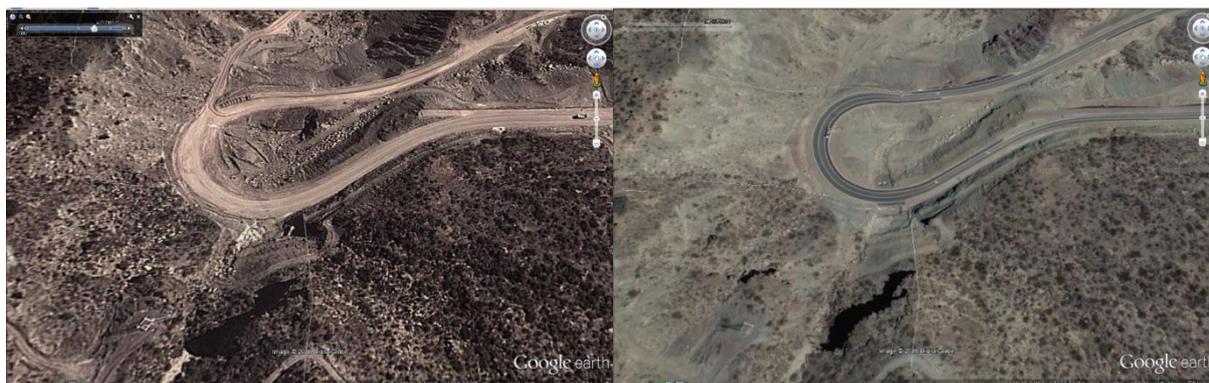


Figura N° 2 - Fotos de la zona en dos etapas de construcción.

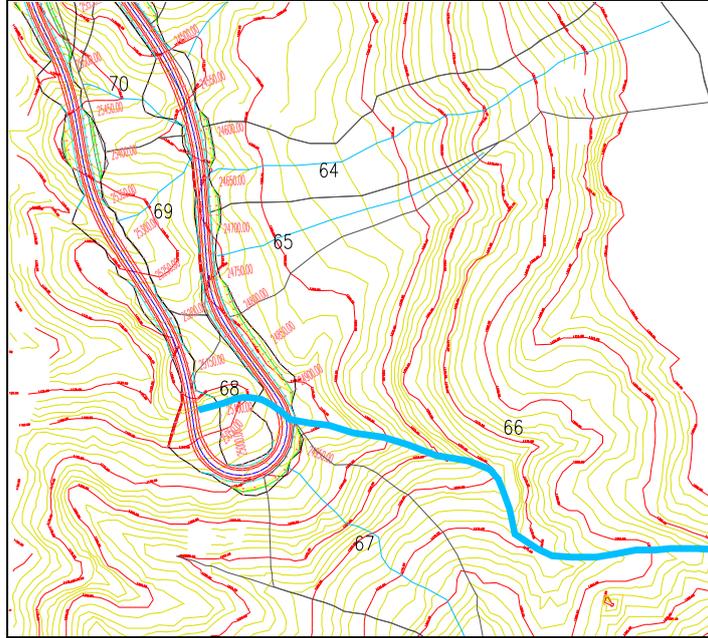


Figura N° 3 - Cruce del cauce en cuenca N° 66.

Por el trazado propuesto el primer cruce del cauce es con una embocadura limitada, en cuanto a la disponibilidad de la tapada, con excavación para encauzamiento aguas arriba por lo que se diseña una alcantarilla de dos conductos con extremos biselados, protegidos a la entrada con mampostería de piedra y a la salida con colchonetas y dientes de gaviones de protección contra la erosión (Figura N° 4 - Alcantarilla progresiva 24.985,00).

Para asegurar su ubicación bajo el terraplén se realizó una importante excavación en su embocadura materializando un cuenco importante para la captación de la descarga del cauce favoreciendo el ingreso del flujo en forma libre al interior de los conductos.

