

Fauna y Tránsito en la Provincia de Misiones.

Ecoductos de Hormigón. Diseños integrados al medio ambiente.

**Carlos M. Armada¹, Susana E. Ciccioli¹, Lucas Duarte¹, Jorge D. Lutz¹, Carlos L. Novak¹,
Mónica D. Tomasino¹, Carlos Wasilcow¹.**

¹ *Departamento Planificación e Ingeniería Vial. Dirección Provincial de Vialidad, Francisco de Haro y Luchessi s/n; (3300) Posadas, Provincia de Misiones. T.E. (+54) 0376 4447445 (int. 141,142 y 147).
Correo electrónico: dpvplanificacion@live.com*

INTRODUCCIÓN

La pérdida y fragmentación de hábitat, el efecto barrera y los atropellamientos de fauna silvestre, son algunos de los posibles efectos de la construcción y operación de rutas que atraviesan áreas naturales protegidas, corredores biológicos y otras zonas de interés para la conservación, en la Provincia de Misiones.

Cuando estos impactos son identificados en un proyecto y no pueden evitarse, se deben estudiar medidas para facilitar las conexiones que van a ser afectadas por la ruta y reducir la mortalidad de la fauna. Ese es el propósito de la construcción de pasos de fauna.

Existen diferentes tipos de estructuras entre las que se destacan los pasos superiores o ecoductos, utilizados para establecer conexiones ecológicas por encima de las vías de transporte.

La única experiencia de este tipo en el país se encuentra construida en Misiones (RN N° 101), la cual ha reportado muy buenos resultados, en cuanto a su funcionamiento, según las evaluaciones realizadas a través de cámaras trampa (Varela 2015). Debido a ello, se están empezando a considerar nuevos diseños con el propósito de optimizar el uso de materiales locales, la integración paisajística y la reducción de las intervenciones durante las fases de construcción, en relación con el entorno natural y el tránsito vial.

En este trabajo se presenta una propuesta diseñada para la Ruta Provincial N° 19, ubicada en el norte de la Provincia de Misiones. Esta ruta, actualmente pavimentada y en operación (TMDA 1.200), conecta a las localidades fronterizas de Wanda y Andresito y atraviesa un importante área natural protegida (31 km, a través del Parque Provincial Urugua-í). Minimizar las interrupciones del tránsito durante la obra y lograr una estructura integrada al paisaje, fueron las principales premisas para este diseño, el cual incorpora algunos elementos destinados a resaltar el entorno y el cuidado del medio ambiente, como por ejemplo, iluminación a través de energía solar.

CONCEPTOS GENERALES

Las infraestructuras de transporte fragmentan el paisaje (Iuell *et al.* 2005, Clevenger y Huijser 2011, Matthews *et al.* 2015). La interrupción de la conectividad ecológica entre hábitats, áreas naturales u otras áreas de interés para la conservación, puede tener

consecuencias sobre la fauna silvestre, como por ejemplo, el aislamiento entre poblaciones, y el incremento de las tasas de mortalidad debido a los atropellamientos, entre otros.

Algunas especies de la Selva Paranaense, como el yaguararé (*Panthera onca*), son especialmente sensibles a estos procesos. Estos grandes carnívoros se consideran clave para la conservación de la biodiversidad del Alto Paraná (De Angelo, *et. al.* 2011). Evitar la fragmentación, o mitigarla a través de medidas que faciliten sus desplazamientos, podría significar un aporte para la conservación de esta especie -que posee una baja densidad de población- y de otras, que son su alimento y necesita para sobrevivir.



Figura N° 1: Fotografías de Fauna silvestre de la provincia de Misiones. a) Yaguararé (*Panthera onca*) en la calzada de la RP N° 19 (Misiones). b) Pecaríes de collar registrados (cámara trampa) en un pasafauna subvial de RP N° 19. Fuente: Proyecto Yaguararé, <http://proyectoyaguarete.com.ar/proyecto-yaguarete/> y Proyecto Ecología de Rutas en Misiones (DPV-CA).

Otro concepto importante, surgido en los últimos años, es el término *desfragmentación de hábitats*, que se aplica cuando se realizan intervenciones en infraestructuras que están en funcionamiento. Este concepto se define como el conjunto de acciones destinadas a recuperar o aumentar la conectividad ecológica en territorios afectados por la fragmentación (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2013).

La construcción de pasos de fauna (inferiores y superiores), junto con otras medidas, son las acciones típicas que se recomiendan para estos casos. Se trata de estructuras relativamente nuevas dentro del diseño de carreteras de nuestro país, que tienen por objetivo conectar hábitats, reducir la mortalidad de los animales y mejorar la seguridad vial (Matthews *et al.* 2015).