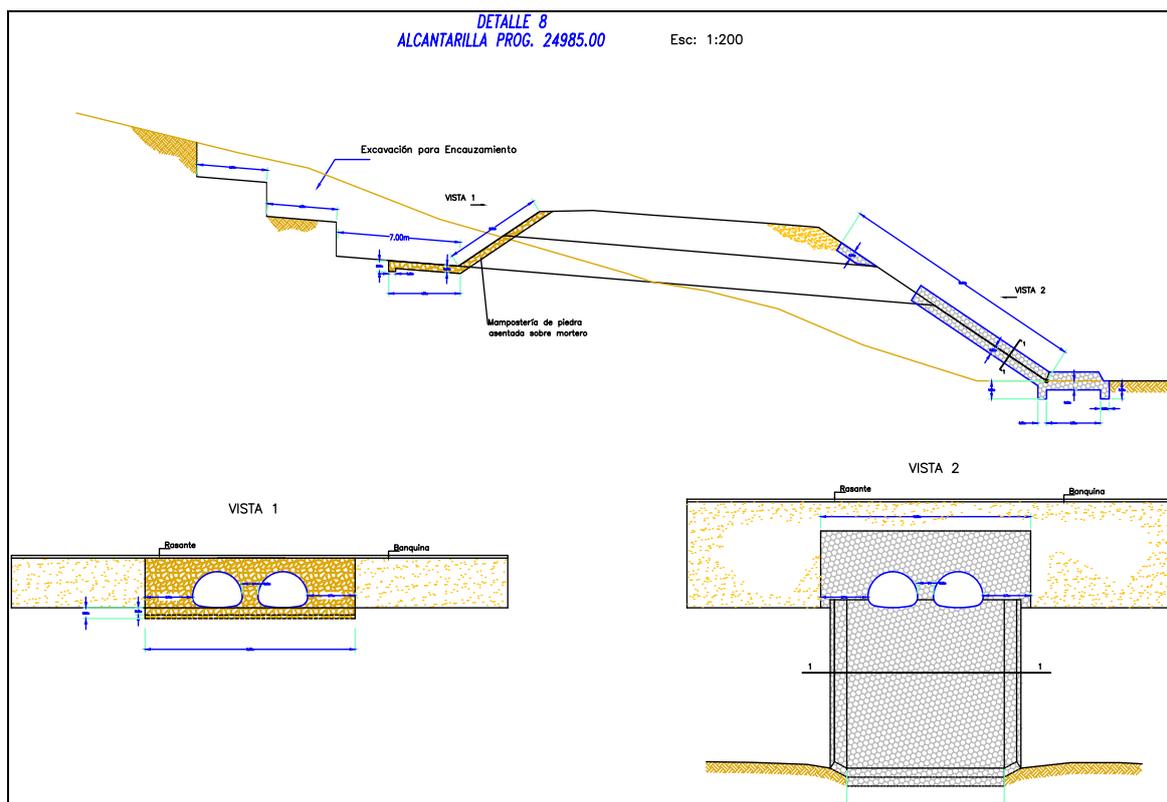


Figura N° 4 - Alcantarilla progresiva 24.985,00.



Figura N° 5 - Fotos alcantarilla 24.985,00 aguas arriba y aguas abajo.

El segundo cruce se realiza en una zona más abierta con un terraplén de 20 metros de altura, por lo que se diseñó una alcantarilla de un solo conducto de 3.61 x 2.31 de sección con el extremo recto a la entrada. La cabecera aguas arriba es un muro de gaviones con protecciones del terraplén con colchonetas de piedra (Figura N° 6 - Alcantarilla progresiva 25.165,00, Figura N° 7 - Fotos alcantarilla 25.165,00 aguas arriba y aguas abajo).

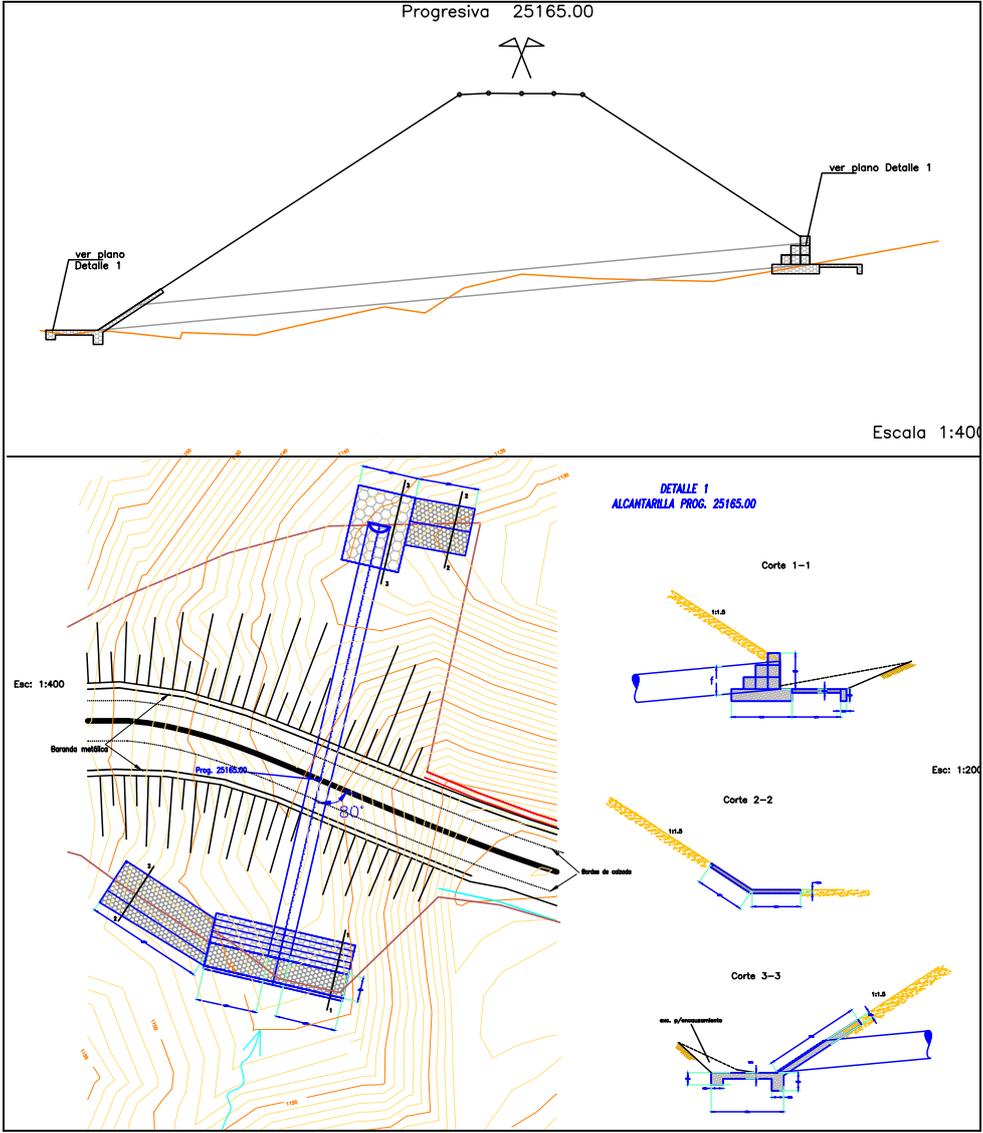


Figura Nº 6 - Alcantarilla progresiva 25.165,00.



Figura N° 7 - Fotos alcantarilla 25.165,00 aguas arriba y aguas abajo.

El tercer cruce del cauce se produce en la alcantarilla de progresiva 28.215,00 que capta el todo el escurrimiento de la zona de descarga da la ladera sur de esta cuenca.

Figura N° 8 - Ubicación del tercer cruce), la alcantarilla diseñada es de un conducto de gran sección con muros de cabecera y de encauzamiento de gaviones (Figura N° 9 - Alcantarilla progresiva 28.215,00, Figura N° 10 - Fotos alcantarilla 28.215,00 aguas arriba y aguas abajo), y Figura N° 11 – Fotos de la alcantarilla antes de la construcción y ya construida.