Según Luell *et al.* (2005), la elección del tipo de estructura muchas veces es determinada por las condiciones topográficas. Así, en las zonas llanas generalmente se opta por elevar la rasante para construir pasos inferiores, mientras que en los relieves montañosos, puede ser más fácil construir pasos superiores (Luell *et al.* 2005). En el caso de rutas ya construidas, conviene analizar estas posibilidades en función de la rasante existente y de las condiciones topográficas adyacentes, a los fines de minimizar las intervenciones y los costos y, optimizar la integración de estas estructuras al paisaje. En cuanto a las dimensiones, en general se recomienda, para el caso de los ecoductos, que tengan un ancho mínimo de 80 m para facilitar la continuidad de los ambientes a ambos lados de la ruta (Luell *et al.* 2005). Las

recomendaciones dadas por Matthews *et al.* 2015, indican que, para el caso de construir pasos para jaguares (*Panthera onca*), conviene diseñar estructuras anchas, con bermas en los bordes, buena cobertura vegetal y ubicadas a una distancia considerable de centros poblados, actividades humanas y fuentes de luz artificial.

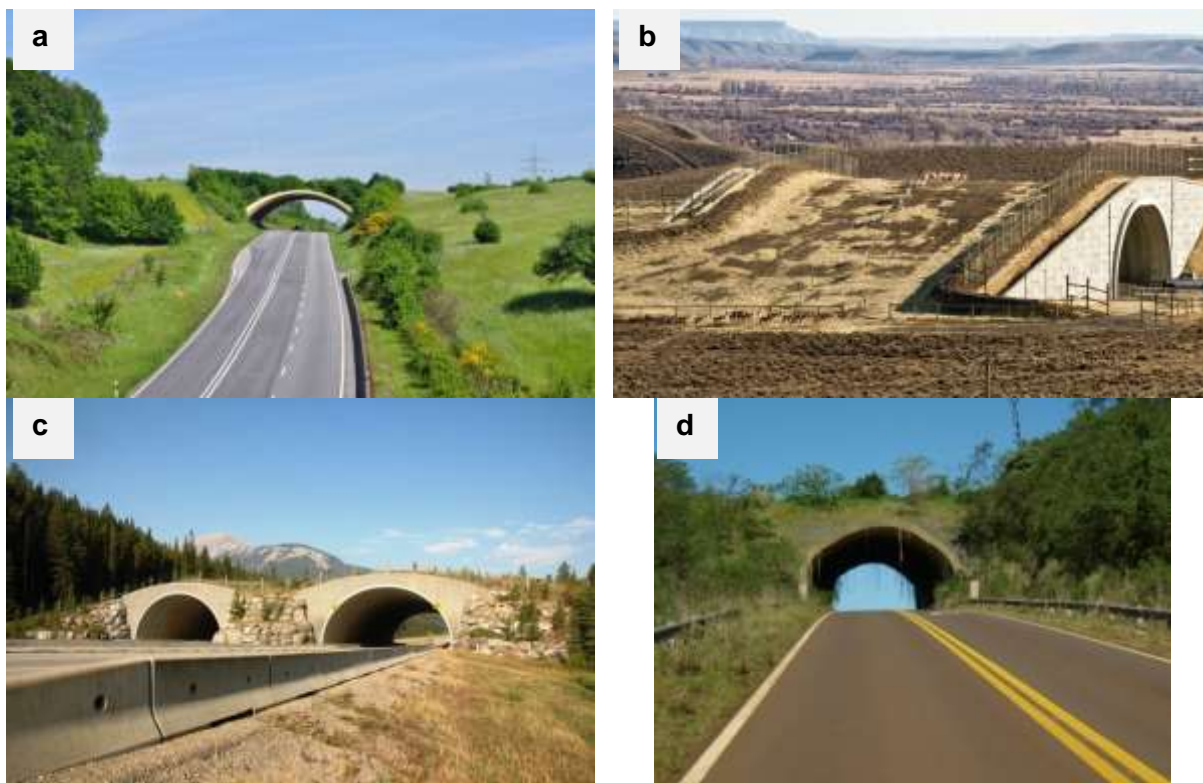


Figura Nº 2: Fotografías de ecoductos construidos en Europa, Estados Unidos, Canadá y Argentina. a) Carretera B38 – Birkenau, Alemania. b) Highway 191, Pinade, Wyoming EE.UU. c) Trans-Canadá Highway (Parque Nacional Banff, Canadá). d) Ruta Nacional Nº 101, Provincia de Misiones, Argentina.

Fuente de la Fotografías: <http://twistedifter.com/2012/07/animal-bridges-around-the-world/>; <http://www.conteches.com/>; <http://www.friendsofbanff.com/>; Dirección Provincial de Vialidad Misiones.



Figura Nº 3: Dos ejemplos gráficos de diseños innovadores promovidos por la Asociación Animal Road Crossing (ARC). Se trata de un grupo de trabajo interdisciplinario (Fundaciones, ONGs, Agencias de transporte y Universidades de Canadá y EE.UU) dedicado al estudio, diseño y construcción de pasos de fauna en América del Norte. En 2010 ARC organizó una Competencia Internacional de Diseño de Pasafaunas que contó con la participación de equipos internacionales convocados para crear la próxima generación de pasos de fauna para las carreteras de América del Norte. Fuente: <http://arc-solutions.org/>.