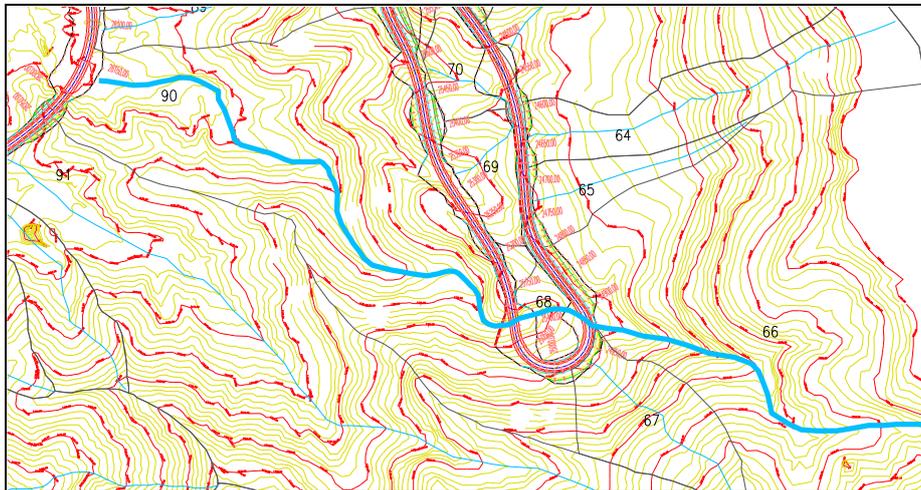


Figura N° 8 - Ubicación del tercer cruce.