PROPUESTA DE ECODUCTO DE HORMIGÓN DISEÑADO PARA LA RP 19, PROVINCIA DE MISIONES

La propuesta que se presenta en este trabajo es un paso de fauna superior o ecoducto, cuyo diseño se adapta a la topografía natural de los sitios con cortes en roca, lo cual, entre otros, facilita la restauración de la continuidad física de los ambientes ubicados a ambos lados de la ruta, reduce la necesidad de movimientos de suelo y minimiza las superficies con vegetación natural que deben ser desmontadas para las operaciones constructivas. Por otra parte, debido a que se trata de un proyecto diseñado para una ruta pavimentada, en funcionamiento y dentro de un área natural protegida, durante la elaboración del mismo, fue necesario considerar y comparar distintas alternativas que se mencionan más adelante, para solucionar interferencias con servicios (electricidad y fibra óptica), limitar las interrupciones del tránsito, acotar las intervenciones dentro del parque y mejorar el costo final de la estructura.

Ubicación del proyecto

La Ruta Provincial N° 19 tiene 94 km de longitud y está ubicada en el norte de la Provincia de Misiones. Conecta las localidades de Wanda y Andresito en las fronteras con Paraguay y Brasil, respectivamente. Se trata de una vía importante para el tránsito fronterizo y de cargas, ya que permite el acceso al Puente Internacional Andresito-Capanema (Brasil). Esta ruta tiene un Tránsito Medio Diario Anual de 1.200 vehículos (2015), el cual posiblemente se verá incrementado una vez que el mencionado puente funcione de manera plena (24 hs.).

Un tramo de la RP N° 19 (31 km) atraviesa al Parque Provincial Uruguái (86.000 ha). Los datos disponibles para este sector dan cuenta de la ocurrencia de por lo menos 500 animales atropellados al año (Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables de Misiones). Asimismo, las estimaciones realizadas por Varela 2014 -a partir de registros realizados por Guardaparques Provinciales, durante 12 meses (2013-2014)- señalan que el número de atropellamientos podría ser mayor (980 animales por año, con una tasa atropellamiento anual de 31,1 animales/año/km).

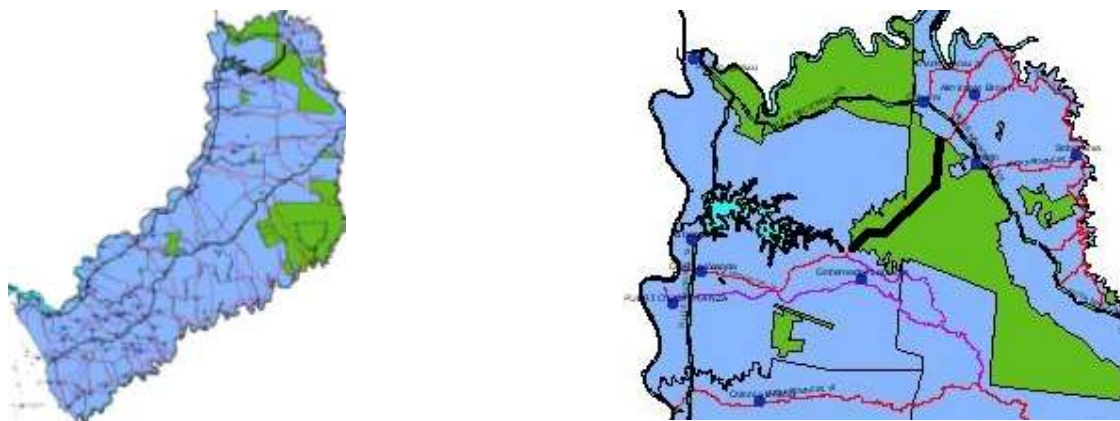


Figura N° 4. Ubicación del tramo de RP N° 19 que atraviesa el Parque Provincia Uruguái (línea gruesa de color negro). Con color verde se indican las áreas naturales protegidas de la Provincia de Misiones.

En el tramo que atraviesa el Parque están construidos (década de 1990) cinco pasafaunas subviales, cuatro de los cuales fueron monitoreados por medio de cámaras trampa (2011-2015), habiéndose constatado el uso de estas estructuras por varias especies, entre las que se destacan, el tapir, el pecarí de collar, los dos tipos de venados, el ocelote y la paca. No obstante, si bien estos pasafaunas están cumpliendo con su función no son suficientes habida cuenta de la alta actividad de fauna que existe en esta ruta y su entorno.

Para mitigar esta situación se prevé la ejecución de varias medidas de mitigación, entre ellas, la construcción de ecoductos. Para ello se identificaron algunos sitios aptos desde el punto de vista constructivo, los cuales presentan cortes en roca y desniveles importantes que constituyen una barrera física para los desplazamientos de la fauna silvestre. Todos los lugares identificados fueron puestos a consideración de la Autoridad Ambiental de la Provincia, que es quien define la ubicación de los pasos a construir, en función de los estudios realizados, de los datos disponibles y de las características y necesidades del área.