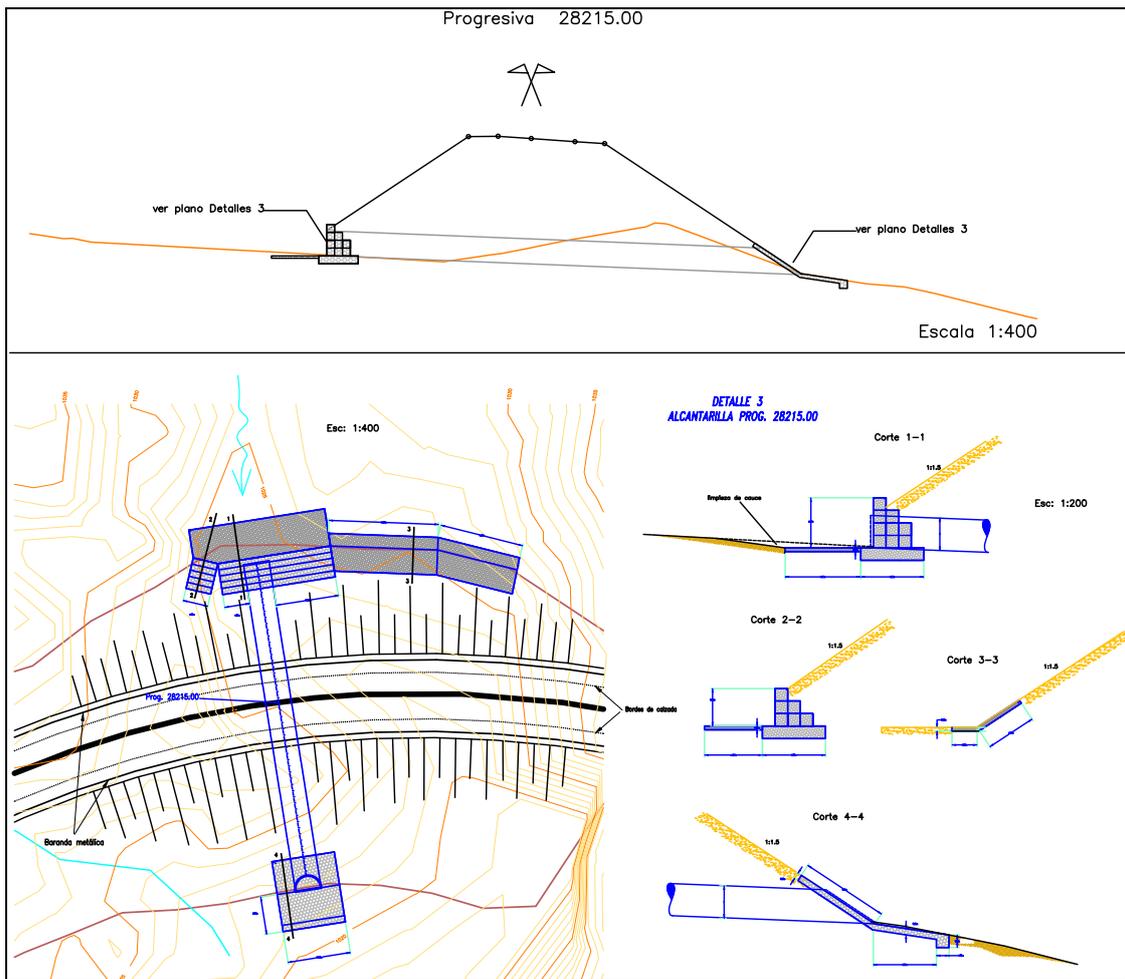


Figura N° 9 - Alcantarilla progresiva 28.215,00



Figura N° 10 - Fotos alcantarilla 28.215,00 aguas arriba y aguas abajo



Figura N° 11 - Fotos alcantarilla 28.215,00 aguas arriba.

1.4. Obras de drenaje transversal

Todas las alcantarillas de chapa ondulada cincada tienen protecciones en los extremos con enrocados de piedra, colchonetas tipo reno de gaviones y dientes de gaviones. Las alcantarillas ubicadas bajo terraplenes muy altos con cauces amplios, tienen muros de cabecera con gaviones de piedras.

Las alcantarillas incorporadas al cuerpo de los terraplenes, se diseñaron sus embocaduras con protección de sus biseles según los planos de detalles del proyecto (Figura N° 6 - Alcantarilla progresiva 25.165,00; Figura N° 9 - Alcantarilla progresiva 28.215,00).

El diseño de la ubicación de las alcantarillas sobre los cauces y el cálculo de sus magnitudes geométricas, se estudiaron en función de los perfiles longitudinales de los mismos y de los perfiles transversales al eje del camino con el módulo EICGAL (Diseño geométrico de Alcantarillas) de los sistemas EICAM. Este determina para diferentes secciones tanteadas las siguientes magnitudes: tapadas en el eje, tapada izquierda y tapada derecha, cota de desagüe, longitudes del conducto, longitud izquierda, longitud derecha y longitud total.

La verificación del funcionamiento hidráulico de las alcantarillas se realizó en todos los casos con “control de entrada”, dado que las pendientes longitudinales de los conductos son mayores que las pendientes críticas y en las salidas o desembocaduras no existen obstrucciones que impliquen controles aguas debajo de las mismas.

Los resultados de esta etapa de cálculo se resumen en la Tabla 4 - Verificación del funcionamiento hidráulico de las alcantarillas. Para esta verificación se utilizó el software CULVER MASTER (Diseño Hidráulico de alcantarillas) de la HAESTAD METHODS, INC. de Estados Unidos de Norteamérica.

Tabla 4 - Verificación del funcionamiento hidráulico de las alcantarillas.