Figura N° 5: Ejemplos de cortes en roca en la RP N° 19. Los desniveles generados entre el terreno natural y la ruta constituyen una barrera física para el desplazamiento de la fauna silvestre dentro del Parque Provincial Urugua-í.

Memoria Descriptiva

La presente memoria describe los criterios, métodos y materiales empleados en la elaboración del anteproyecto y dimensionamiento previo, de un Ecoducto a construir en la Ruta Provincial N° 19, para lo cual se prevé utilizar una estructura de hormigón.

En el lugar de emplazamiento, la calzada de la ruta se inserta en un desmonte de roca, de un ancho de 20,00 metros aproximadamente y una altura aproximada de 7 metros.

Para ello se evaluaron dos alternativas posibles: una de ellas plantea para la materialización del ecoducto, una estructura de viga simplemente apoyada y su variable de estructura aporticada tipo puente de H° A° (masa activa), mientras que la otra alternativa, propone una estructura tipo arco (forma activa).

Para la **primera alternativa**, se optó por una estructura que trabaje a la flexión. A su vez, dentro de esta se consideraron las dos posibilidades antes mencionadas.

Una posibilidad sería la construcción de vigas de hormigón armado, de un solo tramo, es decir sin apoyos intermedios, para cubrir el ancho entre los cortes de roca existentes en el

lugar de emplazamiento, materializando los apoyos de dichas vigas a través de una fundación superficial tipo zapata corrida, construida y anclada sobre la roca existente.

Debido a que la roca lateral tiene una pendiente hacia afuera, en la zona superior el ancho a cubrir es de aproximadamente 36,00 a 37,00 metros, por lo que, de hacer de un solo tramo, resultarían vigas con secciones de hormigón de aproximadamente 1,60 m a 1,70 m de altura.

En este caso sería necesario para la construcción realizar los acopios de materiales y gran parte de los trabajos dentro del área natural protegida. Considerando los equipos que se deberían introducir para realizar la excavación en roca -para la fundación de la zapata- junto con la complejidad de las operaciones constructivas y el mayor costo económico que demandaría construir vigas de gran altura para cubrir las luces necesarias, el análisis de esta alternativa la tornó inviable desde el punto de vista constructivo y ambiental, dado el impacto que esto podría provocar en la flora y en la fauna del lugar.

Por ello, se pensó en otra posibilidad que sería armar una estructura tradicional de puente, con vigas y columnas o tabiques intermedios, formando pórticos, para lo cual sería necesario dividir los carriles de circulación y colocar una especie de isleta en la zona central.

La infraestructura se resuelve mediante tabiques fundados superficialmente.

La superestructura se resuelve mediante un tablero compuesto de vigas prefabricadas con una sección I. El hormigón a emplear para la construcción de las vigas sería de calidad H-30. El diseño del tablero contempla la ejecución de vigas transversales situadas en coincidencia con los ejes de apoyos de las vigas longitudinales. Las vigas transversales se construirán utilizando hormigón "H-21". Sobre las vigas principales, cuyo montaje se realizaría mediante grúas de gran porte, se colocaría la losa del tablero, compuesta por prelosas. Las losetas son de 0.05m de espesor estarán construidas de hormigón "H-21". El espesor total de la losa de tablero se alcanza con un hormigón en segunda etapa de calidad "H-21".

Por último se procedería a completar los trabajos de protección y relleno con suelo y vegetación de la zona superior.

En estas alternativas, los cortes de roca a ambos lados de la ruta, se mantienen a la vista, lo cual resalta las características de la formación rocosa y permite la continuidad de las características del entorno.

La **otra alternativa** analizada consiste en una estructura sometida a esfuerzos de compresión, tipo arco de hormigón. Se optó, por condicionantes arquitectónicos y por las características físicas del lugar de emplazamiento, por una forma de arco del tipo de medio punto rebajado.

El proyecto contempla la construcción de la fundación del arco en una primera etapa, lateralmente a ambos lados de la ruta, que será tipo zapata corrida implantada sobre la roca, y tendrá una sección trapezoidal con un ancho y profundidad variables, según la alineación de la roca, ya que lateralmente ambos lados deben estar perfectamente alineados y ser

paralelos ya que sobre ellos se apoyará luego el arco propiamente dicho, a construirse en una segunda etapa.



Figura N° 6: Representación esquemática de la estructura tipo arco propuesta.

Estas zapatas trabajan a la compresión, transmitiendo a la roca una tensión máxima, para un ancho de 0,80 m de apoyo, de 10kg/cm^2 .