Alcant. Nº	Progresiva en el eje (m)	Longitud Conduc. (m)	Caudal "Q" (m ³ /seg)	Sección Conducto n x Lxf (m)	Coef. Emboc. "Ke"	Verificación Hidráulica				Cota de Desagüe (m)	Veloc. de salida (m/seg)
						Control de entrada		Control de salida			
						HE (m)	hc (m)	HS (m)	HE (m)		
1	24985.00	24	12.50	2 x 2.84x1.90	0.7	1.51	0.89	0.51	1.51	1161.50	5.46
2	25165.00	75	12.50	1 x 3.61x2.31	0.5	1.72	1.17	0.72	1.72	1139.20	5.73
3	28215.00	52	18.00	1 x 4.09x2.56	0.5	2.00	1.28	1.02	1.84	1023.00	4.43

En esta etapa se prestó particular atención a los siguientes aspectos:

a) Tapada mínima y nivel de embalse en la embocadura para el caudal de diseño. En ninguno de los casos las alcantarillas trabajan ahogadas en la embocadura; el tirante máximo del agua a la entrada no supera en términos generales el 80% de la altura o flecha del conducto.

b) Pendiente longitudinal. Como se indicó anteriormente se trató que el conducto acompañe la pendiente del cauce natural en el emplazamiento de la obra, con el fin de distorsionar al mínimo posible las condiciones naturales de escurrimiento.

Estas razones incidieron para adoptar pendientes en las alcantarillas que no superen el 15%, se trató además que la disminución de la misma respecto de la pendiente natural no sea brusca para evitar el asentamiento del material de arrastre y en suspensión afecte las embocaduras, y que las velocidades máximas del agua a la salida sean inferiores a 6 m/seg.

En este proyecto todas las alcantarillas de chapa se propusieron con protección y cobertura de resinas epoxi, para protegerlas del efecto corrosivo de los suelos y del medio ambiente.

Para la disipación de energía y protección de la obra en los extremos aguas abajo, se han diseñado colchonetas de gaviones y extremos con dientes de gaviones, para evitar la erosión en el lecho natural. En los terraplenes donde derraman las salidas de las alcantarillas se diseñaron canaletas de descarga, según se indican sus formas y dimensiones en el plano de detalle (Figura Nº 6 - Alcantarilla progresiva 25.165,00; Figura Nº 9 - Alcantarilla progresiva 28.215,00).

1.5. Obras de encauzamiento y defensa

Para la conducción del agua del derrame superficial del camino y laderas transportado por las cunetas longitudinales hacia los puntos bajos donde se han ubicado las alcantarillas, se implementaron colchonetas de gaviones sobre los terraplenes en la intersección con el terreno natural, en la inmediata vecindad de los extremos aguas arriba de las alcantarillas, orientados para encauzar el agua hacia sus embocaduras. Estas protecciones están especificadas en los planos referidos a las planialtimetrías del proyecto.

Para el encauzamiento del agua en las cuencas con cauces amplios, se extendieron los muros de gaviones diseñados como cabeceras de las alcantarillas hacia los puntos extremos de las laderas, como así también para proteger los terraplenes cuando los tirantes a la entrada de la obra de arte alcanzan valores que pueden afectar erosionando los mismos.

1.6. Conclusiones

La Ruta Nacional N° 150 fue inaugurada en el mes de octubre de 2014. En relación al trazado y a las diferentes obras especiales que se diseñaron para sortear la difícil topografía y composición de materiales que componen la Sierra de Valle Fértil, se concluye que la misma se ha construido de acuerdo al proyecto ejecutivo, observando que hasta la fecha todos los componentes han funcionado correctamente ante las adversidades climáticas y de construcción desde el momento de su inicio. Las obras hidráulicas fueron sometidas a embates de escurrimientos muy importantes (febrero-marzo 2012), resistiendo y funcionando de acuerdo a las previsiones teóricas asumidas tanto para su diseño como su ubicación planialtimétrica.

1.7. Referencias

RUHLE, F. Determinación del Derrame Superficial de las Cuencas Imbríferas. Desarrollo del Método General Generalizado, año 1966. Cuencas Imbríferas, Publicado en la Revista "La Ingeniería" N° 987 del Centro Argentino de Ingenieros).

KUICHLING E. Transactions, American Society of Civil Engineers, vol 20, New York 1889).

Computer Applications in Hydraulic Engineering; software Culver Master de la publicación de Haestad Methods 2002 5º Edición. Actualmente comercializado por Bentley Systems Incorporated, Pennsylvania 19341(Estados Unidos).