Para el diseño y cálculo del arco se consideró un estado de cargas gravitacionales y criterios reglamentarios principalmente determinados por el peso del relleno de suelo que se colocará sobre el mismo. La forma del arco es el resultado del cálculo y diseño realizados a partir de la división en segmentos para el trazado del polígono funicular invertido, con el cual se determina el más adecuado, a la luz y la flecha requeridos, según las cargas actuantes. En este caso la luz del arco en la base es de 20,00 m, la flecha es de 6,83 m y la altura de la sección resultante es de 0,35 m. El desarrollo tiene una longitud de 25,60 metros. La máxima compresión axial resulta de 85 tn por metro, mientras que la flexión máxima para las cargas de servicio es de 1,82 tn m por metro.

La calidad del hormigón a utilizar sería un H-17.

El arco debe mantener la línea de compresión en el tercio medio de la sección, a los efectos de evitar flexiones. No obstante esto, se previó la colocación de una armadura constructiva mínima necesaria para la absorción de eventuales flexiones que puedan aparecer durante la etapa constructiva al salir la carga del tercio central de la sección del elemento estructural. Se calculó una cuantía de hierro de 40 Kg/m^3 de hormigón.

Se deja en claro que se trata de un anteproyecto, sobre el cual se podrían analizar variantes tanto en las características geométricas y en la cuantía de armadura, como en la calidad del hormigón a utilizar.

Para la construcción del arco, se utilizará una cimbra, que es una estructura auxiliar que permite sostener provisoriamente el peso durante la fase de construcción, la que deberá ser de tipo corrediza, combinando el apuntalamiento con la cimbra que da forma al arco y deberá tener la capacidad de carga necesaria para soportar además del peso propio, el peso del hormigón fresco y las cargas reológicas que provienen del fraguado del hormigón.

Durante la construcción, la cimbra a utilizarse deberá tener la apertura necesaria para permitir el paso vehicular por debajo, para evitar la interrupción del tránsito en la ruta.

El ancho de la cimbra será de entre 2 y 3 metros, de manera tal que sea factible desplazarla con mayor facilidad, luego del fragüe del hormigón de cada colada, para así mantener un ritmo de avance continuo de los trabajos.

Al seleccionar el tipo de cimbra, se piensa en una estructura espacial (reticulada) compuesta por elementos tubulares conectados entre sí de manera tal que se logre la resistencia y estabilidad estructural necesarias. Se debe tener en cuenta además que la misma debe tener durabilidad, debe ser hermética para evitar la fuga del mortero y debe ser fabricada cuidadosamente con la forma, dimensiones, alineamientos y niveles según el diseño del arco proyectado.

A la clásica cimbra reticulada con ladrillos y tensor, se podría hacer modificaciones reemplazando los ladrillos por tableros fenólicos que faciliten el traslado y que deberán ir reemplazándose a medida que su desgaste no permita una buena apariencia del acabado.

Para facilitar su traslado y reemplazo, entre cada tablero se podría colocar un perfil metálico abulonado, que haría las veces de moldura, favoreciendo a la estética del arco.

Se deberá prever un sistema hidráulico y mecánico para el movimiento y traslado de la cimbra. Dicho traslado o deslizamiento se realizaría a través de las cunetas laterales que se construirían previamente, dejando una suerte de riel que podría quedar perdido luego de terminada la construcción y luego, se acondicionarían las pendientes de manera tal que sirvan para el escurrimiento de las aguas pluviales.

El colado del hormigón se realizará desde ambos lados de la ruta y mediante bombeo para evitar las interferencias en el parque.

Una vez concluida la construcción de la estructura, se deberá realizar la colocación del suelo sobre la misma, teniendo en cuenta de mantener la simetría durante el relleno, para lo cual se considera conveniente realizarlo mediante avances laterales comenzando desde abajo, construyendo pequeñas rampas a ambos lados de la ruta para el ingreso de los camiones, que irían colocando el relleno y avanzando sobre el mismo. De esta manera se evita además la construcción de caminos de servicio en la zona del parque.

Para el cálculo del arco se consideró un relleno de suelo de 1,50 metros de altura. Para los extremos se prevé la colocación de un alambrado del tipo romboidal acompañando la pendiente del talud, el que, conjuntamente con la vegetación que se coloque, colaborará en la contención del suelo, evitando deslizamientos y/o desmoronamientos. Para la protección de la fauna que se acerque a los bordes se colocará, a su vez, un alambrado vertical en la zona superior.

Adicionalmente se deben agregar otros aspectos a tener en cuenta, como sería la construcción de una capa drenante en el relleno, con pendiente hacia los laterales, para permitir el rápido escurrimiento de las aguas pluviales.

También se tendrá en cuenta que deberá realizarse algún tipo de aislación, se recomienda la pintura asfáltica, para mantener la limpieza de las superficies.

Con respecto a las instalaciones de servicio eléctrico de alta tensión que existen en la zona, se pensó en la alternativa, de realizar un entubamiento paralelo a la cuneta de desagüe pluvial, convenientemente aislado, dentro del cual se colocaría el cableado, con cámaras de inspección en ambos extremos y con la colocación de una cañería adicional paralela de reserva.

Otro aspecto a tener en cuenta son los desagües pluviales de la zona de calzada, que, como se menciona más arriba, se podría aprovechar la superficie construida para el deslizamiento de las cimbras, adecuando la sección y la pendiente, a las necesidades hidráulicas.

Con respecto a la seguridad, se prevé la construcción de barandas de defensa del tipo New Jersey o fleax beam, a ambos lados y la colocación de la correspondiente señalización vertical.

Otro aspecto de importancia a tener en cuenta es que, dado que se construirá un tramo de aproximadamente 100 m de longitud, es necesario proporcionar información visual a los automovilistas, facilitando el recorrido a través del mismo, lo que se lograría con un sistema de luminarias LED solar de tipo inteligente que permite configurar el funcionamiento automático de sus parámetros (tiempo de encendido/apagado, intensidad lumínica, etc.). La combinación de la energía solar con luminarias LEDs conforma un sistema ecológico de bajo impacto para el medio ambiente, utilizando un recurso renovable como fuente de alimentación energética.

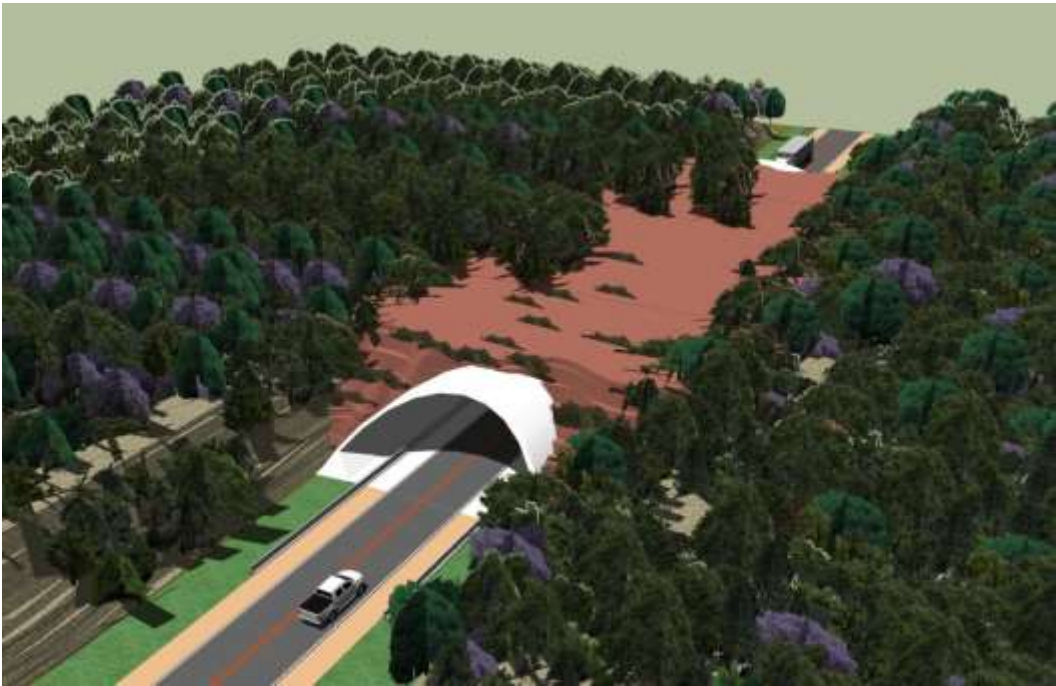
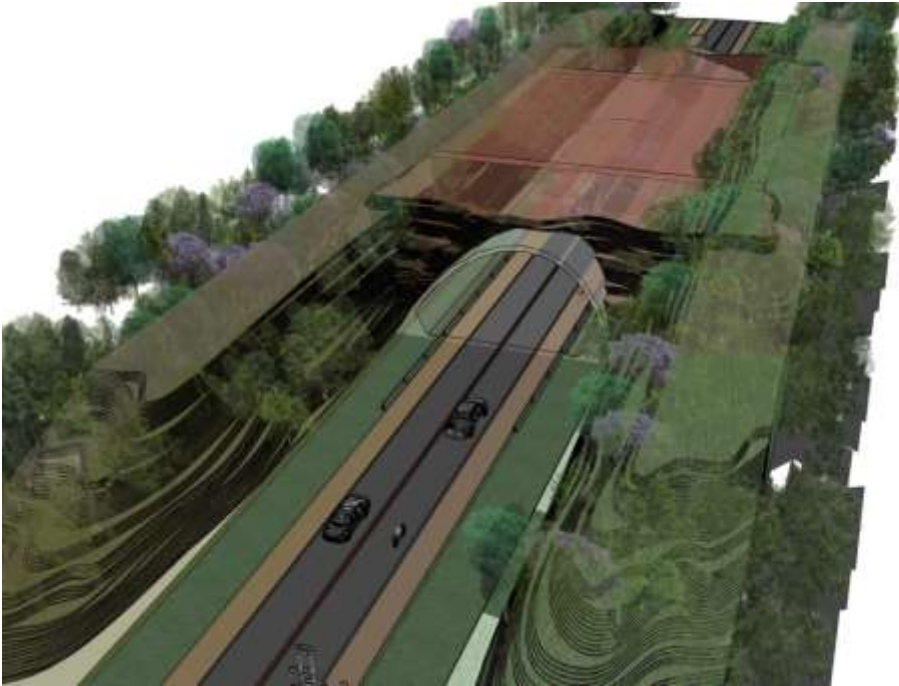


Figura N° 7: Representación esquemática en planta de la estructura tipo arco propuesta.

Cómputo y Presupuesto

OBRA: ECODUCTO RUTA PROVINCIAL Nº 19
 OPCIÓN: ESTRUCTURA DE VIGAS PRETENSADAS Y PRELOSA
CÓMPUTO MÉTRICO

ITEM Nº	DENOMINACION	UNIDAD	CANTIDAD
1	CARTEL DE OBRA TIPO L3 (3m x 6m)	GL	1
2	DESBOSQUE Y LIMPIEZA	Ha	0,20
3	EXCAVACIÓN PARA FUNDACIÓN		
3.1	En roca (mecánica)	m ³	300,00
4	RELLENO DE SUELO SOBRE ESTRUCTURA	m ³	3.890,00
5	HORMIGÓN PARA		
5.1	LIMPIEZA H-8	m ³	20,00
5.2	FUNDACIONES H-21	m ³	300,00
5.3	TABIQUES H-21		383,00
5.4	TABLERO H-21		694,00
5.5	VIGAS H-30		453,25
6	ACERO		
6.1	COMUN ADN 420	tn	97,40
6.2	PARA PRETENSADO	tn	32,40
7	TRATAMIENTO DE IMPERMEABILIZADO	m ²	2.600,00
8	ILUMINACIÓN INTERIOR	GI	1,00
9	CONSTRUCCIÓN DE ALAMBRADO SUPERIOR TIPO ROMBOIDAL	m	120,00
10	LIMPIEZA DE OBRA	GI	1
11	CARTELES DE SEÑALIZACIÓN (2 X 0,30m x 1,30m)	m ²	0,78
12	MOVILIZACIÓN DE OBRA	GI	1

El Presupuesto para la alternativa de construir el ecoducto de hormigón con un diseño de vigas pretensadas y prelosas (estructura aporcada) es de \$ 36.481.386,00.

OBRA: ECODUCTO EN RUTA PROVINCIAL Nº 19
 OPCIÓN: ESTRUCTURA DE ARCO
CÓMPUTO MÉTRICO

ITEM Nº	DENOMINACION	UNIDAD	CANTIDAD
1	CARTEL DE OBRA TIPO L3 (3m x 6m)	GL	1
2	DESBOSQUE Y LIMPIEZA	Ha	0,12
3	EXCAVACIÓN PARA FUNDACIÓN		
3.1	En roca (mecánica)	m ³	252,00
4	RELLENO DE SUELO SOBRE ESTRUCTURA	m ³	14.000,00
5	HORMIGÓN PARA		
5.1	LIMPIEZA H-8	m ³	60,00
5.2	FUNDACIONES H-13 Y CUNETAS	m ³	290,00
5.3	ESTRUCTURA DE ARCO H-17	m ³	896,00
6	ACERO		
6.1	COMUN ADN 420 p/ ESTRCUTURA DE ARCO	tn	43,00
6.2	COMUN ADN 420 p/ FUNDACION	tn	8,40
7	TRATAMIENTO DE IMPERMEABILIZADO	m ²	2.600,00
8	ILUMINACIÓN INTERIOR	GI	1,00
9	CONSTRUCCIÓN DE ALAMBRADO SUPERIOR TIPO ROMBOIDAL	m	120,00
10	LIMPIEZA DE OBRA	GI	1
11	CARTELES DE SEÑALIZACIÓN (2 X 0,30m x 1,30m)	m ²	0,78
12	MOVILIZACIÓN DE OBRA	GI	1

El Presupuesto para la alternativa de construir el ecoducto de hormigón con un diseño de arco es de \$ 22.250.777,00.

CONCLUSIONES

Los ecoductos son estructuras viales cuyo diseño y construcción son relativamente nuevos en nuestro país (2008). Si bien se pueden tomar como referencia las experiencias conocidas a nivel internacional y también a nivel local (Ecoducto RN N° 101, Provincia de Misiones), el desarrollo y evaluación de alternativas acordes a la función y objetivos de estas obras, es un trabajo que recién está comenzando.

Conectar hábitats, reducir la mortalidad de la fauna silvestre, mejorar la seguridad vial de los usuarios, son las principales funciones ambientales que tienen estas estructuras en la etapa de operación. Asimismo, durante su construcción y debido a que por lo general sus emplazamientos involucran entornos frágiles, la ejecución de las mismas plantea una serie de cuestiones que deben ser consideradas integrando, de la mejor manera posible, aspectos ambientales, constructivos y económicos.

La propuesta de este trabajo tuvo como premisa utilizar una estructura de hormigón debido a las facilidades que este material representa en relación con el uso de materias primas locales, las posibilidades para el diseño arquitectónico que ofrece y el mínimo mantenimiento que requiere, entre otros.

Minimizar las molestias a los usuarios de la RP N° 19 y reducir los impactos al Parque Provincial Urugua-í, también fueron premisas de partida para el desarrollo de esta propuesta, dada la complejidad que introducen estos condicionantes para la ejecución de los trabajos.

A partir del planteo de varias opciones estructurales con el propósito de identificar las ventajas constructivas, ambientales y económicas, se concluye que la alternativa de estructura que trabaja a la compresión, (arco del tipo medio punto rebajado) es, para la situación evaluada, competitivamente superior, dado que presenta ventajas que la hacen más conveniente principalmente por los motivos que se exponen a continuación:

- La afectación al Parque Provincial Urugua-í es mínima, dado que los trabajos durante la etapa constructiva se circunscriben a la zona de camino.
- No se interrumpe el tránsito sobre la RP N° 19, sólo se lo afecta temporalmente, con la aplicación de las medidas de seguridad usuales (cartelería, banderilleros, etc.), dado que la construcción del arco se efectúa sobre una cimbra deslizable con la apertura necesaria para permitir el paso vehicular en forma permanente.
- Al utilizar la estructura tipo arco, se cuenta con todas las ventajas de la misma (mínima armadura, la posibilidad de cubrir grandes luces, estética, etc.).
- Menores tiempos de construcción, con respecto a la estructura aporticada.
- Menor costo con respecto a la estructura de hormigón armado del tipo aporticada. Los presupuestos estimados muestran que la estructura tipo pórtico es un 60% más costosa que la de arco.

El análisis realizado también permite reflexionar sobre la importancia de prevenir este tipo de problemas en los proyectos nuevos, con el propósito de minimizar los conflictos que surgen cuando se superponen el tránsito vehicular y los desplazamientos de fauna.

No obstante, en aquellos casos en los que resulte necesario afrontar la ejecución de medidas de mitigación –para disminuir el impacto sobre la fauna y aumentar la seguridad vial para el tránsito- es importante tener presente que en la actualidad existen muchas soluciones, sobre cuya efectividad, cada vez se conoce un poco más a través de los numerosos trabajos técnicos y científicos publicados sobre estos temas.

Finalmente, se considera importante destacar que para tomar las mejores decisiones en la etapa de planificación es imprescindible contar con los datos e información adecuados para cada intervención a realizar. Para ello, posiblemente sea necesario impulsar en nuestro país la investigación y la formación de grupos interdisciplinarios e intersectoriales, que puedan trabajar estas problemáticas, tal como sucede -hace más de una década- en otros lugares del mundo.

BIBLIOGRAFÍA

- Clevenger, A.P. y Huijser, M.P., 2011. Wildlife crossing structure handbook, desing an evaluation in North America, Publication N FHWA-CFL/TD-11-003. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, USA.
- De Angelo, C., Paviolo, A., Rode, D., Cullen Jr., L., Sana, D., Cachuba Abreu, K., Xavier da Silva, M., Bertrand A.S., Haag, T., Lima, F., Ricieri Rinaldi, A., Fernandez, S., Ramirez, F., Velazquez, M., Corio, C., Hasson, E. y Di Bitetti, M.S, 2011. Participatory networks for large-scale monitoring of large carnivores: pumas and jaguars of the Upper Paraná Atlantic Forest. *Fauna & Flora International, Oryx* 45 (4): 534-545.
- Iuell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlavac, V., Keller, V.B., Rossel, C., Sangwine, T., Torslov, N., Wandall, B., le Maire, B. (Eds.), 2005. *Fauna y Tráfico: Manual Europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, 166 p., Madrid, España.
- Matthews, S.M., Beckmann, J.P y Hardy A.R., 2015. Recomendaciones para el diseño de cruces de caminos para jaguares. Reporte Final de Wildlife Conservation Society para U.S. Fish and Wildlife Service en respuesta a la Solicitud F14PX00340, enviada el 23 de enero de 2015 (actualizado 22 de septiembre de 2015). 32 p.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013. Identificación de áreas a desfragmentar para reducir los impactos de las infraestructuras lineales de transporte en la biodiversidad. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, Nº 6, 260 p., Madrid, España.
- Varela, D.M., 2014. Ecología de rutas en Misiones. Evaluación de los atropellamientos de fauna silvestre y medición de la efectividad de los pasafaunas y ecoductos. Informe Técnico Nº 1. Convenio Dirección Provincial de Vialidad (Misiones) – Conservación Argentina. 46 p.

Varela, D.M., 2015. Ecología de rutas en Misiones. Evaluación de los atropellamientos de fauna silvestre y medición de la efectividad de los pasafaunas y ecoductos. Informe Técnico N° 3. Convenio Dirección Provincial de Vialidad (Misiones) – Conservación Argentina. 39 p.